

Elektrónový mikroanalyzátor v geovedách a v praxi

Geológia zahŕňa širokú paletu vedných disciplín. Jednou z nich je petrológia, ktorá sa zaoberá objasnením pôvodu hornín, vysvetlením ich vzniku a vývoja. Na formulovanie záverov o vývoji horských pásiem,

vodivý povrch. Preto ďalším krokom pri príprave vzoriek je vákuové naparenie tenkej uhlíkovej alebo zlatej vrstvy.

Základným princípom prístroja je bombardovanie vzorky zväzkom urýchlených elektrónov (obr. 3). Pri interakcii elektrónového lúča so vzorkou dochádza k emisii RTG žiarenia, sekundárnych elektrónov, odrazených elektrónov a viditeľného svetla, ktoré sa ďalej zachytávajú príslušnými detektormi. Celkové rozlíšenie prístroja je dané mierou zaostrenia elektrónového lúča. Maximálne zaostrý lúč má priemer približne 0,4 mikrometra.

ho svetla, ktoré nazývame katódoluminiscenciou. Obrazy katódoluminiscencie dokumentujú napr. prírastkové zóny inak chemicky homogénnych minerálov, odhaľujú skryté praskliny a nehomogenity a pod. (obr. 6).

Emisia röntgenového žiarenia (RTG) je definovaná energiou, intenzitou a vlnovou dĺžkou. Energiu RTG žiarenia využíva energio-disperzný systém (EDS), slúžiaci na identifikovanie prítomných chemických prvkov. Vlnovú dĺžku RTG žiarenia a jeho intenzitu zas využíva vlnovo-disperzný systém (WDS) na analyzovanie. Hlavnou devízou prístroja je **presná bodová chemická analýza** (obr. 7) s voliteľným priemerom elektrónového lúča od 0,4 až po 10 - 20 mikrometrov. Presnosť analýzy môže v limitných prípa-



Obr. 1 Pracovisko elektrónovej mikroanalýzy

pohybe zemských platin a pod. využíva aj poznatky z mikrosvetla, zo štúdia chemického zloženia minerálov, ktoré sú základnými stavebnými jednotkami hornín, tvoriacimi zemský povrch. Vzťahy medzi minerálmi sa bežne skúmajú v optickom mikroskope. Dnes však už iba optické pozorovania nestačia. Celosvetový pokrok v oblasti skúmania mikrosvetla sa premieta aj do študovania minerálov vo vysokom rozlíšení pomocou elektrónovo-optických metód. Na Slovensku v Štátnom geologickom ústave Dionýza Štúra je inštalovaný jedinečný prístroj - elektrónový mikroanalyzátor Cameca SX-100. Ide o jeden z najmodernejších prístrojov v súčasnosti a momentálne je jediným svojho druhu na Slovensku.

Elektrónový mikroanalyzátor (obr. 1) slúži v prvom rade na **nedestruktívnu chemickú analýzu** (vzorka sa nezničí) **veľmi malých objemov pevných látok**. Ďalej umožňuje **charakteristiku povrchu, plošnej variability v chemickom zložení a skúmanie vnútornej stavby vzoriek**. Pred vlastnou analýzou je potrebné vzorky pripraviť. Musia mať štandardné rozmery a rovný vyleštený povrch. Používame tzv. leštené **výbrusy** alebo **nábrusy** (obr. 2). Výbrusom nazývame tenkú platničku vzorky nalepenú na podložnom sklíčku s veľkosťou 4,7 x 2,75 cm, nábrus je valček s priemerom 2,54 cm so zaliatym kúskom vzorky v živicí. Jednou z podmienok pre skúmanie vzoriek pod elektrónovým lúčom je aj elektrický

mer približne 0,4 mikrometra. Povrch vzoriek sa skúma pomocou **sekundárnych elektrónov**. Sú to elektróny s nízkou energiou uvoľnené z veľmi malej hĺbky vzorky (do 1 nanometra), ktoré poskytujú informácie o topografii povrchu. Bežne skúmame charakter povrchu vzorky, mikrokryštály, morfológiu častíc a ich vzťahy, identifikujeme mikrofosílie a pod. (obr. 4).

