

Poznámky ke geologii SZ Madagaskaru

Notices to the geology of NW Madagascar

Richard Pokorný¹

^{1/} Fakulta životního prostředí, Univerzita J. E. Purkyně, Králova výšina 7, Ústí nad Labem 400 96, ČR, pokornyr@fzp.ujep.cz

Key words: Madagascar, geology, geomorphology, Mesozoic, fossils, minerals, dinosaurs.

Abstract. The running geological survey of the area alongside of the guideway of the expedition Baobab 2006 (from the capital city to the north cape of the island near Diego Suarez Harbor) was one of the aims of the expedition Baobab 2006. The study was focused to the mineralogy, the paleontology and within the opportunity to the structural geology and geomorphology too. During the field search was collected the set of samples, coming particularly from the own finds of the author of this paper and particularly from the occasional buys by the natives. In spite of the very casual geological field research it is possible to affirm, that region of northwestern Madagascar, near the Mahajanga Basin especially, is very variegated and therefore it qualify for the detailed research in the future.

Úvod

Thiery (1961) ve svém průvodci popisuje Madagaskar jako zaslíbenou zemi a zbožné přání pro každého mineraloga. Účastníci expedice Baobab 2006 měli to štěstí dotknout se alespoň letmo nejen živých, ale i neživých unikátů Madagaskaru. V průběhu zastávek i přesunů po ostrově byl prováděn zběžný geologický průzkum, zaměřený především na mineralogii a paleontologii. Na podrobnější, například stratigrafické studie bohužel nebyl čas. I přesto se však podařilo nalézt a shromáždit poměrně zajímavou kolekci, která je v současné době deponovaná ve sbírkovém fondu FŽP UJEP.

Geologická stavba Madagaskaru

Madagaskar je z více než 60% tvořen velmi starými metamorfovanými a vyvřelými horninami, které daly základ geologickému podloží ostrova již v období existence superkontinentu Rodinia. Stáří těchto hornin představovaných žulami a metamorfity se datuje do období před 3 000 – 550 mil. let a tvoří jádro ostrova. Žulový masiv je na několika místech prostoupen tělesy mramorů a krystalických břidlic. Na těchto starých horninách spočívá tenká vrstva zvětralin představovaná lateritickými jíly. Okraj madagaskarské tektonické desky, v místech kde došlo k odtržení od Afriky a Indie, se podél západního i východního pobřeží táhne pás láv a vyvřelých hornin tvořených především čediči a gabry. Stáří těchto hornin (88 mil. let) odpovídá vzniku samostatného Madagaskaru. Sopečná činnost na ostrově však probíhala i v pozdější době. V širším okolí Ankaratry, Tsaratanany a Montagne d'Ambre došlo k výlevům lávy v poměrně nedávné době, před pěti až dvěma miliony let. V západní části ostrova překrývají starší horniny souvrství sedimentů mořského, sladkovodního i suchozemského původu. Nejstarší jsou kontinentální usazeniny, vznikající ze zpevněných ledovcových štěrků z doby ledové na rozmezí prvohor a druhohor, nad nimiž se vytvořily uhlenné sedimenty se zbytky glossopteridové flóry (Du Puy, Moat, 2003). Podstatná část sedimentárních hornin však vznikala až v průběhu druhohor a třetihor v podobě vápenců,

slínovců a kříd. Právě v těchto usazených horninách byly na mnoha místech nalezeny unikátní pozůstatky velkých plazů, dinosaurů a také evolučně nejstarších savců. Madagaskar je znám objevy endemických druhů dinosaurů, z nejznámějších je možné jmenovat rody *Rapetosaurus*, *Masiakasaurus* či *Majungatholus*. Z křídlových vrstev jsou popsáni praptáci *Rahonavis ostroni* a *Vorona berivotrensis*. Rovněž z křídly pochází unikátní fragmenty fosilii velmi starých savců *Ambondro mahabo* a *Lavanify miolaka* (Flynn, Wyss, 2003, Krause et al. 2006).

V období jury, cca před 160 mil. let, došlo k odtržení Madagaskaru spolu s Indií od východní části africké litosférické desky. To vedlo k divergenci ostrovních organismů do obrovské šíře endemitních druhů a skupin. Nejznámější skupinou endemitů v rámci savců jsou bezpochyby poloopice ze skupiny lemurů.

