

from black shales in the formation of tin deposits of the Dachang tin field: Evidence from sulfur isotope study. In: H. Papunen (ed.), Mineral Deposits: Research and Exploration - where do they meet ?, pp. 91–94, A.A.Balkema. Rotterdam.

PAŠAVA, J. - KRÍBEK, B. - DOBEŠ, P. - VAVŘÍN, I. - ŽÁK, K. - FAN DELIAN - ZHANG, TAO (1999): The role of black shales in the formation of tin-polymetallic deposits in the eastern part of the Dachang tin field (south China). In: Stanley, Ch. J. et al. eds, Mineral Deposits Proceedings of the SGA-IAGOD Conference in London, 263–266, A. A. Balkema. Rotterdam.

PAŠAVA, J. - KRÍBEK, B. - DOBEŠ, P. - VAVŘÍN, I. - ŽÁK, K. - FAN DELIAN - ZHANG, TAO (submitted): The importance of black shales in the origin of tin-polymetallic ores in the Dachang ore district, South China. Submitted to the 31st IGC, Rio de Janeiro, Brazil, August 6–17, 2000. Symposium 11–3 (Mineral Deposits Associated with Black Shales).

PAŠAVA, J. - KRÍBEK, B. - DOBEŠ, P. - VAVŘÍN, I. - ŽÁK, K. - FAN DELIAN - ZHANG, TAO (in preparation): Involvement of black shales in the formation of tin-polymetallic deposits in the eastern part of the Dachang tin field (South China): Evidence from mineralogical, geochemical, isotopic and fluid inclusion studies. Mineralium Deposita.

LITOLOGIE A GEOCHEMIE SILURSKÝCH GRAPTOLITOVÝCH BŘIDLIC V KARNSKÝCH ALPÁCH (RAKOUSKO)

Lithology and geochemistry of Silurian black graptolitic shales of the Carnic Alps (Austria)

JAN PAŠAVA¹ - HANS PETER SCHÖNLAUB²

¹Ceský geologický ústav, Klárov 3, 118 21 Praha 1

²Austrian Geological Survey, Rasumofskygasse 23, Vienna

Keywords: Silurian, Black shale, Lithology, Geochemistry, Carnic Alps

Abstract: The distribution of major and trace elements in Silurian graptolitic shales of the Carnic Alps suggests important changes of depositional environment. With the beginning of the Silurian transgression and progressing subsidence, mostly chemically mature "siliceous" shales with generally higher Zr values were deposited in normal marine environment. The character of sedimentation has rapidly changed during Wenlock when chemically less mature calcareous shales together with carbonates dominated. The termination of basinal subsidence in Upper Silurian (Ludlow-Přídolí), has resulted in the deposition of chemically well mature graptolitic shales. Sulphidic graptolitic shales were mostly deposited in restricted marine environment (low O₂ concentrations) with local periods of inhospitable bottom conditions (little or no O₂ was present and H₂S may have been continually or intermittently present). These facies can be classified as metalliferous black shales and represent a potential environmental harm especially in areas where carbonate lithology is missing.

Jedním z cílů IGCP 429 „Organics in Major Environmental Issues“ (1998–2002) je studium environmentálních aspektů kovonošných černých břidlic, jejichž výchozové partie jsou hojně v řadě oblastí celého světa. Tyto sulfidické facie mohou způsobovat prostřednictvím uvolňování kovů, kyselých vod a radioaktivních plynů vážné škody v oblasti životního prostředí. Karnské Alpy jsou klasickou oblastí výskytu silurských graptolitových černých břidlic, které byly v minulosti předmětem intenzivního litologického a paleontologického studia. V následujícím textu jsou uvedeny první výsledky geochemického studia těchto facií, jejich geochemická klasifikace, i porovnání s obdobnými výskyty z pražské pánve (ČR), severovýchodního Bavorška (SRN) a Armorického masívu (Francie). Tyto práce byly uskutečněny v rámci bilaterální vědecké spolupráce mezi rakouským a českým geologickým ústavem.

