



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-19-0065

Petrologicko-geochronologický záznam riftogenézy a kôrovo-plášťovej recyklácie v orogénnej prizme Západných Karpát

Zodpovedný riešiteľ **prof. RNDr. Marián Putiš, DrSc.**

Príjemca **Univerzita Komenského v Bratislave - Prírodovedecká fakulta**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Hlavný riešiteľ: Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra mineralógie, petrológie a ložiskovej geológie

Spoluriešiteľ: Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Fakulta prírodných vied, Katedra geografie a geológie

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

University of Münster, Institut of Mineralogy, Münster, Germany

University College Dublin, Trinity College, Institute of Geology, Dublin, Ireland

Czech Academy of Sciences, Geological Institute, Prague, Czech Republic

Charles University of Prague, Faculty of Natural Sciences, Prague, Czech Republic

Chinese Academy of Sciences, Institute of Geology and Geophysics, Beijing, China

University of Tuzla, Faculty of Mining, Geology and Civil Engineering, Department of Mineralogy and Petrology, Tuzla, Bosnia and Herzegovina

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Tento typ výsledkov projekt nepriniesol.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

Balen, D., Schneider, P., Massonne, H.-J., Opitz, J., Luptáková, J., Putiš, M., Petrinc, Z., 2020: The Late Cretaceous A-type alkali-feldspar granite from Mt. Požeška Gora (N Croatia): Potential marker of fast magma ascent in the Europe–Adria suture zone. *Geologica Carpathica* 71, 4 (August), 361–381.

Nemec, O., Putiš, M., Bačík, P., Ružička, P., Németh, Z., 2020: Metamorphic Conditions of Neotethyan Meliatic Accretionary Wedge Estimated by Thermodynamic Modelling and Geothermobarometry (Inner Western Carpathians). *Minerals* 10 (December), 1094; doi:10.3390/min10121094

Ondrejka M., Uher P., Putiš M., Kohút M., Broska I., Larionov A., Bojar A.-V., Sobocký T., 2021: Permian A-type granites of the Western Carpathians and Transdanubian regions: products of the Pangea supercontinent breakup. *International Journal of Earth Sciences*, 110, 21–33. <https://doi.org/10.1007/s00531-021-02064-2>

Spišiak J., Vozárová A., Vozár J., Ferenc Š., Šimonová V., Butek, J., 2021: Implication of Mineralogy and Isotope Data on the Origin of the Permian Basic Volcanic Rocks of the

Hronicum (Slovakia, Western Carpathians). *Minerals* 2021, 11, 841
<https://doi.org/10.3390/min11080841>

Farsang S., Pekker P., Lampronti G., Molnár Z., Miloský R., Pósfai M., Ozdín D., Raub T. D., Redfern S. A. T., 2021: Inclusions in calcite phantom crystals suggest role of clay minerals in dolomite formation. *American Mineralogist* <https://doi.org/10.17863/CAM.72461>

Abdelfadil K.M., Mahdy N.M., Ondrejka M., Putiš M., 2021: Mineral chemistry and monazite chemical Th–U–total Pb dating of the Wadi Muweilha muscovite pegmatite, Central Eastern Desert of Egypt: constraints on its origin and geodynamic evolution relative to the Arabian Nubian Shield. *International Journal of Earth Sciences* <https://doi.org/10.1007/s00531-021-02152-3>

Putiš M., Nemec O., Danišík M., Jourdan F., Soták J., Tomek Č., Ružička P., Molnárová A., 2021: Formation of a Composite Albian–Eocene Orogenic Wedge in the Inner Western Carpathians: P–T Estimates and ⁴⁰Ar/³⁹Ar Geochronology from Structural Units. *Minerals* 11, 988. (5,2 AH) <https://doi.org/10.3390/min11090988>

Jeleň S., Ferenc Š., 2021: Mikroskopia rudných minerálov (VŠ učebnica). Banská Bystrica, Belianum – vydavateľstvo Univerzity Mateja Bela, 190 s. ISBN 978-80-557-1934-4.

Butek J., Grégoire M., Spišiak J., Duchene S., Kopáček R., 2022: On the origin of vesuvianite-rich rodingites from the Western Carpathians, Slovakia. *Lithos* 432–433, 106902. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2022.106902>

Ondrejka M., Molnárová A., Putiš M., Bačík P., Uher P., Voleková B., Milovská S., Mikuš T., Pukančík L., 2022: Hellandite-(Y)–hingganite-(Y)–fluorapatite retrograde coronae: a novel type of fluid-induced dissolution–reprecipitation breakdown of xenotime-(Y) in the metagranites of Fabova Hoľa, Western Carpathians, Slovakia. *Mineralogical Magazine* 86, 586–605. <https://doi.org/10.1180/mgm.2022.7>

Spišiak J., Vetráková L., Chew D., Ferenc S., Šimonová V., Butek J., Mikuš T., 2022: Permian lamprophyres from the Western Carpathians: a review. *Geological Society Special Publication* 513, 1, 297–321. <https://doi.org/10.1144/SP513-2020-237>