Původ lemurů na Madagaskaru dosud není zcela přesvědčivě vysvětlen, ale na základě genetických analýz začalo docházet ke speciaci, čili rozrůžňování druhů ve skupině *Lemuridae* na počátku třetihor před 62 miliony let, tedy až dlouho po osamostatnění ostrova. První fosilní nálezy nejstarších lemurů druhů *Cantius trigonodus* a *Bugtilemur mathesoni* pochází z eocénu severní Ameriky a z Pákistánu (Yoder, Yang, 2004, Marivaux a kol., 2001). Nejnovější teorie tvrdí, že předchůdci dnešních lemurů, příbuzní těmto dvěma druhům, se z pevniny na ostrov dostali až po jeho odtržení přibližně před 40 miliony let jakožto tzv. „trosečníci“, zřejmě na vyvrácených stromech a plovoucích částech vegetace při prudkých bouřích (Kappeler, 2000).

Fosilní pozůstatky třetihorního stáří nejsou na Madagaskaru příliš běžné, o něco hojnější jsou nálezy tzv. subfosilních organismů, žijících na Madagaskaru před několika tisíci let. Jedná se především o lemury rodů *Archaeolemur*, *Megaladapis* a *Archaeoindris*, vymřelý druh šelmy rodu *fosa* *Cryptoprocta spelea* a řadu dalších.

V jižní a západní části ostrova se na pobřeží rozkládají rozsáhlé pláže tvořené jemnými písky. Jde o historicky nejmladší nezpěvněné uložení na ostrově, které jsou zajímavé mimo jiné i tím, že se v nich i v dnešní době dají při troše štěstí najít úlomky vajec velkých nelétavých ptáků vyhynulého rodu *Aepyornis* a velmi vzácně také vejce dosud nepoškozené (Amadon, 1947).

Ložiska nerostných surovin

Díky rozmanitosti hornin Madagaskaru se na mnoha místech vytvořila ložiska řady nerostných surovin. I když těžební průmysl na ostrově nepatří k odvětvím, které by určovaly směr národní politiky (v roce 2004 zaujímal méně než 1 % hrubého národního produktu), v budoucnu bude mít dobývání nerostů zcela jistě velký význam pro ekonomiku tohoto velkého ostrovního státu.

Mezi nejdůležitější suroviny Madagaskaru patří grafit, který zde tvoří největší ložiska na světě. Již v dnešní době se v okolí měst Tamatave a Ampanihy dobývají jílky vzniklé zvětřováním žul z velmi starého horninového masivu ve východní části ostrova. Tyto jíly mají obsah grafitu 3-6% a proto musí být vytěžená surovina dále upravována. Větší význam se proto přikládá ložiskům grafitu v podobě čoček a žil přímo v metamorfovaných horninách. Grafitu se vyváží ročně kolem desítky tun v podobě vloček či prášku.

Na žíly hornin zvaných pegmatity je vázán výskyt slíd ze skupiny muskovitu a především flogopitu. Jeho ložiska se vyskytují v jižní části ostrova, v okolí řeky Mandrare, nedaleko měst Imandra a Benato. Ač to není příliš známo, Madagaskar patří k největším exportérům flogopitu na světě, přičemž ročně se této suroviny vyveze stočky až tisíce tun, především do Francie.

Z rud kovů se zde těží bauxit jakožto surovina hliníku a také rudy chromu, niklu, kobaltu, titanu a železa. Jakožto energetická surovina má velký význam ruda s obsahem uranu 13 – 26% a thoría až 32% na ložisku Befalo severně od města Toalagnaro. Vedle uranu se v několika menších ložiscích získává i černé uhlí v dolech na západním pobřeží. V okolí Mahajangy a v Mosambickém průlivu se těží ropa, firma Galana Petroleum Ltd. získává z mořského dna kolem 1,4 mil barelů

ropy ročně. Z tohoto množství jde celých 85% na vývoz. Mimo tyto hlavní suroviny se na Madagaskaru těží kaolín, sádrovce, mastek, guano a cementářské suroviny.

