

Ophiolite obduction onto the African plate during the narrowing of Tethys: contribution from numerical simulations

Nikola Stanković, Vesna Cvetkov, Vladica Cvetković



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

[ДР РГФ]

Ophiolite obduction onto the African plate during the narrowing of Tethys: contribution from numerical simulations | Nikola Stanković, Vesna Cvetkov, Vladica Cvetković | XVIII Kongres geologa Srbije, Divčibare, Srbija (01-04.2022.) | 2022 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0007048>

Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду омогућава приступ издањима Факултета и радовима запослених доступним у слободном приступу. - Претрага репозиторијума доступна је на www.dr.rgf.bg.ac.rs

The Digital repository of The University of Belgrade Faculty of Mining and Geology archives faculty publications available in open access, as well as the employees' publications. - The Repository is available at: www.dr.rgf.bg.ac.rs

OBDUKCIJA OFIOLITA NA AFRIČKU PLOČU TOKOM SUŽAVANJA TETISA: DOPRINOS NUMERIČKIH SIMULACIJA

Nikola Stanković, Vesna Cvetkov, Vladica Cvetković
Rudarsko – geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd, Srbija
E-mail: nikola.stankovic@rgf.bg.ac.rs

Ključne reči: numeričke simulacije, geodinamika, Tetis, obdukcija

Prisustvo ofiolita na Balkanu jedan je od najznačajnijih pokazatelja procesa zatvaranja vardarskog dela Tetisa. Obdukcija stena okeanskog porekla na afričku ploču započela je pre konačnih faza zatvaranja vardarskog dela Tetisa u gornjoj juri, što se može zaključiti na osnovu starosti ofiolita. U ovom radu prikazani su rezultati numeričkog modelovanja procesa gornjojurskog zatvaranja vardarskog Tetisa, sa fokusom na obdukciju ofiolita na marginu afričke ploče. Termomehničkim numeričkim modelovanjem ispituju se uslovi koji diktiraju proces navlačenja ofiolita u toku ovog geodinamičkog događaja. U te svrhe primenjen je numerički termomehnički kod I2VIS (Gerya i Yuen, 2003), koji koristi pristup markera u ćeliji na zateturanjoj numeričkoj mreži, pri čemu su jednačine diskretizovane metodom konzervativnih konačnih razlika.

U simulacijama se pretpostavlja da zatvaranje Tetisa počinje intraokeanskom subdukcijom prema istoku. Istraživana su dva načina iniciranja subdukcije: 1) iniciranje na srednjeokeanskom grebenu (starosti 1 milion godina) sa asimetričnim starostima okeanskih litosfera i 2) iniciranje po predefinisanoj slaboj zoni sa padom prema istoku. Konvergentni režim je izazvan guranjem ploča. Ploče se guraju pripisivanjem uslova za brzinu na dovoljno velikoj udaljenosti od značajnog dela modela. Simulacije su razvijene u dve faze. U prvoj fazi se održavaju brzine koje definišu konvergentni režim, dok se u drugoj fazi brzinama menja znak (smer). Početni model se sastoji od kontinentalne litosfere (kore i litosfernog dela omotača) na zapadu, prelaznog pojasa i okeanske litosfere na istoku, kao i astenosferskog omotača ispod. Zbog jednostavnosti i fokusiranja na obdukciju na Afriku, evroazijska kontinentalna litosfera se ne pojavljuje u ovim simulacijama, već se okean Tetis prostire na istok do samog kraja domena modela (~2000 km). Debljina okeanske litosfere kontinuirano varira u zavisnosti od njene starosti. Izračunato je više numeričkih simulacija procesa navlačenja ofiolita na afričku ploču preko subdukujućeg (zapadnog) dela okeanske ploče. Pri tome su primenjeni različiti scenariji. U modelima je menjana: pripisana brzina konvergencije, starost okeanske litosfere, početni ugao subdukcije, udaljenost srednjeokeanskog grebena tj. položaj početne slabe zone od margine Afrike i reološka svojstva kontinentalne kore afričke ploče. Reološka svojstva kontinentalne kore su od značaja za deformacione procese koji prate obdukciju. U prikazanim simulacijama ispitano je nekoliko različitih reoloških postavki kore Afrike.