Prédstavu o chemickom zložení vzoriek podávajú obrazy tvorené **odrazenými elektrónmi - tzv. kompozícia**. Tieto sa generujú z väčších hĺbok, a preto ich intenzita závisí od chemického zloženia vzorky. Čím je priemerné atómové číslo vyššie, tým je obraz v danom mieste jasnejší. Ak máme vzorku, ktorá má rôzne chemické zloženie, tmavšie časti sú tvorené ľahšími prvkami a svetlejšie naopak ťažšími prvkami. Pomocou odrazených elektrónov skúmame zonalitu minerálov, prítomnosť a vzťah jednotlivých fáz, ich veľkosť a plošnú distribúciu (obr. 5).

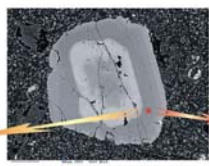
Emisia röntgenového žiarenia (RTG) je definovaná energiou, intenzitou a vlnovou dĺžkou. Energiu RTG žiarenia využíva energio-disperzný systém (EDS), slúžiaci na identifikovanie prítomných chemických prvkov. Vlnovú dĺžku RTG žiarenia a jeho intenzitu zas využíva vlnovo-disperzný systém (WDS) na analyzovanie. Hlavnou devízou prístroja je **presná bodová chemická analýza** (obr. 7) s voliteľným priemerom elektrónového lúča od 0,4 až po 10 - 20 mikrometrov. Presnosť analýzy môže v limitných prípa-



Obr. 2 Horninový preparát, výbrus

Kvantitatívna analýza - slúži na určenie obsahu chemických prvkov vo vzorke.

SiO ₂	52,46
TiO ₂	0,23
Al ₂ O ₃	2,43
FeO	5,84
MnO	0,00
MgO	17,30
CaO	20,95
Na ₂ O	0,25
K ₂ O	0,00
Cr ₂ O ₃	0,36
Suma	99,82

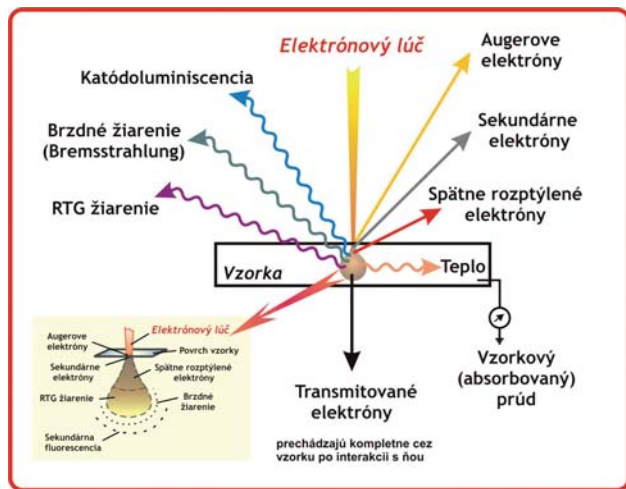


Chemická analýza v bode *

Obr. 7 Kvantitatívna (WDS) analýza a kvalitatívna (EDS) analýza



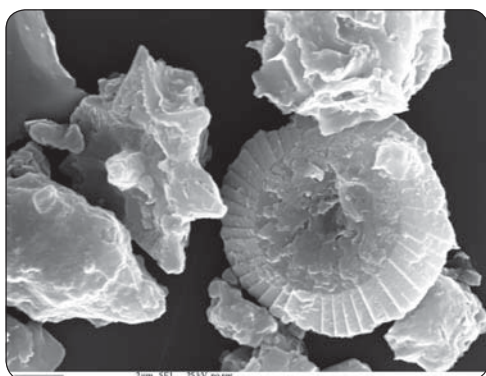
Spektrum RTG žiarenia zosnímané v bode *