Stejně jako v řadě dalších států v Africe a v Asii, i na Madagaskaru se vyskytuje řada polodrahokamů, ale především drahých kamenů. V plážových a dunových píscích na jihu a jihovýchodě ostrova kolem Tamatave a Toalagnaro (Fort Dauphin) se jako bohatá příměs vyskytuje zirkon a řada dalších tzv. těžkých minerálů, z pegmatitových žil se dobývají krásné a šperkařsky hojně využívané beryly, safíry, granáty, ametysty, jaspisy, amazonity a labradority. Diamantových kvalit dosahují madagaskarské akvamaríny, topazy, morganity, skapolity a rhodonity. Z Madagaskaru se každoročně vyváží desítky tun krystalů drahokamové jakosti. Od září 2004 zde začala velká firma Pan African Mining Corp. dobývat dokonce i diamanty na nově objeveném ložisku. Po ostrově je také rozeseto spousta rýžovišť zlata, jejichž souhrnný roční výnos se udává přibližně 1 – 2 tuny. Zásoby zlata na Madagaskaru se odhadují na 33 tun (Yager, 2005).

Material a metody

Trasa expedice byla započata v hlavním městě Antananarivu. To leží v nadmořské výšce 1200 - 1400 m n. m. a jeho široké okolí má velmi pestrou geologickou stavbu. Základ tvoří masiv prekambričských metamorfitů, jako jsou ruly, ortoruly, krystalické břidlice a migmatity. Západně od Antananariva proniká několik těles tvořených hlubinnými vyvřelinami, zejména žulami, v prostoru mezi letištěm Ivato a centrem také menším tělesem chamockitu. Z jihozápadu zasahuje do oblasti městské aglomerace masiv Ankaratra. Ten je budován podstatně mladšími, třetihorními výlevnými vyvřelinami. V oblasti Ankaratry a také přilehlého komplexu s názvem Itasy se tyto mladé vulkanity nazývají ankaratrity. Mineralogicky se jedná o horniny blízké čedičům se zvýšeným obsahem nefelinických a olivinických minerálů. Ankaratrity je možné nalézt na JZ periferii města v podobě dvou menších těles. Prekambričké i třetihorní vyvřeliny spolu s několika vyvýšenými ortorulovými vrcholky tvoří specifický vzhled georeliéfu celé oblasti.

Přímo v intravilánu města je tak možné nalézt velký počet poměrně strmých kuželovitých kopců, turistický průvodce hovoří o dvanácti svatých pahorcích (Les Collines sacrées). Většina těchto pahorků čnicích cca o 100-150 metrů nad okolním terénem je poměrně hustě zastavěna, na jednom z nich se nachází i Rova, královský palác, toho času vyhořelý (18.923461° J.Š., 47.532492° V.D.). Spolu s rozsáhlými rýžovišti v prostorách mezi pahorky na aluviálních a lakustrinních sedimentech vzniká nezaměnitelný georeliéf, který je pro Antananarivo typický.

Z Antananariva pokračovala expedice po páteřní asfaltové komunikaci na sever k přístavu Mahajanga. Z hlediska geologie došlo k mírné změně podloží – v prekambričských horninách byly zastíženy tenčí polohy krystalických karbonátů. Už při první odpočinkové zastávce 3 km JJV od osady Maevatanana (16.974316° J.Š., 46.817017° V.D.) byly učiněny poměrně zajímavé nálezy. Ve vyschlém korytě periodického potoka s hustým břehovým porostem mangovníků byly zastíženy desky velice jemně laminovaných metamorfitů, pravděpodobně ortorul. O několik desítek metrů výše ve svahu byly nalezeny polohy vápenců transgredujících na krystalinikum, s hojnou žilnatinou tvořenou karneolem. Minerální vzorky byly dobře vyvinuté a tvořily především amorfní až jemně krystalickou hmotu s drobnými krystalky křemene. Výskyt minerálů ze skupiny SiO_2 v sedimentech, zejména vápencích, je poměrně běžný. Jedná se o typický příklad tzv. autigenní neboli souběžné mineralizace, kdy při ukládání vápencových poloh zároveň dochází ke krystalizaci forem oxidu křemičitého z gelu kyseliny křemičité za poměrně nízkých teplot (Funk, 1975). Výskyt chalcedonů je popsán i z Českého masivu, pro speleology jsou známe tzv. koněpruské chalcedonové rúžice.