Putiš M., Nemec O., Ustalić S., Babajić E., Ružička P., Koller F., Kurylo S., Katanić P., 2022: Mineralogical-Petrographical Record of Melt-Rock Interaction and P–T Estimates from the Ozren Massif Ophiolites (Bosnia and Herzegovina). *Minerals* 2022, 12, 1108. <https://doi.org/10.3390/min12091108>

Abdelfadil K.M., Gehad M., Saleh G.M., Putiš M., Sami M., 2022: Mantle source characteristics of the late Neoproterozoic post-collisional gabbroic intrusion of Wadi Abu Hadieda, north Arabian-Nubian Shield, Egypt. *Journal of African Earth Sciences* 194 104607. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2022.104607>

Abdelfadil K.M., Mahdy N.M., Ondrejka M., Putiš M., 2022: Mineral chemistry and monazite chemical Th–U–total Pb dating of the Wadi Muweilha muscovite pegmatite, Central Eastern Desert of Egypt: constraints on its origin and geodynamic evolution relative to the Arabian Nubian Shield. *International Journal of Earth Sciences* 111, 823–860. <https://doi.org/10.1007/s00531-021-02152-3>

Gavryliv L., Ponomar V., Bermanec M., Putiš M., 2022: The taxonomy of mineral occurrence rarity and endemism. *The Canadian Mineralogist* 60, 731–758. <https://doi.org/10.3749/canmin.2200010>

Putiš M., Scherer, E.E., Nemec, O., Ackerman, L., Ružička, P., 2023: Geochemistry, Lu–Hf garnet ages, and P–T conditions of blueschists from the Meliatic and Fatric nappes, Western Carpathians: Indicators of Neotethyan subduction. *Geosystems and Geoenvironment* 2, 100150. <https://doi.org/10.1016/j.geogeo.2022.100150>

Gavryliv L., Ponomar V., Putiš M., 2023: Classifying minerals and their related names in a relational database. *Mineralogical Magazine* 87(3), 480–493. DOI: 10.1180/mgm.2023.23

Ponomar V., Gavryliv L., Putiš M., 2023: The spatial and temporal evolution of mineral discoveries and their impact on mineral rarity. *American Mineralogist* 108(8), 1483–1494. DOI: 10.2138/am-2022-8491

Butek, J., Dufourcau, D., Duchene, S., Laurent, O., Grégoire, M., Spišiak, J., 2023: A petrochronological study of Fe-Ti oxides in rodingites of the Western Carpathians, Slovakia. *Lithos* 460–461, 107393. <https://doi.org/10.1016/j.lithos.2023.107393>

Ondrejka, M., Uher, P., Ferenc, Š., Majzlan, J., Pollok, K., Mikuš, T., Milovská, S., Molnárová, A., Škoda, R., Kopáček, R., Kurylo, S., Bačík, P., 2023: Monazite-(Gd), a new Gd-dominant mineral of the monazite group from the Žimná Voda REE–U–Au quartz vein, Prakovce, Western Carpathians, Slovakia. *Mineralogical Magazine* 87, 568–574.

<https://doi.org/10.1180/mgm.2023.37>

Ondrejka, M., Uher, P., Ferenc, Š., Milovská, S., Mikuš, T., Molnárová, A., Škoda, R., Kopáček, R., Bačík, P., 2023: Gadolinium-dominant monazite and xenotime: Selective hydrothermal enrichment of middle REE during low-temperature alteration of uraninite, brannerite, and fluorapatite (the Zimná Voda REE-U-Au quartz vein, Western Carpathians, Slovakia). *American Mineralogist* 108, 754–768. DOI: <https://doi.org/10.2138/am-2022-8418>

Demko, R., Putiš, M., Li, Q.-L., Chew, D., Ackerman, L., Nemec, O., 2023: Miocene Volcanism in the Slovenský Raj Mountains: Magmatic, Space, and Time Relationships in the Western Carpathians. *Minerals* (in press) 2024, 14, 9. <https://doi.org/10.3390/min14010009>

Published on-line: 19 December 2023

Putiš, M., Nemec, O., Li, Q.-L., Li, X.-H., Ling, X., Ivan, P., Németh, Z., Ackerman, L., Spišiak, J., Ondrejka, M., Siman, P., Demko, R., Madarás, J., Ružička, P., Sobocký, T., 2023: Zircon ages and geochemistry of metamafic complexes from the Variscan suture zones of the West-Carpathian basement: Indicators of northern Gondwana breakup and collision events. 5th Bohemian Massif Symposium, June 7–10th, 2023, Smolenice, Slovakia. Book of Abstracts, VEDA, Publishing House of the Slovak Academy of Sciences, 25–27.

Uplatnenie výsledkov projektu

Na univerzitách prírodovedného typu doma a v zahraničí, k predmetom v rámci vedných odborov a študijných programov Vied o Zemi a Environmentálne vedy. Pre medzinárodné vedecké korelačné programy na rekonštrukciu proto-, paleo- a neo-tetýdy.

