

ESEMESTNÍK



mém6smX_1mĕmNĕmXsmĕm6mx Ďm(yxOkm(mxmX smĕmXOĕyZk_mĕ ĩnxmNkm¼mxm6mĕmxm(y kyáyyä

Peter Ba ík

datum	názov konferencie	miesto konania
25. – 29. 7.	Annual Meeting of the American Crystallographic Association	Philadelphia, USA
26. – 29. 7.	Granulites and Granulites 2015	Windhoek, Namíbia
27. – 31. 7.	Annual Meeting of the Meteoritical Society	Berkeley, USA
2. – 6. 8.	Microscopy & Microanalysis 2015	Portland, USA
2. – 7. 8.	20 th American Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ACCGE-20)	Big Sky, USA
8. – 14. 8.	Geoanalysis Conference	Leoben, Rakúsko
16. – 20. 8.	250 th ACS National Meeting & Exposition	Boston, USA
16. – 21. 8.	2015 Goldschmidt Conference	Praha, R
23. – 28. 8.	29 th Meeting of European Crystallographic Association (ECM29)	Rovinj, Chorvátsko
24. – 27. 8.	SGA 13 th Biennial Meeting	Nancy, Francúzsko
9. – 11. 9.	8th European Conference on Mineralogy and Spectroscopy (ECMS 2015)	Rím, Taliansko
20. – 25. 9.	8th Hutton Symposium on Granites and Related Rocks	Florianópolis, Brazília
21. – 25. 9.	11th meeting on Applied Isotope Geochemistry (AIG 11)	Orléans, Francúzsko
13. – 16. 10.	XII General Meeting of the Russian Mineralogical Society	Sankt Petersburg, Rusko
14. – 17. 10.	Otvorený kongres české geologické spoločnosti a Slovenskej geologickej spoločnosti	Mikulov, R
9. – 13. 11.	Short Course „Introduction to Secondary Ion Mass Spectrometry in the Earth Sciences“	Potsdam, Nemecko

m5eEmxmĕmüm|mĕk smxm6mx Ďm(wĕnk y mäüeyZy k mä6mxyZsmXmĕ(sm k em(e_wmNĕk yZĕy_k ĩ n
Dytmĕümĕ

Stanislava Milovská, Tomáš Mikuš, Jarmila Luptáková, Rastislav Milovský, Radovan Kyška-Pipík, Adrian Biro, Juraj Šurka a Martina Sýkorová

V rokoch 2012-2015 sme v rámci troch projektov Európskych štrukturálnych fondov zriadili pracovisko Geologického ústavu SAV v Banskej Bystrici modernou prístrojovou technikou. Cieľom vybudovania nových laboratórií bolo sprístupnenie a doplnenie možností moderných analytických metód našej vedeckej verejnosti v geológii a príbuzných odboroch. Týmto príspevkom ponúkame prehľad metód, ich možností a nárokov na prípravu vzoriek.

svetla. Elektronový mikroskop je vybavený detektormi na ich zachytenie:

- sekundárne elektróny (SE). Pomocou SE skúmame povrch vzorky. Majú nízku energiu a sú uvoľnené z veľkej hĺbky. Využívame ich na štúdium povrchu vzorky, morfológiu astíc, identifikáciu mikrofosílií atď. (obr. 1, 2). Pre tento typ štúdií je vhodné preparáty naparovať zlatom.

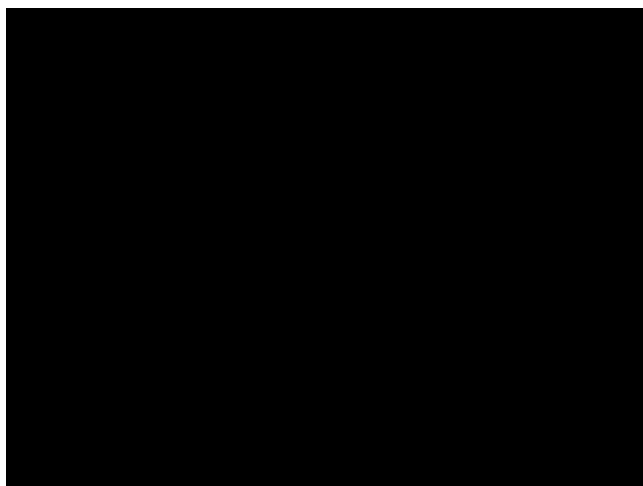
m5eEmxmĕmüm|mĕk sm6sm(mümĕ|mXmxyZsm kmNĕ(mĕmXSEĕmĕkyšyšy

Laboratórium SEM (scanning electron microscopy) je vybavené elektronovým mikroskopom JEOL JSM-6390LV. Študujeme leštené výbrusy, nábrusy alebo vyseparované preparáty (do veľkosti niekoľko cm). Vodivý povrch vzoriek je zabezpečený vákuovým naparením tenkej uhlíkovej alebo zlatej vrstvy, pokovovacia je k dispozícii. Základným princípom prístroja je bombardovanie vzorky zväzkom urýchlených elektrónov. Pri interakcii elektrónového lúča so vzorkou dochádza k emisii sekundárnych elektrónov, spätno rozptylených elektrónov, röntgenového žiarenia a viditeľného

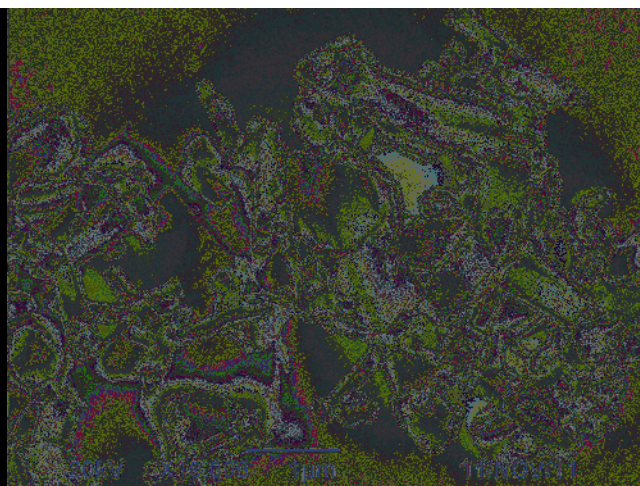
- spätno rozptylené elektróny (BSE). Obrazy tvorené spätno rozptylenými elektrónmi predstavujú zjednotenú predstavu o chemickom zložení vzorky. Generujú sa z veľkej hĺbky. Ich intenzita závisí od chemického zloženia – čím vyššie atómové číslo, tým jasnejší obraz. Pomocou BSE skúmame zonalitu minerálov, vzájomnosť jednotlivých minerálnych fáz, ich distribúciu (obr. 3, 4).

