

**9. MEDZINÁRODNÁ BANÍCKA KONFERENCIA**
9th INTERNATIONAL MINING CONFERENCE**ALOCYKICKÝ MECHANIZMUS SEDIMENTÁCIE: PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA
ZO SPODNOSARMATSKÝCH OKRAJOVÝCH SEDIMENTOV
VÝCHODOSLOVENSKEJ NEOGÉNNEJ PANVY****ALLOCYCLIC MECHANISM OF SEDIMENTATION: A CASE STUDY
FROM THE LOWER SARMATIAN MARGINAL DEPOSITS
OF THE EAST-SLOVAKIAN NEOGENE BASIN**

Juraj Janočko¹

Abstract: The Lower Sarmatian deposits in the Košice area, located on the margin of the East-Slovakian Basin, are arranged into stacked, fining-upward cycles. Each cycle, bounded by transgressive erosional boundaries comprises deltaic deposits on the base passing upward into shoreface deposits capped by offshore-transition zone deposits. The facies successions indicate an overall transgressive trend during the deposition punctuated by short periods of emergence. The cyclicity was governed by the allocyclic mechanism with the main role of episodic uplift events of the hinterland. The transition of deltaic and shoreface deposits into offshore-transition facies within individual cycles records a rapid increasing of accommodation space suggesting both a sea level rise and a basin floor subsidence.

1. Úvod

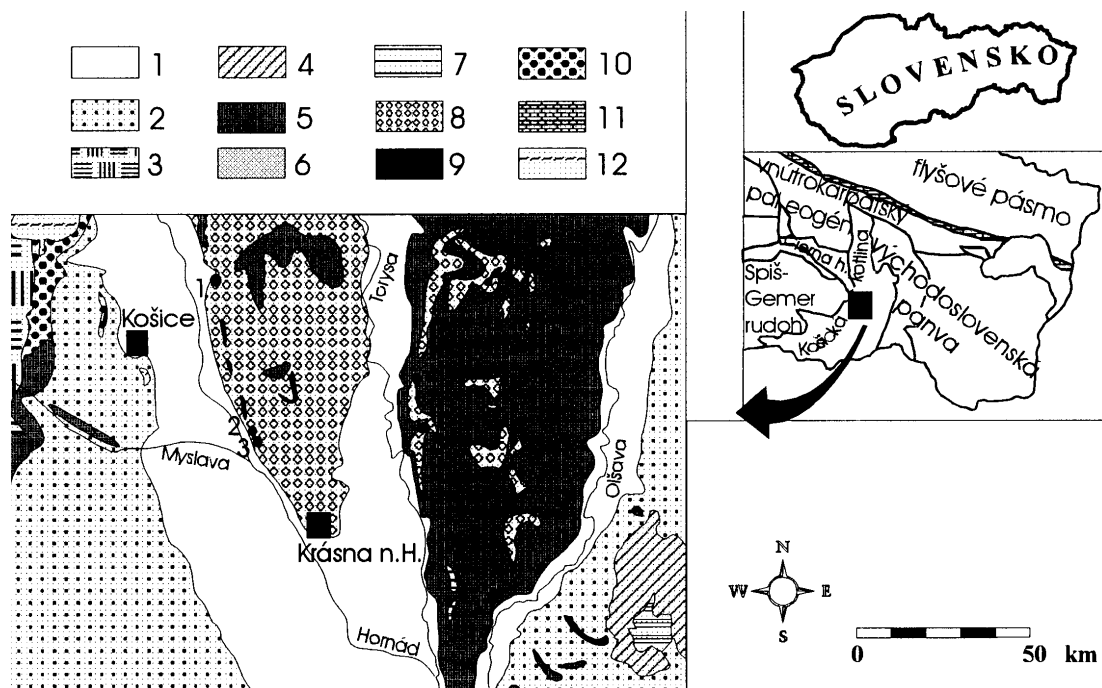
Aplikácia sekvenčnej stratigrafie pri interpretácii seizmických rezov a sedimentárnych sukcesí vo vrtoch a povrchových odkryvoch si oproti klasickým metódam sedimentológie vyžiadala širší, interdisciplinárny prístup k analýze sedimentov. Jedným z výsledkov takéhoto prístupu je vypracovanie krivky eustatických zmien hladiny svetového oceánu [2] pre jednotlivé geologické obdobia. Hlavné parametre určujúce priebeh tejto krivky sú tektonika, klíma a množstvo dodávaného sedimentu. Sú súčasťou tzv. allocyklického mechanizmu, t.j. mechanizmu, podmieneného mimobazénovými faktormi, nezávislého od konkrétneho depozičného systému, ktorý však ovplyvňuje typ sedimentácie v tomto systéme. Odrazom koncepcie sekvenčnej stratigrafie je aj nový prístup k sedimentologickej analýze, súčasťou ktorej je interpretácia zmeny, či oscilácie hladiny oceánu na základe faciálnych zmien alebo cyklicity študovaných sedimentov. Takto získaný trend hladiny oceánu sa zvyčajne koreluje s eustatickými zmenami svetového oceánu (napr. [6]).