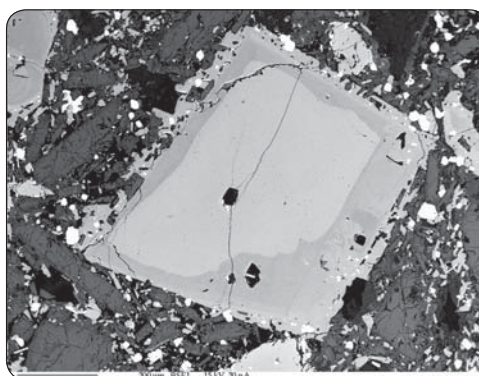
Obr. 3 Fyzikálne javy pri dopade elektrónového lúča na vzorku

doch dosiahnuť 0,001 hmotnostného percenta (cca 10 ppm). Analyzovať môžeme takmer všetky prvky okrem vodíka, lítia a berýlia. Analyzovať môžeme líniu bodov, a tak získať tzv. **liniové profily**, alebo sa analyzuje sieť bodov a tým sa získa prehľad o **distribúcii prvkov (RTG mapy)** v 2D rozmere (obr. 8).

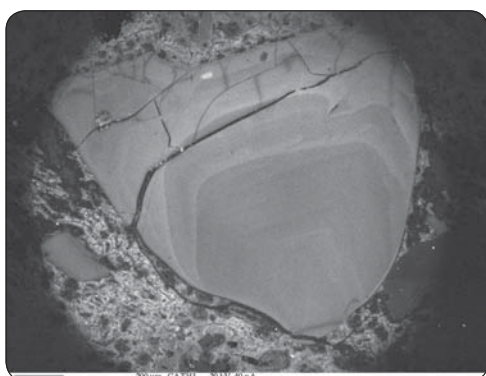
Možnosti elektrónového mikroanalyzátoru na našom pracovisku využívajú predovšetkým geológovia pri riešení geologických úloh. Prístroj však môžeme využiť aj v iných odvetviach, vyžadujúcich presnú chemickú analýzu vzoriek. Podmienkou je iba pevnosť materiálu a jeho rozmery. Z negeologických aplikácií môžeme spomenúť analyzovanie zloženia malieb pre potreby reštaurátorstva, zistenie chemického zloženia časti rímskeho brnenia pre ozrejmnenie



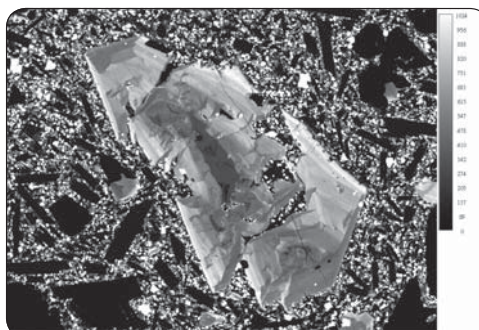
Obr. 4 Obrázok povrchu mikrofosílie (vápnitý nanoplanktón) vytvorený pomocou sekundárnych elektrónov (SEI)



Obr. 5 Obrázok vyjadrujúci relatívne chemické zloženie vytvorený pomocou odrazených elektrónov (BEI). V strede je svetlejší pyroxén, minerál bohatší na prvky s vyšším atómovým číslom (^{26}Fe , ^{22}Ti), a okolo sú tmavšie živce s prevahou prvkov s nižším atómovým číslom (^{11}Na , ^{20}Ca , ^{13}Al , ^{14}Si)



Obr. 6 Katódoluminescenčný obraz prírastkových zón kremeňa



Obr. 8 Distribúcia prvkov, RTG 2D mapa

dobovej metalurgie, analyzovanie keltských mincí pre odhalenie falzifikátov, analyzovanie odlievacích téglikov, analyzovanie zloženia betónov, odhaľovanie baktérií živiacich sa ometkovými hmotami, zistenie pôvodu poškodenia plošných spojov s elektronickými súčiastkami, analyzovanie prímiesí v polovodičoch, analyzovanie stopových prvkov v oceliach, zisťovali sme zloženie prachu zachyteného na filtroch z komínov významných tovární, štúdium chemického zloženia umelo vytvorených kryštálov Al-F, analyzovanie močových kameňov a pod. Analyzovali sme prvý slovenský meteorit a zistili mnoho nových minerálnych druhov doposiaľ nepopsaných na našom území.