- charakteristické röntgenové žiarenie, ktorého energiu využíva energiovo-disperzný systém EDS, slúžiaci na rýchlu identifikáciu chemických prvkov (obr. 5). Elektronový mikroskop je vybavený EDS detektorom OXFORD Instruments INCA x-act.

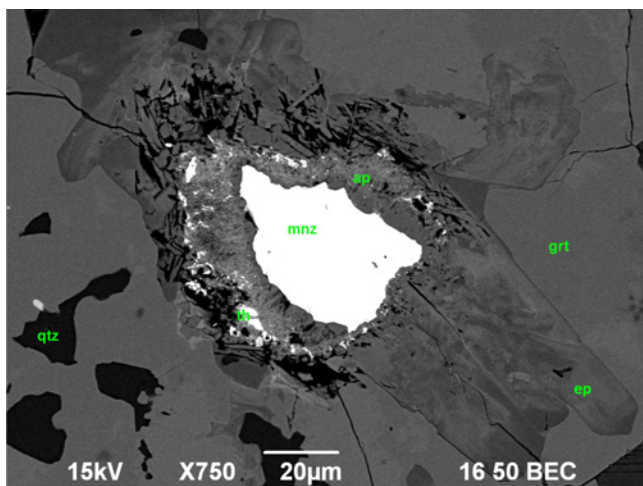
Geologický ústav SAV, pobočka Banská Bystrica, Ľubíčovská 1, Banská Bystrica; milovska@savbb.sk



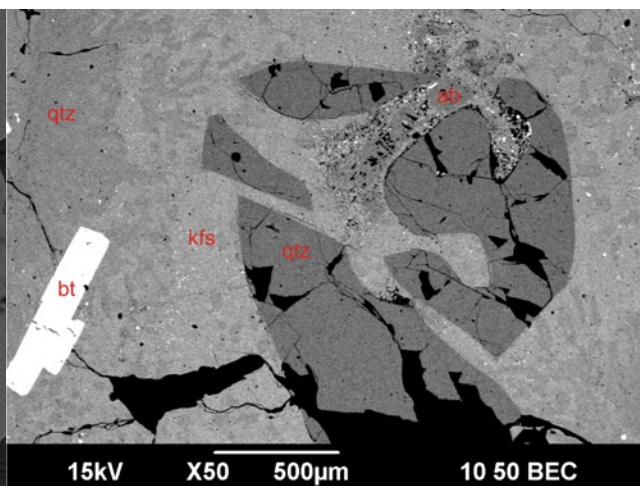
Obr. 1: Mikrofosília – radiolária, sekundárne elektróny (SEI).



Obr. 2: Kryštáliky ZnO, sekundárne elektróny (SEI).



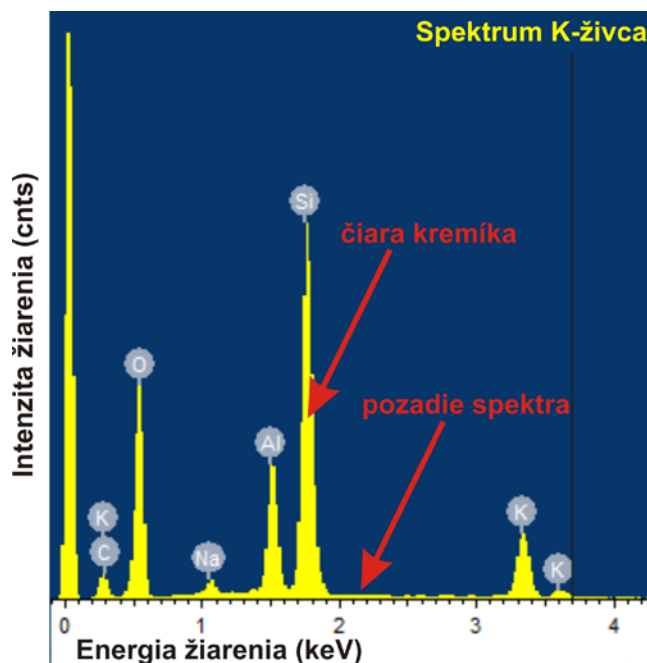
Obr. 3: Minerály vzácnych zemín v granáte z ortoruly (skratky: ap – apatit, grt – granát, mnz – monazit, ep – epidot, qtz – kreme , tht – thorit, spätne rozptýlené elektróny (BSE).



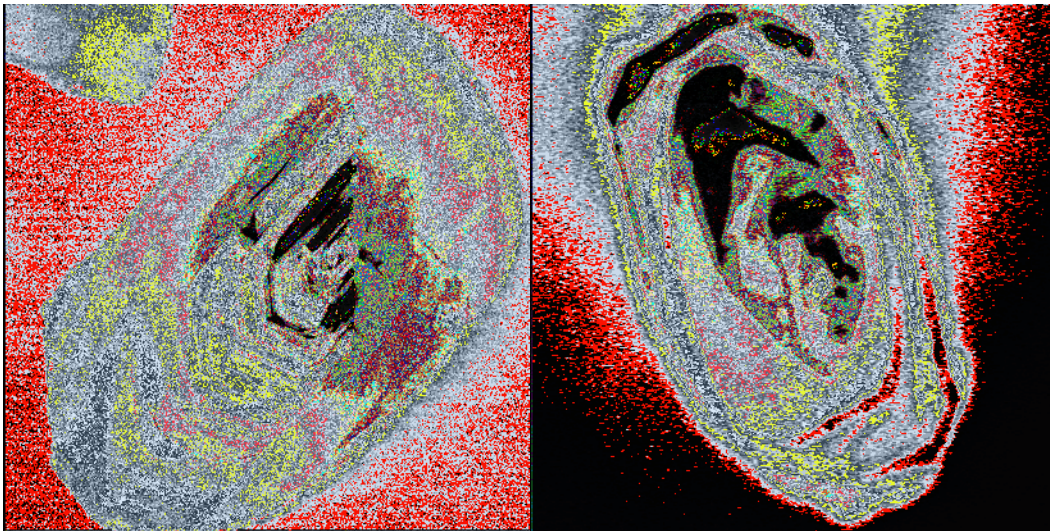
Obr. 4: Minerálna asociácia vulkanickej horniny – ryolitu (skratky: ab – albit, kfs – draselný živec, bt – biotit), spätne rozptýlené elektróny (BSE).