Z Mahajangy se expedice přesunula do NP Baie de Baly. Zde byly komunikace již nebezpečné a na některých místech bylo nutné vystoupit z auta a pokračovat pěšky, aby mohl řidič lépe zvládnout výmoly a strže. Při jedné z takovýchto zastávek v místě strmě stoupající silnice, jeden

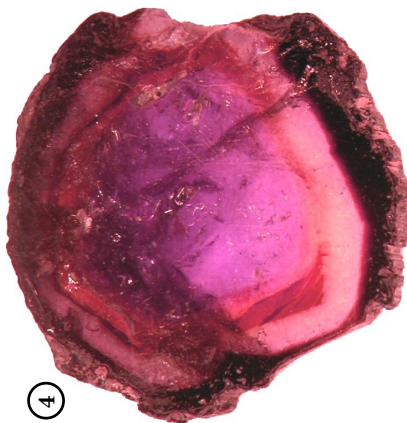


Foto 1. Kolekce nálezů fosilií – v horní řadě zleva rybí obratel, dva žraločí zuby, v prostřední řadě ústřice, dva dinosauří zuby, dva plazi obratel, ve spodní řadě ústřice a dinosauří obratel. Naleziště Berivotra, svrchní křída. **Foto 2.** Geoda amorfni chalcodonové hmoty s náznakem achátové kresby, na povrchu povlak hydratovaného kašolongu, rozměry 10 x 6 cm. Naleziště okolí Soalaly na nepevněné cestě Misiinjio-Soalala, z. Madagaskar, třetihorní vápencové formace. **Foto 3.** Dinosauří kosti, které doslova po pytlích prodávají místní obyvatelé v okolí Berivotry turistům. Cena za tuto kolekci po půl hodině smlouvání - 150000 Ar, neboli 1500 Kč. **Foto 4.** Tzv. "melounový turmalín", jeden z nejzávažnějších polodrahokamů Madagaskaru, měnící barvu směrem od stěn do centra krystalu. Krystalový řez o velikosti 1 cm. Naleziště Antsirabe, centrální Madagaskar.



Foto 5. Erozní strž Ankarokaroka v NP Ankarafantsika, sz. Madagaskar. Působením vodní eroze se ve vrstvách červených lateritických půd (v horních partiích) a bělavých vápencích (v dolní části profilu) vytvořila mohutná rokle dosahující hloubky a délky ve stovkách metrů. **Foto 6.** Vulkanické těleso v prostoru mezi rezervací Ankarana a NP Montagne d'Ambre. Jedná se o produkt třetihorního vulkanismu, vzdáleně připomínající zmenšeninu Českého středohoří.

kilometr severně od osady Antanandava (16.121086° J.Š., 45.472412° V.D.), byly v polohách třetihorních vápenců objeveny další minerály. Jednalo se o stejný typ mineralizace jako v prvně popisovaném případě. Na horninových vrstvách a v puklinách byly velice hojně amorfní formy oxidu křemíku, zejména chalcedony, nedokonale vyvinuté acháty a také karneoly. Chalcedon tvoří základní modrošedá hmota připomínající barvou české acháty z Nové Paky. Na některých vzorcích je patrná achátová kresba. Vnitřek dutin a geod vyplňuje hladká až jemnozrná modravá či bílá vrstva chalcedonu či kašolongu, místy s drobnými krystalky křemene. Karneol je tmavě červený s fialovým nádechem.

Přímo v parku Baie de Baly měli účastníci expedice možnost seznámit se s velice primitivní, leč efektivní výrobou soli. Přibližně 2 kilometry východně od osady Baly se nachází rozlehlá planina se zasolenou půdou (16.075160° J.Š., 45.265955° V.D.), pravděpodobně jde o terénní depresi dotovanou podzemním průsakem mořské vody z nedalekého Indického oceánu. Toho místní obyvatelé intenzivně využívají. Na několika místech jsou vyhloubeny okrouhlé jámy, kde se hromadí slaná voda. Tu Malgaši vybírají a nalévají ji do rezervoárů tvořených mělkou prohlubní vystlanou plastovým pytlím. Voda se postupně vypaří a na fólii zůstává hrubě krystalizovaná ale překvapivě čistá sůl. Podle sdělení místních je výnos z jedné dávky až 8 kg soli.