¹ Ing. Juraj Janočko, Dr.scient., CSc., Geologická služba Slovenskej republiky, P.O.Box 13, 04 011 Košice. Tel.: 095 437 874, E-mail: juraj@ke.sanet.sk

Hlavný cieľom príspevku je: 1) interpretovať sedimentačné prostredie spodnosarmatských sedimentov stretavského súvrstvia, vychádzajúcich na povrch v širšom okolí Košíc, 2) upozorniť na význam ocenenia všetkých faktorov ovplyvňujúcich transgresný charakter sedimentov a s tým spojenú nutnú opatrnosť pri interpretácii zmien hladiny oceánu a 3) vysvetliť príčiny cyklicity študovaných sedimentov.

2. Geologické postavenie študovanej oblasti

Košická kotlina tvorí západnú časť východoslovenskej neogénnej panvy situovanej na východnom okraji karpatských interníd (obr. 1). Výplň panvy, ktorá je charakterizovaná ako komplexná back-arková panva, tvorí niekoľko sedimentárnych sekvencií, uložených na kontinentálnej alebo prechodnej kôre [4] [7]. Maximálna hrúbka týchto sekvencií, vytvorených v časovom rozpätí eggenburg - ruman, presahuje 6 000 m. Táto hrúbka poukazuje na intenzívnu subsidenciu panvy počas neogénu spojenú s veľkým prínosom sedimentov. Najväčšia rýchlosť sedimentácie (390.8 cm za 1000 rokov), [5], bola dosiahnutá počas sedimentácie stretavského súvrstvia v spodnom sarmate, ktorá trvala približne 0.9 mil. rokov [9]. Toto obdobie je už charakteristické brakickou faunou [10], odrážajúcou vysladzovanie bazénu. Spodnosarmatský bazén bol však naďalej prepojený s Paratethydou na juhu a fyziografická charakteristika bazénu bola totožná s charakteristikou bežných epikontinentálnych



Obr.1. Geologická mapa študovaného územia s lokalizáciou odkryvov (1-5). 1-sedimenty holocénu v celku, 2-sedimenty pleistocénu v celku, 3-ily a prachovce s polohami pieskocov a štrkov (vrchný sarmat), 4-neovulkanity Hradiska (sp. sarmat - panón), 5-ily a prachovce (sp. sarmat), 6-piesky (sp. sarmat), 7-ily, prachovce s polohami pieskocov (sp. sarmat), 8-štrky (sp. sarmat), 9-tufy a tufity (sp. sarmat), 10-sedimenty klčovského súvrstvia v celku (vrchný bádén - sp. sarmat), 11-bradlové pásmo, 12-predneogénne horniny v celku.

bazénov. Stretavské súvrstvie, kam patria študované sedimenty, je tvorené komplexom vápnitých ílov s polohami pieskov, štrkov a vulkanoklastík. Maximálna hrúbka súvrstvia je približne 2200 m, v Košickej kotline nepresahuje 400 m. V oblasti študovaných lokalít je jeho odhadovaná hrúbka asi 200 m, pričom predpokladáme, že zachované sedimenty zaznamenávajú len zlomok záznamu z časového rozsahu celého spodnosarmatského stupňa. Počas spodnosarmatskej sedimentácie dochádzalo k intenzívnemu výzdvihu okolitých predneogénnych jednotiek, tvoriacich zrtajovú oblasť sedimentov. Odrasom ich rýchleho výzdvihu je veľký podiel hruboklastických sedimentov v stretavskom súvrství Košickej kotliny (tzv. košické štrky), patriacej do okrajovej zóny východoslovenskej panvy.

3. Popis a interpretácia sedimentov

V sedimentoch spodnosarmatského stretavského súvrstvia boli identifikované tri faciálne asociácie, odrážajúce sedimentáciu v deltovom a príbrežnom prostredí a v tranzitnej zóne k vonkajšiemu šelfu.