- katódoluminiscencia (CL) je emisia viditeľného svetla zo vzorky excitovanej elektrónovým lúčom. Mikroskop je vybavený prístrojom HORIBA FCLUE / MHRA, ktorý pozostáva zo zrkadla, spektrografu s dvoma difrakčnými mriežkami a dvoch detektorov PMT – fotonásobiča a CCD v spektrálnom rozsahu UV-Vis-NIR. Katódoluminiscenčný obraz využívame pri dokumentácii napr. prírastkových zón navonok chemicky homogénnych minerálov, na rozlíšenie minerálov, ktoré majú približne rovnaké optické vlastnosti, rozlíšenie rozličných generácií minerálov (obr. 6) – kreme, karbonáty, charakteristika štruktúry a vnútornej stavby vzorky, stanovenie prítomnosti niektorých stopových prvkov a ich umiestnenia (kryštálová štruktúra, sorpcia na povrchu), identifikácia drobných štruktúr (napr. žilky, praskliny) a brekciácie.

Elektrónový mikroanalyzátor - Electron Probe Microanalyzer (EPMA) slúži na nedeštruktívnu chemickú analýzu veľmi malých objemov pevných látok. Umožňuje charakteristiku povrchu, plošnej variability v chemickom zložení a skúmanie vnútornej stavby vzoriek (obr. 7, 8). Vlnovú dĺžku excitovaného röntgenového žiarenia a jeho intenzitu využíva vlnovo-disperzný systém (WDS) na analyzovanie. Leštené výbrusy alebo nábrusy musia mať elektricky vodivý povrch. Na vákuové naparenie tenkej uhlíkovej vrstvy používame naparovač ku JEOL JEE-420T. Laboratórium je vybavené elektrónovým mikroanalyzátorom JEOL JXA 8530F (Field Emission Electron Probe Microanalyzer). Na rozdiel od mikrosond s konvenčnými emitormi z W vlákna na emisiu elektrónov prístroj používa Schottkyho emitáciu (FEG). Hlavné výhody: extrémna stabilita emisného prúdu, nižšie urýchľovacie napätia potrebné na excitáciu elektrónov (menšia deštrukcia vzorky), nízke vzorkové



Obr. 5: Spektrum albitu, EDS.



Obr. 6: Katódoluminiscenčný obraz – zónálne zrná zirkónu.

prúdy. Prístroj je vybavený piatimi WDS spektrometrami, každý obsahuje po dva kryštály (TAPJ 2x, LIFL, LIFH, LIF, PET, PETJ, PETH, LDE1, LDE2). Analyzovať môžeme takmer všetky prvky od berýlia po urán. LDE kryštál umožňuje analýzu ťažkých prvkov (napr. N, F, atď.).

Prístroj je vybavený aj EDS spektrometrom SDD (Silicon Drift Detector) s rozlíšením 133 eV, ktorý umožňuje rýchle zorientovanie pred samotným analyzovaním. Tak tiež obsahuje optický mikroskop (odrazené svetlo, koaxiálny s el. mikroanalyzátorom).

Pre rýchlu orientáciu na vzorke slúži skener so softvérom Specimen Navigator. Na prístroji môžeme detekovať aj panchromatickú katódoluminiscenciu.

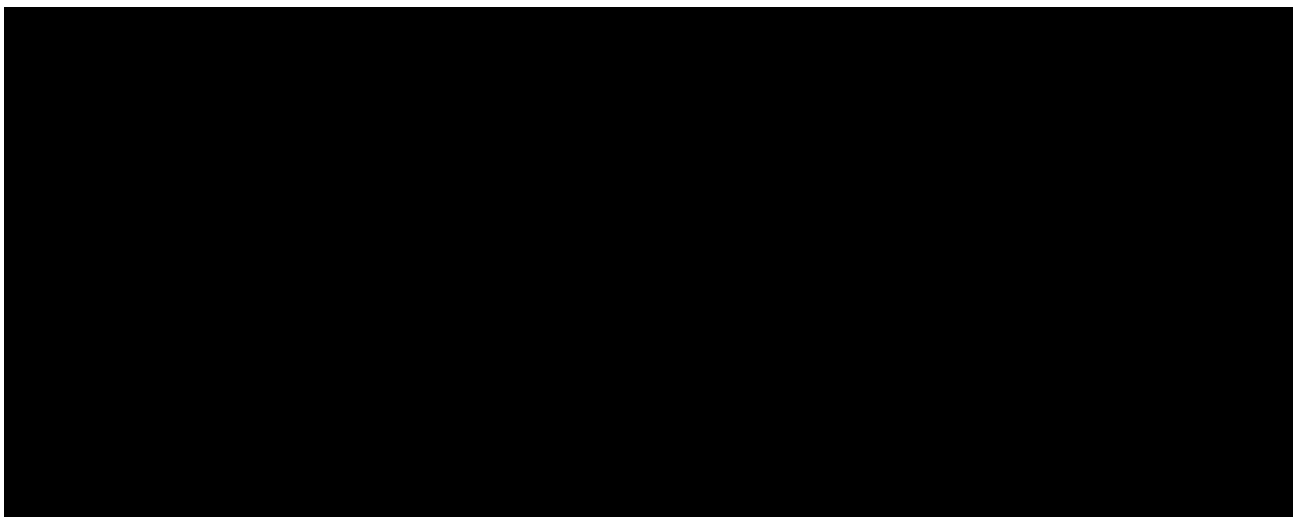
Celý systém funguje pod OS Windows XP Professional. Súčasťou je aj softvér Monazite Age na datovanie monazitu, prípadne iných minerálov skupiny monazitu pomocou chemickej ^{235}U -Pb izochronovej metódy – CHIME.