Další geologické nálezy byly učiněny v okolí jezera Kinkony, poblíž vesnice Marofandroboka (16.099287° J.Š., 45.848667° V.D.). Širší okolí jezera je tvořeno třetihorními vápenci, které vytváří na březích jezera 1 – 2 metry vysoké erozní stěny tvořené žlutavým rozpadavým karbonátovým materiálem. V něm byly objeveny velmi dobře zachovalé schránky fosilních ústřic. Byly rozpoznány nejméně dva druhy, první představuje srpkovitě zahnuté schránky o délce 3 cm, připomínající druhohorní ústřice ze skupiny *Arctostrea*. Druhým typem jsou podstatně větší schránky délky 9 cm, tyto exempláře se dosud taxonomicky nepodařilo zařadit především proto, že v širším okolí jezera Kinkony nebyly v minulosti prováděny žádné paleontologické průzkumy.

Během cesty z Mahajangy do NP Ankarafantsika, dalšího cíle expedice, bylo možné po obou stranách komunikace pozorovat intenzivní půdní erozi. Na celém Madagaskaru se jedná o velký problém, způsobený rychlým odlesňováním krajiny za účelem získání zemědělské půdy. Především v centrální pahorkatinné části ostrova jsou svahy po odlesnění velmi náchylné k odnosu půdy. Nejrozšířenějším půdním typem Madagaskaru a tropických oblastí celkově jsou tzv. laterity, tedy červené půdy bohaté na oxidy železa a hliníku, často velmi bohaté na jílové minerály. Pokud dojde k odlesnění, při prudkých srážkách v období dešťů je půda splavována do nížin obrovskou rychlostí a silou, která je schopná za několik sezón vytvořit erozní roklí, na Madagaskaru nazývanou lavaka, v rozměrech desítek až stovek metrů. Sanace takovýchto srúží je samozřejmě velmi finančně nákladná a proto se bohužel takřka nikde neřeší (Tassin, 1995).

V Ankarafantsice se nachází jedna z největších erozních srúží s názvem Ankarokaroka (16.298365° J.Š., 46.839762° V.D.). Ta se se svou hloubkou několika set metrů a délkou více jak kilometr stala oblíbenou turistickou destinací. Na velmi hlubokém profilu je zde možné pozorovat podloží tvořené jurskými vápenci, nad nimi ležící mocné souvrství spraší s vápnitými, železitými a manganovými konkrénci. Zcela nahoře se nachází několik metrů mocné souvrství velice jemnozrných a sypkých lateritů. Podle čerstvých sesuvů je tato lavaka jistě ještě aktivní a bude se dále zařezávat do terénu.

Na ostrově Nosy Be, kde expedice navštívila rezervaci Lokobe, byl zastižen výskyt další geomorfologické zajímavosti – pobřežní písky tvořené ostrohrannými úlomky lávy a sopečného skla, tzv. černé písky. Tento materiál, často s velmi vysokým obsahem těžkých minerálů (granát, topaz, safír), je typický pro pobřeží vulkanických ostrovů na celém světě. Některé typy černých písků jsou silně feromagnetické díky vysoké koncentraci magnetitu, díky čemuž mohou být využívány jako technologická surovina. Podobné sopečné písky se nacházejí například na úpatí havajské sopky Mauna Loa, v Kalifornii či v deltě Nilu (El-Hinnawi a kol. 1989). Písek na této

lokalitě měl průměrnou zrnitost 0,5-1,5 mm, temně černou barvu a vytvářel nevelké duny v jižní části ostrova Nosy Komba, několik kilometrů JJV od Nosy Be (13.443010° J.Š., 48.342805° V.D.). Magnetické vlastnosti nalezeného materiálu nebyly zkoumány.