Sedimentácia v čele delty je doložená asociáciou 5 facií. Na svahu delty sa ukladali veľkomierkovo šikmo zvrstvené štrky (foresets). Úklon ich zvrstvenia je 8 -20 stupňov, hrúbka jednotlivých lavíc s eróznou

a ostrou bázou je 150 -200 cm. Nadmerným prínosom materiálu na svah delty dochádzalo ku vzniku zosunov a úlomkotokov. Pre tieto sú typické masívne štrky s podpornou štruktúrou matrix a klastov. Matrix je tvorená zmesou ílu, prachu a piesku. Hrúbka laterálne nestálych lavíc s ostrou bázou a šošovkovitou geometriou je 20 - 30 cm. Miestami sú štrky normálne alebo inverzne gradované, občas majú bimodálne zrnitosťné rozdelenie. V proximálnej časti delty prevládajú sedimenty podvodných kanálov. Tieto sú reprezentované masívnymi, občas šikmo zvrstvenými štrkami, tvoriacimi výplň erózných kanálov a masívnymi alebo malomierkovo šikmo zvrstvenými pieskami a prachmi. V distálnej časti čela delty sa uložili striedajúce sa lavice masívnych pieskov a čerino-vo zvrstvených prachov. Tieto uloženie pravdepodobne predstavujú laterálny ekvivalent veľkomierkovo zvrstvených štrkov svahu delty.

Príbrežné depozičné prostredie je reprezentované piesčito-štrkovými a piesčitými sedimentami tvoriacimi 4 fácie. Lavice s ostrou bázou sú laterálne stále a spravidla ich možno sledovať na vzdialenosť niekoľko km. Korytovo zvrstvené štrky a piesky tvorili trojrozmerné duny spodnej príbrežnej zóny (lower shoreface). Tieto gradujú smerom nahor do pieskov so štrkom. Šikmo zvrstvené štrky s opačným úklonom lavíc reprezentujú proximálnejšiu časť príbrežnej zóny. Sedimentácia v tejto zóne bola ovplyvnená protismerným vlnovým prúdením. Horizontálne alebo slabo uklonené lavice striedajúcich sa štrkov a pieskov interpretujeme ako sedimenty vrchnej príbrežnej zóny až pláže.

Sedimenty tranzitnej zóny k otvorenému šelfu (offshore-transition zone) sú tvorené striedaním lavíc masívneho jemnozrného piesku, prachu a ílu. Obyčajne sa postupne vyvíjajú z podložných príbrežných sedimentov. Lavice piesku a prachu sú 10 - 20 cm hrubé, majú ostrú bázu a postupný prechod do nadložnej ílovej lavice.

4. Architektúra sedimentov

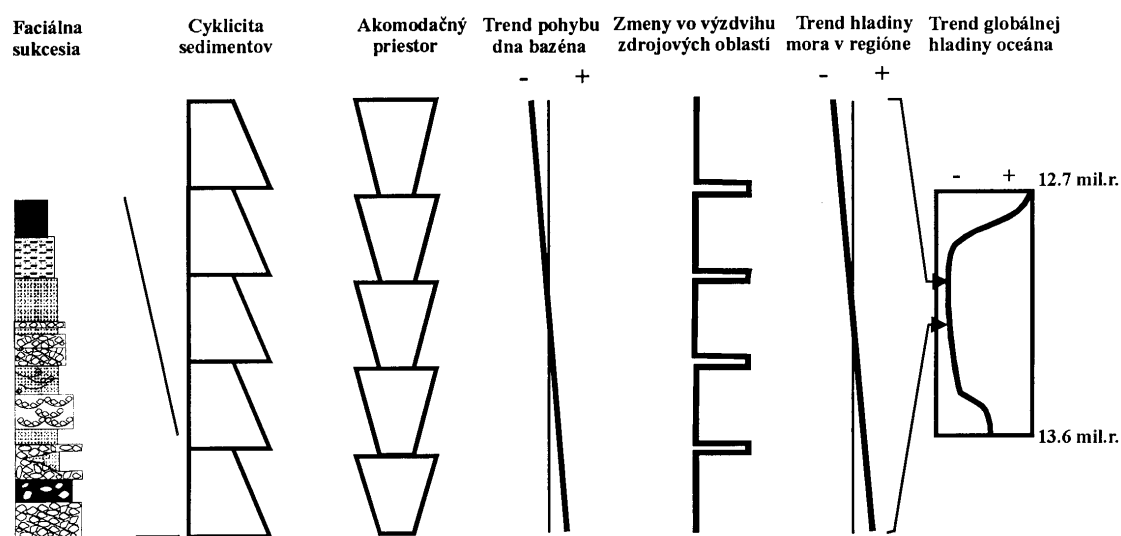
Dobrá odkrytosť terénu a množstvo vrtoz umožnili sledovanie zákonitostí vertikálnej a laterálnej stavby sedimentov. Hruboklastické deltové sedimenty sú prekryté piesčitejšími sedimentami príbrežnej zóny a piesčito-ílovými sedimentami tranzitnej zóny k vonkajšiemu šelfu. Len zriedkavo možno nájsť aj laterálne zastupovanie, resp. vertikálne striedanie sedimentov delty a príbrežnej zóny. Toto striedanie je výsledkom posunu deltových, lalokov umožňujúcich následné prepracovanie usadeného materiálu vlnami (autocyklický mechanizmus). Sukcesia facií (delta, príbrežie, tranzitná zóna) sa cyklicky opakuje, každý cyklus je ohraničený eróznym povrchom. Pomocou odkrytov a vrtoz bolo možno sledovať súvislý sled sedimentov asi v 80 m vertikálnom a 3 km laterálnom rozsahu. V tomto profile sa vyskytuje 5 cyklov s uvedenou faciálnou sukcesiou. Hrúbka jedného cyklu je premenlivá, v priemere má 10 m. Piesčito-ílové sedimenty tranzitnej zóny možno laterálne sledovať na vzdialenosť viac ako 2.5 km.