Prístroj je vybavený aj softvérom m μ ŠmXmü smXmxyZyxkm¼mĚm(mxyZyxk_PmĚm(mümxmNdušskýĚh

Laboratórium röntgenovej difrakčnej analýzy je vybavené prístrojom Bruker D8 ADVANCE DAVINCI DESIGN (obr. 9). Jeho zostava umožňuje realizáciu všetkých typov analýz využívaných v geovedných a disciplínach.

Prístroj je vybavený generátorom s maximálnym výkonom 3 kW, pracujúcim v rozmedzí vysokého napätia 20-50 kV a prúdu 5-60 mA. Goniometer má vertikálnu theta/theta geometriu Bragg-Brentano, čo znamená, že vzorka ostáva po analýze v horizontálnej polohe. Priemer meracieho kruhu goniometra je 560 mm a uhlový rozsah -110° – 168° . Pracuje v kontinuálnom alebo krokovom režime s najmenším nastavným krokom $0,00002^{\circ}$. Zdrojom röntgenového žiarenia je keramická trubica s jemným žiarovým ohnískom a Cu anódou. Primárna a sekundárna divergenčná clona sú motorizované, ostatné clony, vrátane Sollerových, sú vymeniteľné ručne. Prístroj môže pracovať s automatickým meniacim vzoriek s 3 zásobníkmi po 15 vzoriek. V kombinácii s rotačným vzorkovým stolíkom to umožňuje poloautomatickú prevádzku difraktometra. Na analýzu mikrovzoriek je možné využiť kapilárový vzorkový stolík a fokusujúce Göbelovo zrkadlo, resp. PolyCap. K dispozícii je aj vysokoteplotná komora umožňujúca experimenty do 1600°C . Difraktované röntgenové žiarenie je registrované energiodisperzným SDD detektorom Sol-XE s $\text{Si}(\text{Li})$ ipeom chladeným Peltierovým článkom. Operačný rozsah detektora je 3 – 30 keV s energetickým rozlíšením 250 eV. Spracovanie röntgenových dát umožňuje programy DIFFRAC.EVA a DIFFRAC.TOPAS doplnené o databázu PDF2.

Laboratórium sa špecializuje na štúdium ílových minerálov, tomu je prispôbené aj ďalšie vybavenie: separačné laboratórium, zariadenie na potlačenie prednostnej



Obr. 7: Kokolit - fosilný nanoplanktón, SEI – EPMA.

Obr. 8: Zónálne zrná epidotu obsahujúce prvky vzácnych zemín, BSE - EPMA.



Obr. 9: Röntgenový práškový difraktometer Bruker D8 ADVANCE DAVINCI.DESIGN.

orientácie astíc „Spry Drying Kit“, mlynček McCrone na homogenizáciu vzoriek a softvér na modelovanie röntgenových difrakčných záznamov.

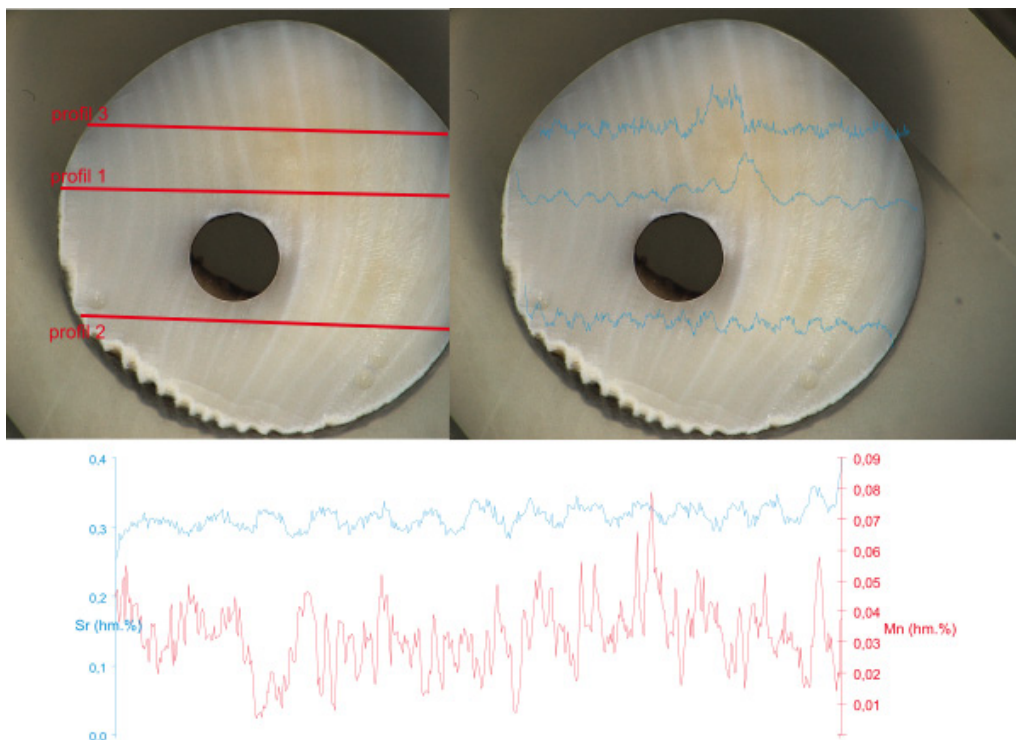
mMh(mhxyÚrmXsmEhxyZmxk hā¼smjŠmX1k mšŠmXm
yžy mxmšmšmXUmX1k mā¼sm(mümhxmNsmümĚk y klyÚrýmmlĚ

Princíp röntgenovej fluorescencie je podobný ako pri EDS metóde na SEM, excitáciu však spôsobuje vysokoenergetické RTG žiarenie (až 50 keV) a emitované fluorescenčné žiarenie spadá tiež do rozsahu röntgenového žiarenia. μ -XRF spektrometria je nedeštruktívna metóda určená na semikvantitatívne stanovenie prvkov vo vzorke.

Prístroj M4 TORNADO (Bruker) je určený na bodovú analýzu prvkov, analýzu v líniových profiloch a rastoch, kedy je výsledkom plošná distribúcia prvkov (obr. 10). Rozsah analyzovaných prvkov je Na-U.