Paleontologicky velmi zajímavé je okolí osady Berivotra při cestě z Mahajangy do NP Ankarafantsika, 6 km SV od Marovoay (15.899241° J.Š., 46.583088° V.D.). Geologické podloží širokého okolí je zde tvořeno druhohorními vápenci a pískovci. Tyto vrstvy budují mocný komplex souvrství v podobě oblouku na obou stranách delty řeky Betsiboka, přičemž celý komplex se nazývá pánev Mahajanga (Mahajanga Basin). Jedná se o sedimentační prostor, který svým vznikem vzdáleně připomíná např. Českou křídovou tabuli. Přesné stáří hornin je datováno do přelomu svrchní křídly až spodního paleocénu, stupňů campan - dan (cca. 75 – 60 mil. let). Z hlediska stratigrafie leží zcela vespodu tzv. souvrství Macvarano, jehož písčité sedimenty mají terestrický až fluvialní původ. Tyto pískovce jsou překryty z hlediska geneze již kompletně mořskými sedimenty souvrství Berivotra. Zde se jedná převážně o karbonátové klasty až vápence. Zcela nahoře v profilu leží vápence Betsiboka, které mají již spodnopaleocenní stáří. Na rozdíl od českého sedimentačního profilu zde tedy moře setrvalo až do třetihor (Rogers a kol. 2000). Všechny tyto vrstvy jsou známy hojným výskytem křídových obratlovců, zejména ryb, paryb, ale i plazů včetně dinosaurů. Existuje zde řada skalních výchozů, ze kterých bylo popsáno několik desítek velkých plazů, převážně endemických (*Mahajangasuchus*, *Masiakasaurus*, *Majungasaurus* aj.). Na detailní sběry v regionu nezbyl při přesunu expedice čas, nicméně přímo v Berivotře je instalována malá expozice obrazových tabulí určená pro poučení projíždějících turistů. Když zde expedice zastavila, z palmových přístřešků v okolí se začali scházet Malgaši nabízející své nálezy k prodeji. Z jejich chování bylo zřejmé, že prodejem zkamenělin se snaží intenzivně přivydělat. Když viděli zájem, původně jen sáčky se žraločími zuby se záhy změnily v malé úlomky plazích kostí a vrcholem byl starý Malgaš, který přinesl špinavý pytel plný dinosaurůch obratlů o rozměrech až několik desítek cm. V nabízeném fosilním materiálu převažovaly velmi pěkné ústřice ze skupiny *Alectryonia*, blíže neurčení mlži a brachiopodi, dále kalcifikované obratle ryb, zuby paryb – konkrétně žraloků a rejnoků, unikátní byly obratle malých a velkých plazů. Vedle fosilií bylo v prodávaném materiálu rozpoznáno několik úlomků barytu.

Malgaši byli přístupní ke smlouvání a celý pytel dinosaurůch kostí bylo možné získat za neuvěřitelných 150 000 ariary, tedy 1500 Kč. K vývozu takovýchto přírodnin je však třeba získat povolení místních úřadů ochrany přírody (Office national pour l'environnement), proto byla pořízena jen malá kolekce čítající celkem 8 exponátů včetně jednoho dinosaurůho obratle, pocházejícího zřejmě z koncových ocasních partií blíže neurčeného druhu.

Ojedinelým geomorfologickým jevem jsou tsingy. Pod tímto malgašským výrazem který lze přeložit jako „ostrý“ se označuje specifický typ vápencového krasového reliéfu, tzv. tower nebo také pinnacle carst, v podobě vysokých, ostrohranných a intenzivně rozbrázděných skalních věží. Vedle Madagaskaru je možné podobné krasové tvary spatřit jen na několika málo místech světa. S tsingami měla expedice Baobab 2006 možnost se seznámit v rezervaci Ankarana (12.916234° J.Š., 49.125684° V.D.). Zdejší reliéf je produktem dlouhodobého erozního procesu. Jejich geneze byla započata přibližně ve střední juře, kdy se probouzel kontinentální rift mezi Afrikou deskou a Indickou subdeskou spolu s Madagaskarem. Odkrytí horninového podloží nastartovalo rýžkovou vodní erozi, která postupně vymodelovala velmi ostré žlábků, kanálků až škrapy. Zajímavostí Ankarany je rovněž přítomnost vulkanických hornin, které jsou produktem efuzivního vulkanismu v mladších třetihorách, konkrétně v pliocénu (Rogers, 1997). S tsingami je možné se na Madagaskaru setkat i na dalších lokalitách, například v NP Tsingy de Namoroka či NP Bemaraha, nicméně už Ankarana se svým 100-200 metrů vysokým skalním cimbuřím je velmi monumentální.

Zajímavostí rezervace jsou rozsáhlé podzemní systémy. Tvoří je rozsáhlá síť rozměrných chodeb a dóků, řada z nich je trvale, nebo alespoň v období dešťů, zaplavená. Je zde možné nalézt takřka

všechny formy krasových makro i mezoforem, jako jsou závrt, ponory, vývěry atd. Za objevitele je považován Coquet a kol. (1962), dnes je známo více jak 100 kilometrů průchodných prostor. Řada z těchto jeskyní hostí jedinečnou jeskynní faunu, členové expedice měli možnost pozorovat několik druhů netopýrů, sklípkanů, jeskynní cvrčky, pouze v místních jeskyních byly v minulosti objeveny slepé rybky *Glossogobius ankaranensis*, v několika jeskyních dokonce žijí i krokodýli (Banister 1994). Expedici se podařilo navštívit několik z těchto jeskyní, konkrétně Netopýří j., jeskyni Andrafiabe (12.931674° J.Š., 49.064430° V.D.) a několik dalších, zřejmě bezejmenných.