5. Diskusia

Analýza architektúry sedimentov ukázala prechod deltových facií do facií tranzitnej zóny šelfu s typickým, nahor sa zjemňujúcim trendom zrnitosti sedimentov. Tento vývoj sedimentov indikuje transgresiu, t.j. posun pobrežnej čiary smerom do vnútrozemia. Veľký laterálny rozsah sedimentov tranzitnej zóny indikuje dominantnú úlohu alocyklického mechanizmu pri vývoji sedimentárnych cyklov. Cyklicita v sedimentárnom vývoji sa často pripisuje oscilácii hladiny mora. Po zostrojení krivky zmien eustatickej hladiny svetového oceánu ([1] a iní) sa v sedimentologických štúdiách veľmi často stretávame s koreláciou zmeny hladiny oceánu interpretovanou z lokálneho vývoja sedimentov so zmenou hladiny svetového oceánu. Táto korelácia je však niekedy, najmä v tektonicky aktívnych bazénoch s premenlivým prínosom sedimentov, diskutabilná. Vo všeobecnosti je sedimentácia na šelfe funkciou akomodáčného priestoru (priestor vhodný pre akumuláciu sedimentov) [3] a prínosu sedimentov [1], [8]. Akomodáčny priestor je kontrolovaný eustatickou hladinou oceánu, subsidenciou bazénu a prínosom materiálu. Zmena čo len jedného z uvedených faktorov spôsobuje zväčšenie alebo zmenšenie akomodáčného priestoru, čo sa následne odráža v zmene vývoja sedimentov.

Študované sedimenty majú dve základné vlastnosti: 1) transgresný charakter a 2) cyklický vývoj. Transgresný charakter odráža zväčšovanie akomodáčného priestoru, čo je odrazom zvyšovania eustatickej hladiny oceánu alebo subsidencie dna bazénu, resp. spoločného pôsobenia týchto dvoch faktorov. Z toho vyplýva nutná opatrnosť pri odvodzovaní zmeny hladiny oceánu z prítomnosti transgresných sedimentov. K transgresii môže dôjsť aj pri stabilnej hladine, len poklesom dna bazénu, ak prínos sedimentov nestačí tento pokles eliminovať. Pre vysvetlenie dominantnej úlohy jedného zo spomínaných faktorov počas ukladania študovaných sedimentov je nutné zobrať do úvahy aj druhú základnú črtu týchto sedimentov - cyklicitu. Cyklický vývoj je najčastejšie výsledkom oscilácie hladiny oceánu alebo tektonického režimu bazénu. Počas spodného sarmatu je interpretovaná len jedna oscilácia hladiny svetového oceánu [2] (obr.2), jej časová frekvencia je omnoho väčšia ako u študovaných sedimentov. Táto skutočnosť uprednostňuje tektonickú interpretáciu vývoja cyklicity. Študované územie sa nachádza v okrajovej časti bazénu. Epizodický výzdvih oblastí, tvoriacich zdroj deltových sedimentov (hinterland), podmienil aj epizodické zmeny v prínose materiálu do bazénu a vývoj cyklicity. Faciálna asociácia príbrežnej zóny, prekryvajúca deltové sedimenty, indikuje sedimentáciu v plytkom prostredí (10 m?),