Parametre prístroja:

- fokusácia polykapilárnou optikou na lúč priemeru 25 μ m, interakčná hĺbka 10-1000 μ m.
- širokouhlá kamera a dva koaxiálne digitálne mikroskopy 10 a 100x pre presné vyhodnotenie skúmaného miesta vo vzorke. Mozaikové skenovanie je výhodou pri meraní veľkých objektov.
- röntgenová trubica s Rh termostatom, excitácia max. 50 kV/600 μ A, 5 litrov.
- detektor SDD (Silicon Drift Detector) s rozlíšením 145 eV a aktívnou plochou 30 mm²
- motorizovaný X-Y-Z stolík s max. nosnosťou 5 kg a pojazdom 200x150x120 mm
- možnosť analyzovať vo vákuu alebo pri atmosférickom tlaku



Obr. 10: Rez eneolitickou korálkou z lastúry rodu Spondylus – röntgenové prírástkové línie sa prejavujú v profiloch koncentrácie stroncia, meranými metódou mikro-xrf (vzorka A. Vrteľová).



Obr. 11: Príklad využitia zariadenia mikro-CT: zrno apatitu, 3D pohľad, vizualizácia inklúzií, 3D rez a 3D transparentný pohľad.

- bezštandardová kvantifikácia modelovaním fundamentálnych parametrov

Vzorky: homogénne aj nehomogénne pevné vzorky bez pokovenia, vzorky s nepravidelným tvarom, hrubým povrchom, práškové vzorky, kvapaliny, vyschnuté kvapaliny (kvapky).

Yytmāxm(mxsmXsmĚsmüDm(wkmNn(mñxyÚNmkYzymbwlytlyyepmānēyōzōyēnie až 1µm pre objekty malých rozmerov. Tieto vlastnosti predurujú zariadenie na výskum priestorového usporiadania minerálov v hornine, výskum pórovitosti, štruktúry a textúry hornín (napr. pri výskume rudných a ropných ložísk, v hydrogeológii), rekonštrukciu vzácnych fosílií, morfológiu minerálov, kontrolu, meranie a porovnanie nominálnych a aktuálnych hodnôt priemyselných výrobkov. Ako príklad je uvedená analýza kryštálu apatitu podávajúca charakteristiku ve kosti inklúzií a prázdnych priestorov, ich distribúciu a tvar (obr. 11).

Vlastnosti zariadenia:

- 240 kV unipolárna rtg. trubica otvoreného typu
- 180 kV HPNF nanofokusová trubica;
- presný 7-osový manipulačný systém na žulových blokoch zabezpečuje stabilitu a presnosť merania;
- vysoká obrazová kvalita zabezpečená ve kopolšným GE DXR detektorom;
- detekovateľnosť detailu < 1 µm, max. voxel rozlíšenie < 2 µm;

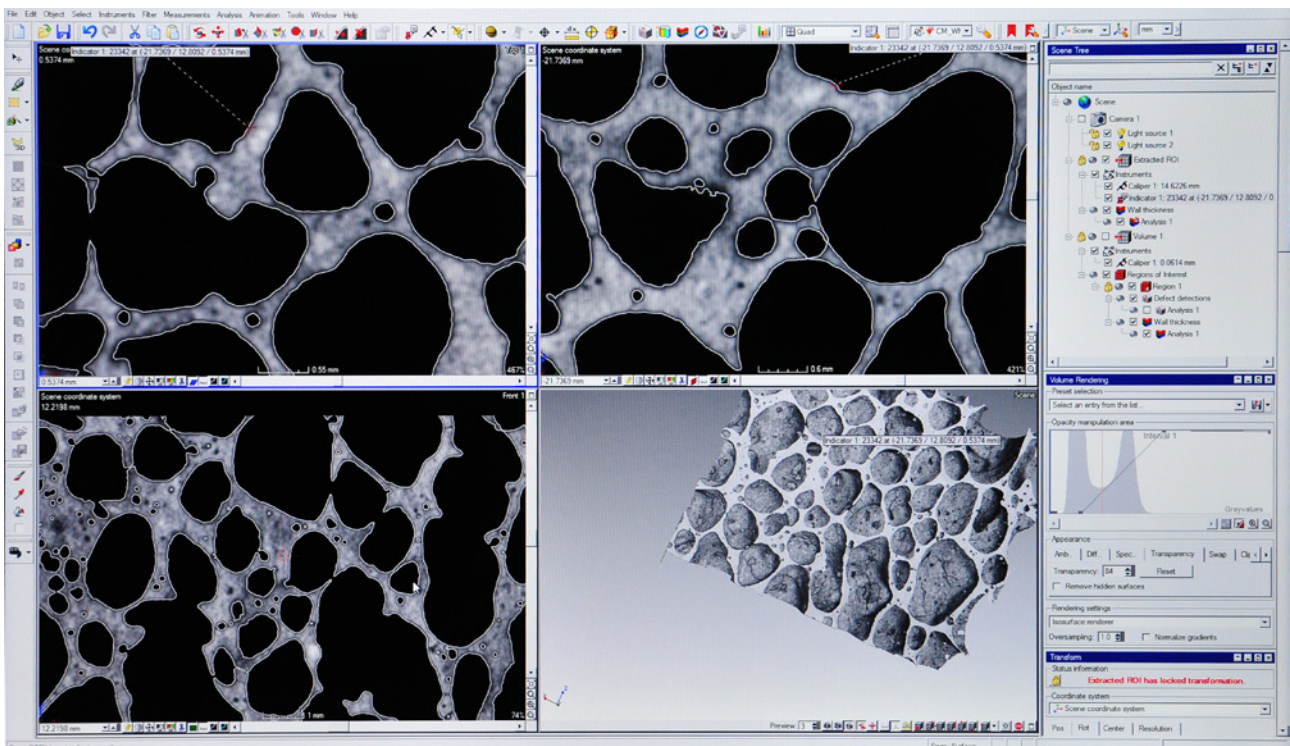
- max. rozmery testovaného predmetu : v = 1300 mm, = 800 mm, m = 50 kg;

Konštrukcia priemyselného mikro-CT, na rozdiel od klinického, je založená na xnej rrtg trubici a xnom detektore, medzi ktorými rotuje vzorka, a využívanej energii žiarenia > 12,4 keV. 240 kV rrtg. trubica je vhodná najmä na masívnejšie, rádioskopicky hustejšie a väčšie vzorky, omu úmerne klesá aj detail rozlíšenia. 180 kV rrtg. trubica poskytuje optimálne rozlíšenie až 1µm pre objekty malých rozmerov. Tieto vlastnosti predurujú zariadenie na výskum priestorového usporiadania minerálov v hornine, výskum pórovitosti, štruktúry a textúry hornín (napr. pri výskume rudných a ropných ložísk, v hydrogeológii), rekonštrukciu vzácnych fosílií, morfológiu minerálov, kontrolu, meranie a porovnanie nominálnych a aktuálnych hodnôt priemyselných výrobkov. Ako príklad je uvedená analýza kryštálu apatitu podávajúca charakteristiku ve kosti inklúzií a prázdnych priestorov, ich distribúciu a tvar (obr. 11).

