

NOVÉ POZNATKY Z VÝZKUMU SPELEOAEROSOLŮ VE VYBRANÝCH JESKYNÍCH MORAVSKÉHO KRASU

New results of research of the speleo-aerosols from some Moravian Karst
Caves

Jiří Faimon, Jindřich Štelcl

Katedra mineralogie, petrologie a geochemie, PřF MU, Kotlářská 2, 611 37 Brno, e-mail: faimon@sci.muni.cz

(24-23 Protivanov)

Key words: calcite, quartz, organic matter, sulfur, heavy metals, ultrafiltration

Abstract:

Speleo-aerosols were isolated by ultra-filtration from the atmospheres of some caves of the Moravian Karst. Significant differences in composition were found. The matter collected on ultra-filters in the Soupsko-Šošůvská Caves had high contents of sulfur (calcium sulfate) and were black colored. The ultra-filter matter from the Císařská Cave, on the other hand, was typically light-gray colored and contained only small quantities of sulfur. In the matter of both localities, heavy metals and chlorine were occasionally found. The resources of sulfur, chlorine, and heavy metals are unknown.

Jeskynním aerosolům (speleoaerosolům) je přikládán klíčový význam při léčbě pacientů postižených chronickými chorobami respiračního charakteru. V Moravském krasu je v současné době k léčbě (speleoterapii) využívána Císařská jeskyně a část jeskyní Sloupsko-šošůvských. V obou objektech je od roku 1998 prováděn také systematický geochemický výzkum (Faimon et al. 2000). Částice aerosolu jsou z jeskynní atmosféry izolovány ultrafiltrací (objem prosátého vzduchu ~ 50 až 100 m³, rychlost filtrace kolem 10 m³ za den) na membránových filtrech (Synpor, 470 nm) a studovány standardními metodami (skenovací mikroskop CamScan s EDX analyzátozem Link AN 10 000, urychlovací napětí 20 kV, korekce programem ZAF-4, analytik V. Vávra, PřF. MU Brno).

Přestože obě lokality jsou tvořeny stejnými horninami (vilémovické vápence macošského souvrství) a jsou od sebe vzdušnou čarou vzdáleny pouze asi 3,5 km, ve složení speleoaerosolů byly nalezeny významné rozdíly. Již vizuálně se hmoty na filtrech výrazně liší. Zatímco hmota

aerosolů z Císařské jeskyně je již standardně světle šedé až šedé barvy, hmota aerosolů ze Sloupsko-šošůvských jeskyní je téměř černá. Předpokládáme, že rozdíly v barvě jsou způsobeny rozdíly v povaze organické hmoty. Přítomnost této hmoty předpokládáme na základě EDX analýz - hmota neposkytuje žádný analytický signál. Studium pomocí SEM ukázalo, že tato hmota je soustředěna do ultra-jemné fáze, tvořené částicemi výrazně menšími než 1 mm.

Hmoty na filtrech z obou lokalit se podstatně lišily složením hrubších částic (1 - 10 μm).

Výsledky bodových EDX analýz jsou uvedeny v tab. 1 a 2. Je nutno poznamenat, že vzhledem k malým rozměrům částic a jednotlivých fází v nich obsažených a také vzhledem k nerovnostem povrchu, jsou však výsledky těchto analýz pouze orientační.

V tab. 1 je uvedeno složení vybraných částic z aerosolů v Sloupsko-šošůvských jeskyních, izolovaných na dvou filtrech během listopadu a prosince 1999. Většina

	1	2	3	4	5	6	7	8
SO ₃	31.18	28.49	36.76	47.44	55.71	2.81	3.02	2.77
CaO	23.87	23.07	28.46	33.15	39.04	1.91	-	2.58
SiO ₂	1.39	5.18	1.13	14.63	1.62	9.8	15.12	2.24
Al ₂ O ₃	0.77	1.92	0.42	0.94	0.45	3.33	0.72	1.13
K ₂ O	0.45	1.03	0.49	0.24	0.17	2.51	0.5	0.37
Cl	3.25	3.65	5.32	1.68	1.65	30.52	-	2.74
Na ₂ O	1.9	1	1	-	-	-	-	-
CuO	0.59	-	1	-	-	2.02	-	-
FeO	-	0.7	-	0.94	0.99	1.24	73.12	-
MgO	-	-	-	0.99	0.37	2.36	-	-
TiO ₂	-	-	-	-	-	0.55	-	-
MnO	-	-	-	-	-	-	1.02	-
ZnO	-	-	-	-	-	2.87	-	38.81
P ₂ O ₅	-	-	-	-	-	-	0.93	-

Tab. 1 - Chemické složení částic v aerosolech Sloupsko-šošůvských jeskyní (EDX, hm. %).

Tab. 1 - Chemical composition of aerosol particles from the Sloupsko-Šošůvská Caves (EDX, wt. %).