ktoré sa však za krátky čas prehĺbilo až pod dosah vlnenia (min. 30 m?), čo je doložené vývojom sedimentov tranzitnej zóny. Predpokladáme, že takéto rýchle prehĺbenie sedimentačného priestoru (a teda transgresný charakter sedimentov) je výsledkom trvalej subsidencie dna bazénu a konštantného zvyšovania hladiny oceánu (obr.2).



Obr.2. Schéma faktorov podmieňujúcich transgresívny trend a cyklicitu študovaných sedimentov. Krivky vývoja morskej hladiny ukazujú možnú koreláciu morskej hladiny vo východoslovenskej neogénnej panve a eustatickej hladiny oceána. Eustatická krivka podľa (2).

6. Záver

Študované spodnosarmatské sedimenty stretavského súvrstvia predstavujú transgresné sedimenty ukladané v prostredí delty, pobrežnej a tranzitnej zóny k vonkajšiemu šelfu. Sedimenty vytvárajú na študovanom území 5 cyklov, ohraničených eróznymi transgresívnymi povrchmi. Analýza faktorov, podmieňujúcich transgresný charakter sedimentov ukázala, že transgresia je výsledkom subsidencie dna bazénu, spojenej so stúpaním morskej hladiny. Cyklicita sedimentov je pripisovaná epizodickému zdvihu mimobazénového priestoru (hinterlandu). Identifikácia dôležitej úlohy tektoniky pri transgresii a cyklicite sedimentov upozorňuje na nutnú opatrnosť priamej interpretácie zmien hladiny oceánu zo sedimentárneho záznamu.

Literatúra:

- [1] Haq, B.U.: Sequence stratigraphy, sea-level change, and significance for the deep sea. In: MacDonald D.I.M. (ed.): *Sedimentation, Tectonics and Eustasy: Sea level changes at Active Margins*. Int. Assoc. Sediment., Spec. Publs., 12, 1991, s. 3-39.
- [2] Haq, B.U., Hardenbol, J. and Vail, P.R.: Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. In: Wilgus, C.K., Posamentier, H., Roos, C.A., Kendall, C.G.St.C. (ed.): *Sea-Level Changes - An Intergrated Approach*. Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Mineral. 42, 1988.
- [3] Jervey, M.T.: Quantitative geological modelling of siliciclastic rock sequences and their seismic expression. In: Wilgus, C.K., Posamentier, H., Roos, C.A., Kendall, C.G.St.C. (ed.): *Sea-Level Changes - An Intergrated Approach*. Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Mineral. 42, 1988.
- [4] Kováč, M., Kováč, P., Marko, F., Karoli, S., Janočko, J.: The East Slovakian Basin - A complex back-arc basin. *Tectonophysics* 252, 1995, s. 453-466.
- [5] Král, J.: Fission track ages of apatites from some granitoid rocks in West Carpathians. *Geol. Zb. Geol. Carpathica* 28, 1977, s. 269-276.
- [6] Sorensen, J.C., Gregersen, U., Breiner, M. and Michelsen, O.: High-frequency sequence stratigraphy of Upper Cenozoic deposits in the central and southeastern North Sea areas. *Mar. Petrol. Geol.*, 14, 2, 1997, s. 99-123.
- [7] Soták, J., Rudinec, R. and Spišiak, J.: The Peninic "pull-apart" dome in the pre-Neogene basement of the Transcarpathian Depression (Eastern Slovakia). *Geol. Carpathica*, 44, 1, 1993, s. 11-16.
- [8] Ross, W.C., Watts, D.E., and May, J.A.: Insight from Stratigraphic Modeling: Mud-Limited Versus Sand-Limited Depositional Systems. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.* 79, 1995, s. 231-258.
- [9] Vass, D. and Čech, F.: Evaluation of Sedimentation Rates in Alpine Molasse Basins of the West Carpathians. *Z. geol. Wiss.*, 17, 9, 1989, s. 869-878.

[10] Zlinska, A.: Biostratigrafia sedimentov sarmatu Košickej kotliny na základe foraminifer. *Slovak Geol. Magazine, in press.*