Spracovanie dát prebieha na rekonštrukčnej stanici HP Z820, s dvomi osemjadrovými procesormi, 96 GB RAM a dvojicou profesionálnych grafických kariet.

Software na vyhodnotenie naskenovaných dát VGStudio MAX 2.2 je doplnený o moduly:

- Porosity/Inclusion Analysis – analýza ve kosti a distribúcie pórov a inklúzií (obr. 12)
- Coordinate Measurement – naviazanie základných



Obr. 12: Spracovanie dát v programe VGStudio MAX, modul Porosity/Inclusion Analysis.



Obr. 13: Profesionálna 3D tlačiareň ProJet®660Pro.

elementov na objemové dáta

- Actual/Nominal Comparison – porovnávanie aktuálnych a projektovaných hodnôt

- Wall Thickness Analysis – analýza hrúbky stien a vytvorenie pseudofarebného 3D modelu.

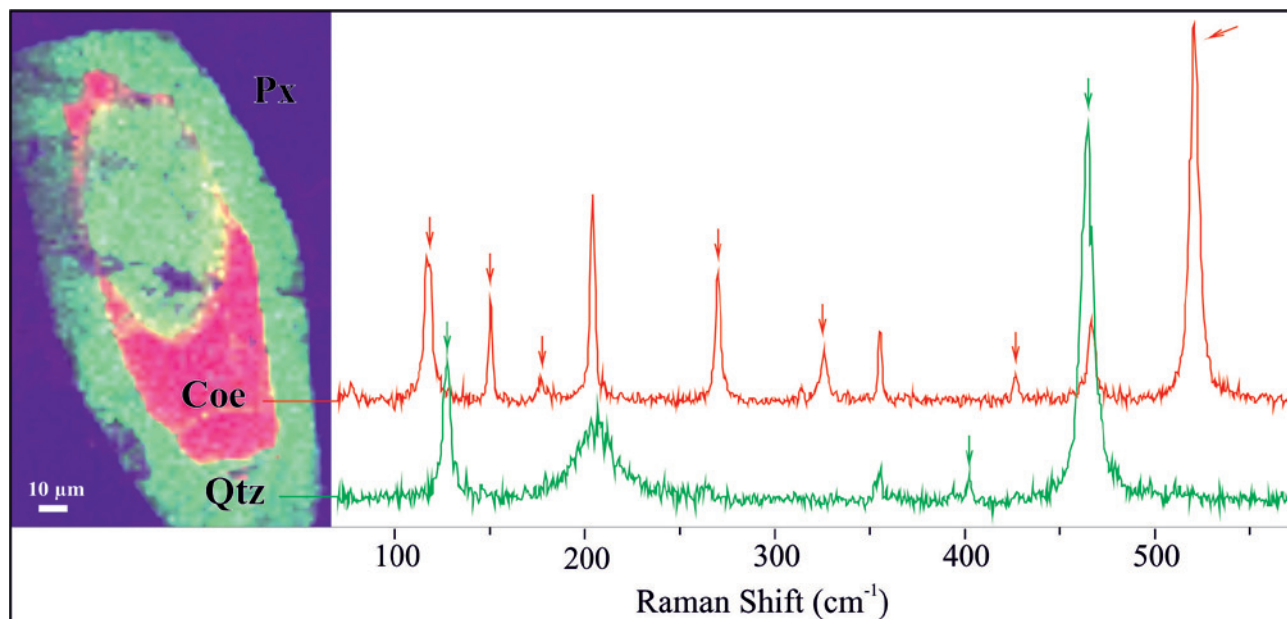
Profesionálna 3D tlačiareň ProJet®660Pro (obr. 13) premení digitálny model získaný na mikroskopii CT na plnofarebný plastový 3D objekt (napr. tvorba upevňovacích pomôcok pre kryštalografiu).

Príklad aplikácie: Ramanova mikrospektroskopia (Ramanova mikrospektroskopia)

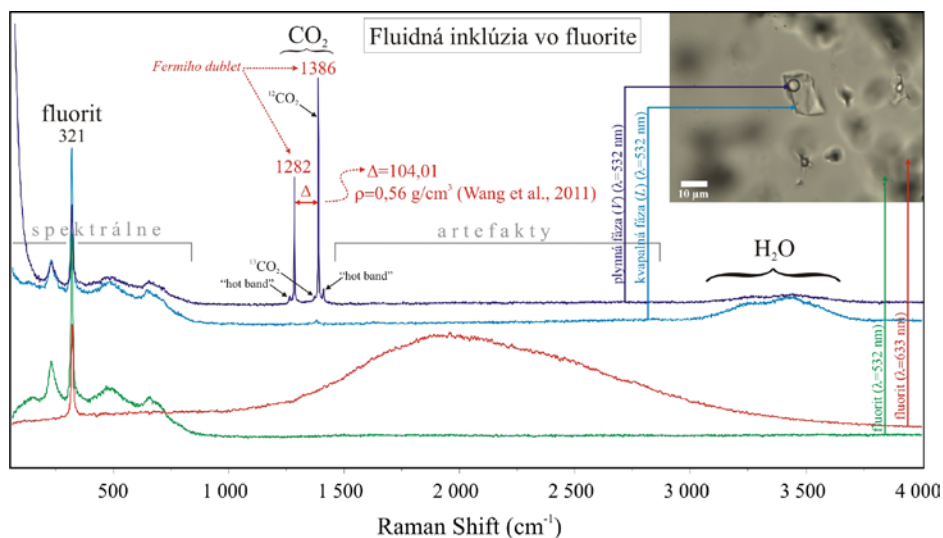
Ramanova mikrospektroskopia umožňuje skúmať vibračné vlastnosti materiálov (pevné látky, kvapaliny, plyny).