	Filtr č.1			Filtr č.2				Filtr č.3	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
SiO ₂	1.4	2.93	-	4.96	11.15	44.38	29.34	6.1	3.1
Al ₂ O ₃	-	0.61	-	0.94	0.23	19.89	14.94	0.61	0.9
CaO	-	20.41	1.29	1.46	18.22	3.49	8.98	40.57	-
K ₂ O	-	-	5.05	-	0.5	3.71	4.43	-	-
MgO	-	-	-	-	-	-	1.65	-	-
FeO	-	0.43	-	-	1.51	6.94	1.92	-	26.62
TiO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	68.58
MnO	-	-	-	-	-	-	-	-	0.8
BaO	11.04	-	-	45.98	-	-	-	-	-
CuO	-	-	19.32	-	-	-	-	-	-
ZnO	-	-	-	3.14	8.47	5.47	4.41	-	-
SO ₃	7.4	25.83	7.41	27.92	3.08	1.82	-	50.76	-
Cl	-	1.63	8.44	3.97	1.27	0.74	0.24	1.97	-

Tab. 2 - Chemické složení částic v aerosolech Císařské jeskyně (EDX, hm. %).

Tab. 2 - Chemical composition of the aerosol particles from the Císařská Cave (EDX, wt. %).

částic nad 1 mikrometr je tvořena vápníkem a sírou (analýzy 1 - 5). V několika případech byly také zaznamenány vysoké obsahy Cl (analýza 6) a kovů, především Zn (analýza 8), Fe (analýza 7) a v omezeném množství i Cu (analýzy 1, 3 a 6). Stechiometrické poměry dalších částic (určené EDX analýzami) odpovídaly křemeni, kalcitu a silikátům (slídy, chlority a různé silikátové měsi).

V Císařské jeskyni, kde spočívalo těžiště výzkumu, bylo zjištěno nejen odlišné složení částic (tab. 2), ale také značná časová variabilita. Stechiometrie většiny částic (EDX analýzy) odpovídaly křemeni, kalcitu a silikátům (živcům, fylosilikátům). V některých částicích (ve významně menším počtu než na filtrech ze Sloupských jeskyní) se objevuje síra (tab. 2, analýzy 1 až 6 a 8) a také chlór (tab. 2, analýzy 2 až 8).

Na filtru č.1 (ultrafiltrace 13. 1. - 28. 1. 2000) byla sporadicky zaznamenána přítomnost těžkých kovů - barya (tab. 2, filtr č.1, analýza 1) a mědi (tab. 2, filtr č.1, analýza 3).

Na stavbě některých částic na filtru č.2 (ultrafiltrace 28. 1. - 9. 3. 2000) se významně podílel zinek (tab. 2, filtr č. 2, analýzy 4 až 7). Byla také zaznamenána přítomnost barya (tab. 2, filtr č. 2, analýza 4).

Mezi částicemi zachycenými na filtru č.3 (ultrafiltrace 9. 3. - 13. 4. 2000) bylo zaregistrováno zvýšené množství

titanu (tab. 2, filtr č. 3, analýza 9). Těžké kovy (Ba, Cu a Zn) nalezené na filtrech 1 a 2 v předcházejícím období nebyly na tomto filtru vůbec zaznamenány!

Tak proměnlivé složení speleo-aerosolů v závislosti na poloze jeskyně a čase, jak bylo prokázáno v této studii, je skutečně překvapivé. Ukazuje se, že jeskynní atmosféra pravděpodobně komunikuje mnohem citlivěji s okolní atmosférou, než se všeobecně předpokládalo. V závislosti na vnějších podmínkách se může měnit proudění vzduchu jeskynním systémem (tzv. dýchání jeskyně), které může do jeskyně zanášet polutanty z okolní atmosféry. Tyto se pak mohou koncentrovat na částicích speleo-aerosolů.

Zvýšené obsahy těžkých kovů, chlóru a síry v jeskynních aerosolech jsou obzvláště alarmující. Na základě analýz několika jednotlivých filtrů je obtížné objektivně posoudit jak příčiny sledovaného jevu, tak i jeho důsledky. Zatím je také nemožné učinit jakékoliv prognózy o změnách složení speleoatmosféry v průběhu roku a v závislosti na sezónních vlivech. Avšak vzhledem k závažnosti těchto zjištění bude probíhat systematické monitorování atmosféry na povrchu i ve vybraných jeskynních prostorách, a to zejména tam, kde probíhá speleoterapeutická léčba.

Literatura:

Faimon, J. - Štelcl, J. - Zimák, J. - Slavík, P. (2000): Aerosoly v atmosféře Císařské jeskyně (Moravský kras). - Geol. výzk. Mor. Slez. v r. 1999, VII, 146-147. Brno.