

Abstrakt

Analogové a numerické modelování v geovědách představuje vynikající nástroj ke studiu složitých časoprostorových vztahů při transferu hmoty a energie. Současný rozvoj a pokrok na poli deskové tektoniky a planetologie vyžaduje kombinaci obou přístupů pro simulaci procesů, které nelze studovat přímo in situ. Pokročilé fyzické modely jsou doplňovány deformační analýzou vycházející z obrazové velocimetrie a fotogrammetrie zatímco numerické simulace využívají moderních i tradičních metod pro řešení příslušných rovnic ve složitých doménách.

Předkládaná práce kompletuje několik typů modelů, které jsou zaměřeny jednak na deformační analýzu spojenou s transferem materiálu a tepla v akrečních systémech, tak i na simulaci vzniku a vývoje rozsáhlých bahenních proudů v atmosférických podmínkách Marsu.

V první části práce uvádíme obecný přehled problematiky analogového a numerického modelování včetně škálovacích vztahů, řídicích rovnic, jednotlivých metod a historie. Ve druhé části práce se zabýváme laboratorními i numerickými simulacemi kolizní-indentacní tektoniky spojené se vznikem velkých akrečních systémů na Zemi. Poslední část práce je věnována experimentům navrženým pro studium vzniku a vývoje bahenních proudů, které vznikají v důsledku předpokládané kryovulkanické činnosti na povrchu Marsu.

První série modelů zahrnuje oroklinální ohyb akrečního pásu a kontinentálního žebra v post-subdukční etapě, který je způsobený indentací kratonického systému v ortogonálním směru. Výsledky experimentů prokázaly komplexní tok materiálu spodní kůry a svrchního pláště v osní rovině obou vznikajících zámkových oblastí, který je spojen s deformační odezvou svrchní kůry a vznikem rozsáhlých násunovo-poklesových domén i střižných zón. Kinematika, dynamika a geometrie těchto svrchno-korových deformačních struktur byla analyzována pomocí fotogrammetrických metod (DEM) a obrazové rychlostní analýzy (PIV). Korelace povrchové deformační analýzy a deformační analýzy ortogonálních řezů modelu potvrzuje významnou exhumaci kontinentálního i oceánského pláště v proximální zámkové oblasti. Tento efekt je korelován s existencí významné gravimetrické anomálie v Hangaiském regionu Tuva-Mongolské orokliny situované v rámci CAOB (Central Asian Orogenic Belt).

Druhá série experimentů je zaměřena na studium vlivu migrace a množství taveniny na dynamiku vrás odlepení v před-indentacní korové doméně. Tento termálně závislý model produkuje sérii vrás nad tenkou vrstvou taveniny, která migruje podél směru zkracování a je souběžně nasávána do meziramenních zón vznikajících vrásovo-dómových struktur. Pro bilanci vtoku a výtoky tohoto materiálu byla vyvinuta metoda využívající kvantifikaci divergence rychlostního pole produkovaného PIV analýzou v cílových podoblastech modelové domény. Korelace časové změny divergence a množství taveniny v jednotlivých vrásách odhalila polyfázový vývoj každé vrásy. Systematická změna ve výšce vrás a modálním obsahu taveniny v jednotlivých uzamčených vrásách je úměrná rychlosti vtoku taveniny do jejich jader. Přetlakování taveniny v uzamčených vrásách vede k jejímu vytlačení zpět do zdrojové vrstvy, kde může být dále přenesena ve směru zkracování a usnadnit tak další odlepené vrásnění.

Neboť tyto modely jsou produkovány v neškálovaném gravitačním poli, byla rovněž diskutována potenciální diapirická exhumace spodnokorového materiálu. Byl použit model Rayleigh-Taylorovy nestability s variací reologických, geometrických a termálních vlastností spodní kůry pozdně orogení a ztluštěné litosférické domény. Analýza vybraných simulací ukázala, že korový diapirismus je charakteristický pro kolizní systémy, které jsou typické

výrazně ‘měkkou’ a teplou spodní felzickou kůrou s výrazně vyvinutou hustotní perturbací na hranici s nadložní mafickou kůrou. Tvar diapirismu je ovlivněn viskozitním kontrastem korových vrstev a rychlostí konvergence. Rychlost diapirické exhumace závisí na rychlosti konvergence indentoru, amplitudě a vlnové délce hustotní perturbace a hustotním kontrastu materiálu spodní kůry. Reologické parametry jsou řízené časově proměnlivou distribucí tepla z pláště a tepelnou produktivitou felzické spodní kůry. Diapirismus a vrásnění se zastupují v závislosti na zpomalování konvergence a vzdálenosti od indentoru.

Poslední část práce prezentuje fyzické modelování bahenních proudů v atmosférických podmínkách Marsu. Série více než šedesáti experimentů byla navržena pro studium toku bahna po chladném i horkém povrchu tvořeném granulárním nezpevněným materiálem (písek) nebo pevném konsolidovaném materiálu (plastická deska). Rovněž byl testován vliv úklonu podloží na distribuci a tvar bahenních proudů. Všechny experimenty probíhaly při tlaku ~ 7 mbar s různými rychlostmi extruze bahna. Pro studium topografických charakteristik jednotlivých proudů byla použita metoda rekonstrukce DEM na základě pořízených fotografií povrchu modelu.

Série experimentů probíhajících na podchlazeném písku prokázala významnou geomorfologickou podobnost mezi bahenními proudy ve sníženém atmosférickém tlaku a lávovými proudy typu Pahoehoe v pozemském povrchovém tlaku. Vznik bahenního proudu reflektuje několik vývojových stádií, které zahrnují počáteční povrchový tok, odplyňování/mrznutí bahna a tok v uzavřených kanálech s progresivní propagací v čele proudu. Proces propagace z uzavřeného kanálu je podobný výlevům polštářových bazických láv na Zemi.

Experimenty probíhající na teplém pískovém podkladu odhalily odlišný proces transportu bahenního materiálu, který kombinuje ‘klasický proud’ a ‘levitaci’ bahna nad teplým povrchem v závislosti na vzdálenosti od zdrojové oblasti.

Klíčová slova: Analogové modelování, numerické modelování, oroklina, vrásy odlepení, PIV analýza, DEM modely, diapirismus, bahenní proudy, Mars }