Další geologickou, resp. geomorfologickou zajímavostí při trase expedice byl kuželovitý útvar 1 km jižně od osady Manongarivo (12.828068° J.Š., 49.256036° V.D.), přibližně ve třetině cesty mezi Ankaranou a NP Montagne d'Ambre. Tento objekt ležící cca 200 metrů od silnice upoutá již na první pohled svým neobvyklým vzhledem, tvarově připomínajícím takřka pravidelný, utatý kužel ne nepodobný násypnému kuželu hlušiny po těžbě. Vrchol leží v nadmořské výšce 506 m n. m. a nad terén vyčnívá přibližně o 100 metrů. Vznik kužele je podmíněn geologickou situací regionu. V linii JZ-SV zde probíhá jižní hranice pánve Ambilobe (Ambilobe Basin). Dále na jih od této hranice se nachází druhohorní vápence, stejné jako v Ankaraně, severně pak vystupuje masiv čedičových láv třetihorního stáří. Právě vulkanická činnost, která vrcholila ve středním miocénu před devíti mil. let, zapříčinila vznik unikátního sopečného pohoří Montagne d'Ambre s řadou vyhaslých kráterů, vysokých vodopádů a ostrých hřbetů (Andriamirado a kol., 1970).

Na okraji působení tlaku magmatu, tam kde již nedocházelo k typickým sopečným explozím, došlo ke vzniku klidnějších vulkanických útvarů, zejména tzv. vytačných kup a lakolitů, tedy hříbovitých podpovrchových vulkanických útvarů. Popisovaný vrchol je typickou vulkanickou kupou tvořenou alkalickým čedičovým materiálem, který pronikl k zemskému povrchu a utuhl buď v hloubce několik stovek metrů, nebo při klidném vytačení chladnějšího polotuhého magmatu do podoby nadzemního kužele (Rufer a kol. 2006). Je zde možné nalézt velmi blízkou paralelu s vulkanickými projevy alpského vrásnění v severních Čechách, zejména v okolí Lounského středohoří. Kopce jako například Raná, Milá či Oblík mají velmi podobný původ. Rovněž se jedná o vulkanické lakolity, jejich stáří je o něco vyšší, nicméně i zde se vznik datuje do třetihor.

Na konci expedice po návratu do Antananariva se několika účastníkům týmu podařilo navštívit prodejní výstavu minerálů v prostoru před hlavním železničním nádražím. Vstupné bylo velmi nízké - 200 Ar (2 Kč). Vystavovány byly především řezané, broušené a jinak šperkařsky upravené polodrahokamy a drahé kameny z celého ostrova. Po dlouhém smlouvání se podařilo zakoupit tři řezy krystalu tzv. melounového turmalínu. Tato odrůda jinak poměrně běžného nerostu patří k velmi vzácným madagaskarským unikátům. Oproti klasickým minerálům turmalínové řady, které mají v celém svém objemu stejnou, nejčastěji černou barvu (skoryl), případně hnědou (dravit), růžovou (rubelit), modrou (indigolit), zelenou (verdelit) či čirou (achroit), melounový turmalín je tvořen dvěma odrůdami – převládá elbait a akcesoricky se přidává liddicoatit. Výsledkem je krystal, který má povrch tmavě až trávově zelený a směrem do centra se barva mění na červenou až červenofialovou, jako u cukrového melounu (Hawthorne, Henry 1999). Tyto nálezy pochází z okolí Antsirabe v centrálním Madagaskaru.

Závěr

Ačkoli probíhal geologický průzkum v rámci expedice Baobab 2006 takřka za pochodu, bylo zaznamenána řada zajímavostí, které by si zasluhovaly bližší pozornost. Na první pohled je zřejmé, že označení Madagaskaru za sen všech geologů není v žádném případě nadsazeno. Nachází se zde velké množství bohatých lokalit dosud nepostihnutých antropogenní činností včetně působení geologů – sběratelů. V oblasti výskytu pozůstatků velkých druhohorních plazů může být problém v prodeji

zkamenělin jakožto suvenýrů turistům, ale díky stále ještě malému množství zahraničních návštěvníků jsou tyto aktivity stále jen marginální a řada lokalit je dosud ušetřena. Jaká bude budoucnost, ukáže čas a také směr národní politiky Madagaskaru.