Využíva neelastický rozptyl monochromatického svetla (laserový lúč) na vibrujúcich väzbách kryštálov alebo vo vnútri molekúl. Sekundárne Ramanovo žiarenie je charakteristické pre danú väzbu (molekulu, kryštál).

Ramanovská mikrosonda LabRAM-HR 800 (Horiba Jobin-Yvon) v UV-VIS-NIR verzii obsahuje: optický mikroskop Olympus BX51 s objektívmi 5, 10, 50, 100x a UV 40x, s polarizáciou a prechádzajúcim aj odrazeným svetlom; excitačné lasery: 633 nm (17 mW), 532 nm (300 mW), 266 nm (10 mW); spektrograf - monochromátor typu Czerny-Turner s ohniskovou vzdialenosťou 800 mm; difrakčná mriežka: 600/mm, 1800/mm, 3600/mm; detektor Synapse front-illuminated CCD, 1024 x 256 pixelov, veľa pixelov; chladič chladič (dielektrické chladienie (-70 °C) spektrálny rozsah 200 – 1050 nm; dielektrické filtre pre všetky excitácie, neutrálna optika na tlmenie intenzity excitačného lúča a, konfokálna štrbina 1 - 1200 μm (zvýšenie kvality h)



Obr. 14: Ramanovská mapa SiO_2 polymorfov – kremík s relikviami coesitu z ultravysokotlakových metamorfizovaných hornín (vzorka M. Janák).



Obr. 15: Ramanovské spektrum 2-fázovej uidej inklúzie vo fluorite (vrt z oblasti Uderiná-Mládzo-vo UML-6/73). Hostite ský minerál bol zosnímaný pri dvoch vlnových dĺžkach (λ : 532 a 633 nm, zelené a červené spektrum), čím sa vylúči špektrálne artefakty, pravdepodobne luminiscencia. Pri snímaní uidej inklúzie (modré spektrá) bola privretá konfokálna štrbina, čím sa zoslabil signál uoritu. V plynnej fáze (V) uidej inklúzie dominuje CO_2 , prejavujúce sa tzv. Fermiho dubletom. Vzdialenosť medzi pásmi dubletu závisí od hustoty CO_2 . V spektre kvapalnej fázy (L) vidie vibrácie vody.

kového pro lu); XYZ motorizáciu stolíka s technológiou SWIFT pre rýchle mapovanie, spektrálny software LabSpec 5 so základnou databázou prírodných, syntetických a organických minerálov a zlúčenín.

Výžitie Ramanovskej mikrospektroskopie v geovedách a materiálových vedách:

- rýchla identifikácia minerálov vrátane rgt. amorfných fáz
- získanie údajov o sile väzieb, symetrii kryštálov, substitúciách, prítomnosti -OH skupiny a H_2O
- identifikácia minerálnych inklúzií ve mi malých rozmerov
- stanovenie zloženia uidej inklúzií, tlaku, príp. izotopového zloženia plynov
- mapovanie minerálnych fáz (obr. 14), líniové profily
- usporiadanos kryštálovej mriežky – napr. pomer grafitického a neusporiadaného uhlíka ako indikátor metamorfózy
- rozlíšenie štruktúrnych polymorfov, napr. kalcit - aragonit, -kreme - -kreme - coesit, grafit - diamant, Al_2SiO_5
- analýza pigmentov v pamiatkovom a archeologickom výskume
- detekcia fázových prechodov z teplotnej závislosti posunov vibračných pásov
- kryštalografická analýza z orientovaných polarizovaných spektier.

Vzorky: nepokovené leštené nábrusy, výbrusy, izolované zrná, orientované kryštály, malé úlomky hornín, obojstranne leštené platničky, prášok, uzavreniny v priehľadnom materiáli.

Mikrotermometrické laboratórium sa venuje výskumu uidej inklúzií. Fluidné inklúzie sú mikroskopické uzavreniny v mineráloch, zachytávajúce relikty uidej prítomných

v procese vzniku a vývoja minerálov a hornín. Pri izbovej teplote môžu obsahovať fázy rôzneho skupenstva (plynného, kvapalného, pevného). Pri zmenách teploty dochádza v inklúziách k fázovým zmenám, ktoré sú charakteristické pre ten ktorý chemický systém a zároveň odrážajú PT podmienky vzniku hostiteckého minerálu. Na výskum sa používajú obojstranne leštené platničky s hrúbkou 0,2 mm, zhotovené z priehľadných a priehľadných minerálov. Mikrotermometrická aparatura v našom laboratóriu pozostáva z termokryokomory Linkam FTIR600 s príslušenstvom. Chladením kvapalným dusíkom a zahrievaním termolankom, je možné pozorovať a merať fázové zmeny v teplotnom intervale od -196 do +600 °C. Komora je uchytaná na polarizačný mikroskop ZEISS AxioScope.A1 s objektívmi so zväščením 5x, 10x, 20x, 50x a 100x a kamerou QImaging MicroPublisher 5.0 RTV. Komora sa dá ovládať cez dotykový displej (LCD touch screen), alebo cez PC, pomocou softvéru Linksys 32. Je kompatibilná aj s mikroskopom s Ramanovou spektroskopiou. V takej zostave je možné analyzovať vzorky Ramanovou spektroskopiou v rôznych teplotných režimoch. V prípade uidej inklúzií to má význam napríklad pri analýze solí v roztoku. Najbežnejšie soli, prítomné vo uidej inklúziách (NaCl , KCl ...), nie sú Raman aktívne, avšak ich hydráty, po vymrazení z vodného roztoku, áno, pri omteplote má vplyv na kvalitu spektra. Ramanova spektroskopia je vhodná na zisovanie obsahu plynov v zmesi (CO_2 , N_2 , CH_4 ,...) (obr. 15), kde je detekovateľné aj ve mi malé množstvo. Na taký výskum nie je nutné použitie komory a analýza sa dá robiť aj v leštenom výbruse.