Model uspešno razvija intraokeansku subdukciju sa kretanjem rova ka zapadu i skraćanjem okeanskog područja za 100-500 km, kao i kasniju obdukciju stena okeanskog porekla na afričku ploču. Ukupno vreme od početka intraokeanske subdukcije koje je potrebno za navlačenje ofiolita zavisi od pripisanih brzina konvergencije i od udaljenosti zone inicijacije od afričke margine. Dobijeni rezultati sugerišu da je prisustvo reološki jače kontinentalne kore povoljno za razvoj ofiolitskih kompleksa, što je u saglasnosti sa prethodnim istraživanjima drugih obdukcionih procesa u Omanu i Malom Kavkazu. Rezultati, takođe, pokazuju da razvoj plitke subdukcije ide u prilog uspešnom navlačenju ofiolitskog materijala na većim udaljenostima od margine. Sa druge strane, povećanje starosti zapadnog dela okeanske litosfere, kao i povećanje ukupne dubine subdukcije te litosfere, negativno utiču na uspešno i trajno navlačenje ofiolita.

Ovaj rad finansiran je po „Ugovoru o realizaciji i finansiranju naučnoistraživačkog rada NIO u 2022. godini“, br. 451-03-68/2022-14/ 200126

OPHIOLITE OBDUCTION ONTO THE AFRICAN PLATE DURING THE NARROWING OF TETHYS: CONTRIBUTION FROM NUMERICAL SIMULATIONS

Nikola Stanković, Vesna Cvetkov, Vladica Cvetković

Faculty of Mining and Geology – University of Belgrade, Belgrade, Serbia

E-mail: nikola.stankovic@rgf.bg.ac.rs

Key words: numerical simulations, geodynamics, Tethys, obduction

Occurrence of the Balkan ophiolites is one of the most important indicators of the process of closure of Vardar Tethys. Obduction of rocks of oceanic origin onto African plate started considerably prior to the final phases of closure of Vardar branch of the Tethys ocean in upper Jurassic, which can be inferred from the ages of the remaining ophiolites. In this paper, the results of numerical modelling of process of Upper Jurassic closure of Tethys are presented, with the focus on the ophiolite obduction onto the African margin. Conditions that dictate the obduction during this geodynamic event are investigated by applying thermomechanical numerical modelling. To this end we use numerical thermomechanical code I2VIS (Gerya and Yuen, 2003) which utilizes the marker-in-cell approach on a staggered grid while equations are discretized by conservative finite differences method. In the simulations it is assumed that the closure of Tethys is initiated by an eastward intraoceanic subduction. Two modes of subduction initiation are investigated: 1) the initiation at the mid-oceanic ridge (assigned age of 1 million years) with asymmetrical ages of plates, and 2) the initiation along an eastward-dipping predefined weak zone. The convergent regime is achieved by plate push. Plates are pushed by assigning conditions for the velocity at a sufficiently large distance from the important section of the model. Simulations are developed in two phases. In the first phase, the convergent velocities are maintained, while in the second phase the sign (direction) is reversed. The initial model consists of continental lithosphere (both crust and mantle parts) in the west, the transition belt and oceanic lithosphere in the east as well as the underlying asthenospheric mantle. Due to simplicity and focusing on the obduction onto the African plate, the Eurasian continental lithosphere is not present in our models. Instead, the Tethys oceanic realm in the east is present until the end of the model domain (~2000 km). The thickness of the oceanic lithosphere varies continuously based on its age. A number of numerical simulations of ophiolite emplacement onto the African plate above the subducting (western) part of the ocean are calculated. To that end, different scenarios are investigated. The convergence rate is varied in the models as well as ages of the oceanic lithospheres, initial subduction angle, distance of the mid-oceanic ridge or initial weak zone to the African margin, and rheological parameters of the continental crust of the African plate. Rheological properties of the continental crust are important for the deformation processes accompanying the obduction. In the presented simulations a few rheological setups of the African crust are investigated. The model successfully develops the intraoceanic subduction with the westward movement of the trench and the shortening of the oceanic realm for some 100-500 km, as well as subsequent obduction of rocks of oceanic origin onto the African plate. The total time needed from the onset of the intraoceanic subduction to the emplacement of ophiolites depends on the assigned convergence rates as well as on the distance of the initiation zone from the African margin. The results suggest that the presence of a rheologically stronger continental crust is preferable for development of ophiolite complexes, which is in accordance with the previous research of other obduction processes, namely in Oman and Lesser Caucasus. The results also show that the development of flat subduction positively influences the successful emplacement of the ophiolites at greater distances from the margin. On the other hand, the increase in age of the western part of the ocean as well as the increase of its total subduction depth inhibit the permanent development and emplacement of ophiolites.

This paper has been financed by the „Contract on realisation and financing of scientific research of SRI in 2022“, Nr. 451-03-68/2022-14/ 200126