Literatura

- Amadon D. (1947): An estimated weight of the largest known bird. - *The Condor*, **49**:159-164
- Andriamirado R. a kol. (1970): Sur l'aimantation de quelques laves de la montagne d'Ambre (nord de Madagascar). - *Soc. Geol. Fr., C. R.*, **8**: 299-300, sketch map.
- Banister K. E. (1994): Glossogobius ankaranensis, a new species of blind cave goby from Madagascar (Pisces: Gobioidae: Gobiidae). - *Aqua, Journal of Ichthyology and Aquatic Biology* **1**: 25-28.
- Coquet G., Karche J. P., de Saint Ours J. (1962): Phenomenes d'allure karstique dans les quartzites de l'Ibity. - *Madagascar revue de geographie*, **1**: 123-126.
- Du Puy D. J., Moat J. (2003): Using Geological Substrate to Identify and Map Primary Vegetation Types in Madagascar and the Implications for Planning Biodiversity Conservation. - In Goodman S. M., Benstead J. P. (eds.): *The Natural History of Madagascar*. The University of Chicago Press, 1728 pp.
- El-Hinnawi E., Niazi E., Samy Y. (1989): Characteristics of some heavy minerals from Egyptian black sands. - *Journal of Islamic Academy of Science*, **2/2**: 147-152.
- Flynn J. J., Wyss A. R. (2003): Mesozoic Terrestrial Vertebrate Faunas: The Early History of Madagascar's Vertebrate Diversity. - In Goodman S. M., Benstead J. P. (eds.): *The Natural History of Madagascar*. The University of Chicago Press, 1728 pp.
- Funk H. (1975): The origin of authigenic quartz in the Helvetic Siliceous Limestone (Helvetischer Kieselkalk). - *Switzerland Sedimentology*, **22 (2)**: 299-306.
- Hawthorne F. C., Henry D. J. (1999): Classification of the minerals of the tourmaline group. *European Journal for Mineralogy*, **11**: 201 - 215.
- Krause D. W., O'Connor P. M., Rogers K. C., Samson S. D., Buckley G. A., Rogers R. R. (2006): Late cretaceous terrestrial vertebrates from Madagascar: Implications for Latin American biogeography. - *Ann. Missouri Bot. Garden*, **93**: 178 - 208.
- Kappeler P. M. (2000): Lemur Origins: Rafting by Groups of Hibernators? - *Folia Primatologica*, **71**: 422-425.
- Marivaux L., Welcomme J.-L., Antoine P.-O., Métais G., Baloch I. M., Nenajmi M., Chaimanee Y., Ducrocq S., Jaeger J.-J. (2001): A Fossil Lemur from the Oligocene of Pakistan. - *Science*, **294/5542**: 587 - 591.
- Rogers B. W. (1997): Karst and caves of Madagascar. - *Cavers Digest* 5437, topic 5. Online z <<http://www.caversdigest.com>>.
- Rogers R. R., Hartman J. H., Krause D. W. (2000): Stratigraphical Analysis of Upper Cretaceous Rocks in Mahajanga Basin, Northwestern Madagascar: Implications for Ancient and Modern Faunas. - *The Journal of Geology*, **108**: 275-301.
- Rufer D., Schreurs G., Berger A., Gnos E., Villa I. (2006): Cenozoic alkaline volcanism in central Madagascar in the context of intracontinental rifting. - In: *4th Swiss Geoscience Meeting*, Bern.
- Tassin J. (1995): L'homme gestionnaire de son milieu face a l'érosion en lavaka du lac Alaotra (Madagascar). - *Réseau Erosion - Bulletin*, **15**: 340-344.
- Thierry S. (1961): *Madagascar*. - Éditions du Seuil. Guide book. 192 p.
- Yager T. R. (2005): The Mineral Industry of Madagascar. - In: *U.S. Geological Survey Minerals Yearbook*, chapter 26, 4 pp.
- Yoder A. D., Yang Z. (2004): Divergence dates for Malagasy lemurs estimated from multiple gene loci: geological and evolutionary context. - *Molecular Ecology*, **13**: 757 - 773.