Yšmüxmüxm¼mxyZwkm6EEmxmĚmü|mĚ mN

Laboratórium je zamerané na analýzu stabilných izotopov prvkov H, C, N, O, S v najrôznejších prírodných vzorkách vo všetkých skupenstvách. Jadrom laboratória je izotopový hmotnostný spektrometer (IRMS) s magentickým sektorom MAT253 (ermo Scientia) vybavený 11 kolektormi a vstupnými systémami Continuous Flow a Dual Inlet. Vzorka do iónového zdroja vstupuje ako plyn, rozklad rôznorodých geologických materiálov do plynného stavu si vyžaduje viacero preparačných metód. Preparačnými perifériami pripojenými k IRMS sú:

- elementárny analyzátor FlashHT2000 Plus na prvkový rozklad pyrolýzou pri 1400 °C (H a O) alebo spaovaním pri 1800 °C (N, C, S). Plynný produkt je po prechode reaktormi separovaný chromatografickou kapilárou na jednotlivé plynné zložky, ktoré do IRMS vstupujú oddelene a z jednej vzorky je tak možné získať v priebehu jedinej analýzy izotopové zloženie troch (N,C,S) resp. dvoch (H,O) prvkov. Pev-

né vzorky sa balia do cínových alebo strieborných kapsúl, kvapalné vzorky sú nastrekované cez septum ihlou. Potrebné množstvo práškovej vzorky je 80 - 900 mikrogramov, v závislosti od analyzovaného prvku a jeho koncentrácie. Presnosť merania: ^2H - 3 ‰, ^{13}C - 0,15 ‰, ^{15}N - 0,15 ‰, ^{18}O - 0,4 ‰, ^{34}S - 0,2 ‰. Rutinne meriame S v suldoch a síranoch, C v organickej hmote sedimentov, H v hydroxyloch, C H N v organizmoch, H a O vo vodách, C,H,N,S v biologických a archeologických materiáloch.

- karbonátový analyzátor GasBench III je používaný najmä na analýzu karbonátov rozkladom kyselinou fosforenou, vyvíja sa CO_2 v ktorom sa simultánne meria izotopové zloženie C a O. Okrem pevných vzoriek je možné merať aj zloženie bikarbonátu vo vode. Externá presnosť dosahuje 0,1 ‰ pre ^{13}C aj ^{18}O pri bežnej veľkosti vzorky 100-200 mikrogramov.

- karbonátový analyzátor Kiel IV je založený na tej istej metóde rozkladu, avšak vzorka reaguje vo vákuu a uvoľnené CO_2 je kryofokusáciou v kvapalnom dusíku istený od vody a kondenzujúcich plynov. Metóda rutinne dosahuje presnosť 0,01 ‰ pre ^{13}C a 0,02 ‰ pre ^{18}O . V akom dlhšom zbere signálu v režime Dual Inlet je možné spoľahlivo merať aj extrémne malé vzorky, napríklad jednotlivé schránky foraminifer alebo ostrakód s hmotnosťou < 7 mikrogramov.

- plynová chromatografia (GC, TraceGC Ultra) je metó-

da na separáciu zložiek z plynov alebo prchavých organických zmesí. Po separácii v kapilárnej kolóne sú jednotlivé zložky analyzované v malom hmotnostnom spektrometri (kvadrupólová iónová pasca) na molekulárne zloženie, a zároveň v IRMS na izotopové zloženie. Služi napríklad na rozlíšenie genézy prírodných plynov alebo identifikáciu pôvodu fosilných lipidov z horninových extraktov, je však veľmi vhodná aj na jednoznačnú chemickú identifikáciu organických minerálov.

V blízkej budúcnosti bude postavená laserová uroviarová aparatura na analýzu izotopov kyslíka a síry z akýchkoľvek pevných materiálov.

yzlyZsmĚ

Geoanalytické laboratóriá boli zriadené v rámci nanej podpory Európskej únie v rámci Operačného programu Výskum a vývoj pre projekty: Výbudovanie centier vzdelávania SAV v Banskej Bystrici a Smoleniciach (ITMS: 26250120034), Centrum excelentnosti pre integrovaný výskum geosféry Zeme (ITMS: 26220120064) a Dobudovanie technickej infraštruktúry pre výskum geodynamických procesov a globálnych zmien v histórii Zeme (ITMS: 26210120013), ktoré sú spolu financované zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

mMnXsmĚm6ytkekDk1/4mĚ em kyZkmxEOnx_mXyxOkOsmXmümĚOkýÚkmXmxyZyxkmümĚmX_kmXekm

Vladimír Libant a Miroslav Antala

Tradičia organizovania mineralogických búr na Slovensku sa spája so Slovenským bankovým múzeom v Banskej Štiavnici. V 70. rokoch 20. storočia tu prvá burza bola organizovaná Doc. Ing. Ivan Herko, CSc., autor známej monografie Minerály Slovenska. V tých časoch to boli výmenné burzy, na ktorých bol predaj minerálov ojedinelý (!).

Podobné výmenné burzy sa potom začali organizovať aj v iných mestách napríklad v Banskej Bystrici, Bratislave, Košiciach, Nitre, Pezinku a Prešove. Vhodné priestory poskytovali rôzne organizácie, popri múzeách to boli hlavne kultúrne domy, ktorých poslaním bola kultúrna, výchovná, vzdelávacia a osvetová činnosť.

Po zmene spoločenských podmienok sa burzy stali viac komerčnou záležitosťou. Vzájomnú výmenu minerálov, fosílií a ozdobných kameňov vystriedal vzťah „predávajúci – kupujúci“, pribudli výrobky z kameňa, čím sa rozšírila ponuka. Organizovanie predajných búr sa síce realizovalo v pôvodných kultúrnych zariadeniach, tie však postupne strácali na význame. Výnimkou ostali mineralogické burzy v Bratislave, kde sa popri Slovenskom národnom múzeu dodnes organizujú tiež v Dome kultúry Ružinov a v Kultúrnom dome na Vajnorskej ulici.

V ostatných miestach konania predajných výstav stali obchodné centrá poskytujúce atraktívne priestory, reštaurácie služby a možnosti ďalšieho programu pod a individuálnych cieľov návštevníkov. S týmto nápadom prišiel ako prvý Slovenský mineralogický spolok (www.mineralogickyspolok.sk) v roku 2008. Vtedy sa predajná výstava minerálov, skamenelín a výrobkov z kameňov konala po prvýkrát v obchodnom centre EUROPA v Banskej Bystrici. Neskôr