Vo výskumných ústavoch SAV týkajúcich sa geovied. Podklady na praktické úlohy Štátneho geologického ústavu Dionýza Štúra v Bratislave v oblasti základného aj aplikovaného výskumu, ako aj pre inštitúcie národných parkov.

Za aplikovaný výsledok neekonomického významu považujeme vývoj vlastného softvéru na spracovanie mega-dátových súborov v mineralógii, petrológii, geochemii a izotopovej geochronológii s napojením na svetové databázy typu Min-Dat.

Priamy ekonomický význam priniesli výsledky projektu z riftogénnych gabier a granitov v južnom Egypte (Aswan) potvrdením až perspektívnych ložiskových výskytov hornín a ich minerálov obohatených o kritické kovy (REE, Au, Cu, Mo). Podobne v oblasti skúmaných ofiolitových masívov Dinaríd v Bosne a Hercegovine boli zistené zóny s chromitovou mineralizáciou v dunách ako zdroj Cr. V súčasnosti pokračuje ložiskový prieskum na tieto suroviny.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Skúmané riftogénne komplexy rôzneho veku obsahujú bázičné horniny odvodené z plášťových a kôrových zdrojov na základe štúdia chemizmu minerálov a hornín a izotopovej geochemie. Kyslé členy sú prevažne kôrového pôvodu. Ich vek bol určený metódami izotopovej geochronológie. P-T podmienky ich vývoja sa určili termodynamickým modelovaním. Rekonštruoval sa model vývoja proto- a paleotetýdnych riftogénnych zón staropaleozoického fundamentu Západných Karpát s koreláciou Austro-Alpinika. Reliktom prototetýdy je spodnokôrový amfibolitový komplex ordovického veku. Zvyšky paleotetýdnych devónskych oceánskych bazénov sa nachádzajú v perneckom komplexe tatrika, ako aj v rakovecko-klátovskom komplexe gemerika. Ich zatvorením a kolíziou Gondwany (Afriky) a Laurentie (Európy) vznikol super-kontinent Pangea. Permské vulkanity pohoria Velence v Maďarsku a granity A-typu gemerika a veporika, vulkanity hronika, lamprofýry tatrika sú produktom permskej riftogenézy pri rozpade Pangei. Sprievodnú kôrovo-plášťovú recykláciu predstavuje vzácno-prvková (REE-Au) hydrotermálna mineralizácia v aureolách gemerických granitov. Výsledkom neotetýdnej riftogenézy je triasový oceánsky komplex meliatika, ktorý zanikol subdukciou koncom jury. Termodynamickým modelovaním sa určili metamorfné P-T podmienky subdukcie vo fácií modrých bridlíc. Zvyšky triasovej neotetýdy sme datovali aj v jurských ofiolitoch Dinaríd. Kriedovú etapu riftogenézy sme charakterizovali na príklade alkalických bazaltov mezozoických komplexov. Miocénne dajky subalkal. bazaltov a doleritov v triasových sedimentoch silického prikrovu naznačujú intrakontinentálnu riftogenézu kenozoickej mikroplatne ALCAPA (Alps-Carpathians-Pannonia). Ciele sa splnili.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

Investigated riftogenic complexes of the different ages contain basic rocks derived from the mantle and crustal sources according to their mineral- rock- and isotopic geo-chemistry. The acidic members are mainly of crustal origin. Their ages were detected by various isotopic geochronology methods. Reconstructed models of Proto- and Paleo-Tethyan riftogenic zones from the Western Carpathians Early Paleozoic basement was correlated with the Austro-Alpinicum. The Ordovician lower crustal amphibolite complex is a relict of Proto-Tethys. The Devonian Tatric Pernek and Gemeric Rakovec-Klátov complexes are the remnants of Paleo-Tethys. These basins closure and the collision of Gondwana (Africa) and Laurentia (Europe) led to the formation of super-continent Pangea. The products of Permian riftogenesis and Pangea breakdown are Permian volcanics in Velence Mountains (Hungary), A-type granites of Gemericum and Veporicum, volcanics of Hronicum, and lamprophyres of Tatricum. Rare-earth element-Au mineralization of Gemericum resulted from inferred crust-mantle recycling and the granite related hydrothermal activity. The Neo-Tethyan riftogenesis is represented by the Triassic ophiolites of Meliaticum. The Neo-Tethys Ocean demised in Late Jurassic and the subduction blueschist-facies conditions were estimated by the thermodynamic modelling. The Triassic Neo-Tethys remnants were also found and first time dated in the Dinaridic Jurassic ophiolites. Cretaceous riftogenesis was characterized from Mesozoic alkaline basalts. Miocene dykes of subalkal. basalts and dolerites in Triassic sediments of the Silica Nappe suggest intracontinental riftogenesis of Cenozoic ALCAPA (Alps-Carpathians-Pannonia) microplate. The goals are fulfilled.