Naše laboratórium je otvorené aj širokej verejnosti. Zaujímavosťou o analyzovanie rôznych materiálov nás môžu kontaktovať na adrese: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, Mlynská dolina č. 1, 817 04 Bratislava, www.geology.sk, patrik.konecny@geology.sk

Mgr. Viera Kollárová, PhD.,
RNDr. Patrik Konečný, PhD.,
RNDr. Ivan Holický

Medzinárodný certifikát Zelená škola pre 72 slovenských škôl

V piatok 24. októbra sa v Nových Zámkoch odovzdávali certifikáty Zelených škôl/EcoSchools za školský rok 2007/2008. Medzinárodne platný a uznávaný certifikát prevzalo 72 škôl z 80-tich prihlásených slovenských škôl, ktoré splnili podmienky certifikácie. Z toho je 9 materských, 51 základných, 9 stredných a 3 špeciálne školy. Súčasťou slávnostnej certifikácie, ktorej sa zúčastnili zástupcovia Štátneho pedagogického ústavu, Ministerstva životného prostredia SR a ďalší hostia, bola exkurzia do Zelené Materskej školy v Nových Zámkoch, exkurzia do Strediska environmentálnej výchovy SAŽP Dropie, vzdelávacie semináre pre pedagógov zapojených do programu Zelená škola, návšteva Astrokabinetu a ďalšie sprievodné podujatia.

Organizátorom programu Zelená škola je Spoločnosť environmentálno-výchovných organizácií ŠPIRÁLA, asociovaný člen medzinárodnej Nadácie pre environmentálne vzdelávanie (FEE). V programe Zelená škola sa uplatňuje praktický postup siedmich krokov, vypracovaných podľa systému environmentálneho manažmentu EMAS (Environmental Management and Auditing Scheme) a ISO 14001. Pri rozhodovaní o udelení certifikátu sa zohľadňujú kvalitatívne aj kvantitatívne ukazovatele, s dôrazom na par-

ticipáciu žiakov, rozvoj ich samostatnosti a občianskej zodpovednosti. Do programu Eco-Schools je v súčasnosti zapojených viac ako 22 tisíc škôl zo 42 krajín 4 kontinentov. Koordináciu programu na Slovensku za-

do projektu zapojilo spolu 100 škôl, pričom 32 z nich obhájilo medzinárodnú vlajku Eco-Schools už po tretí a štvrtý raz.

Každá škola prihlásená do projektu má aj v tomto ročníku prideleného konzultanta, ktorý počas celého školského roku bude škole k dispozícii a na jeho konci vydá svoje stanovisko k záznamom školy v hodnotiacom formulári. Hodnotenie projektových úloh a aktivít každej školy bude predložené Rade Zelené školy a tá následne udelí, resp. neudelí škole certifikát Zelená škola. Certifikát sa udeľuje vždy na jeden školský rok. Medzi povinné oblasti plnenia projektových úloh patrí výchovno-vzdelávací proces, voda, odpad, energia. Nepovinné oblasti plnenia sú doprava, zeleň, ochrana prírody a humánny prístup k zvieratám, používanie ekologických materiálov a produktov.

Ak ste sa nestihli prihlásiť do tohto ročníka (uzávierka prihlášok bola 30. septembra 2008), iste budete mať šancu v ďalšom ročníku. A tiež budete mať čas sa na to poriadne pripraviť.

V každom prípade neváhajte, sledujte webovú stránku programu Zelená škola, buďte pripravení.

www.zelenaskola.sk

(ag)



Slávnostná certifikácia Zelených škôl v Nových Zámkoch (foto: Rudolf Pado)

bezpečuje Centrum environmentálnych aktivít Trenčín (www.cea.sk).

V školskom roku 2008/2009 celoslovenský projekt Zelená škola vstupuje do piateho roku existencie a do 4. riadneho ročníka. V predchádzajúcich ročníkoch sa