VÝVOJ SILURU V KARNSKÝCH ALPÁCH

Silurská transgrese v oblasti Karnských Alp začala počátkem llandoveru. V rámci silurských sedimentů rozlišil WENZEL (1997) 4 hlavní faciální vývoje, které odražejí různé hloubkové a energetické podmínky vzniku:

1. Plöckenská facie – středně hlubokovodní sedimentace zahrnuje pelagické sedimenty formace Kok, Cardiola a dále vápence formace Alticola-Megaerella. Klasický profil v oblasti Cellonetta dosahuje mocnosti 60 m.
2. Wolayerská facie – zřetelně mělkovodnější sedimentace reprezentovaná zejména fosiliferními vápenci se zbytky nautiloidů, trilobitů, mlžů, malých brachiopodů, gasteropodů ap. Mocnost této facie je 10–15 m.
3. Bischofalská facie – sedimenty hlubokovodního (stagnantního) prostředí zahrnují 60–80 m mocné polohy černých křemičitých břidlic, černých silicitů a typických černých graptolitových břidlic (typ alum shale). JAEGER (1975) dále rozčlenil tuto facii na spodní, střední a vrchní bischofalské břidlice.
4. Findenigská facie – reprezentuje přechodný člen mezi mělkovodním a stagnanterním prostředím a obsahuje vedle černých graptolitových břidlic rovněž vápnité prachovce a polohy tmavých vápenců. Při bázi této facie se lokálně vyskytuje křemičitý pískovec.

Tyto 4 facie tedy odražejí různá stadia vývoje silurského bazénu. V období od llandoveru do začátku ludlow charakter sedimentace naznačuje pokračující výrazné prohlubování bazénu s transgresním režimem, které bylo ukončeno asi během pridoli a následováno periodou ukládání poloh vápenců. Zároveň s tím došlo i ke změně charakteru sedimentace v rámci bischofalské facie, kde sedimentace spodních bischofalských typických černých graptolitových břidlic byla nahrazena uložením středních bischofalských zelenavých a šedavých břidlic. Od počátku devonu do konce období Lochkov došlo ke znovuobnovení hlubokovodní sedimentace a k uložení typických černých graptolitových břidlic (SCHÖNLAUB 1993).

Tabulka 1. Průměrné chemické složení silurských graptolitových břidlic z Kamnických Alp v porovnání s ostatními výskyty

PRAGUE BASIN		NE BAVARIA		ARMORICAN MASSIF		CARNIC ALPS	
Llandovery	Wenlock	Llandovery-Ludlow	Llandovery	Wenlock	Llandovery	Wenlock	Cheer
Clayey mudstones +	Calcareous mudstones	Lower graptolitic shales	Clayey shales	Graphitic shales	Sulphidic graphite-sh.	Graphitic shales	Graipolitic shales
n=13	n=4	n=26	n=12	n=13	n=1	n=7	n=1
Štôrč a Pašava (1989)	Dabard a Paris (1986)	Dill (1986)	Dabard a Paris (1986)	Pašava a Schönlaub (1999)			
SiO ₂	60.84	61.83	47.75	71.79	68.41	14.12	56.89
TiO ₂	0.91	0.79	0.59	0.93	0.53	0.45	0.26
Al ₂ O ₃	9.82	10.10	11.45	15.40	11.28	7.86	6.24
Fe ₂ O ₃	2.09	2.11	4.24	1.76	0.79	3.50	8.35
HeO	0.53	1.64	n.d.	n.d.	2.22	19.48	1.78
MnO	0.02	0.035	0.02	tr.	0.11	0.642	0.62
MgO	0.75	1.51	1.49	0.58	0.49	1.06	1.01
CaO	0.49	7.10	4.31	tr.	0.12	3.10	10.34
Na ₂ O	1.07	1.28	0.14	0.11	0.15	0.48	0.27
K ₂ O	2.00	2.24	3.46	3.81	2.55	2.06	1.86
P ₂ O ₅	0.19	0.13	1.61	0.11	0.06	0.50	0.59
CO ₂	0.11	5.10	n.d.	n.d.	2.29	19.42	7.24
C _{org}	3.23	2.86	14.13	n.d.	n.d.	5.41	3.61
S _{tot}	0.22	0.83	3.94	n.d.	n.d.	1.07	4.93
Rb	59	70	n.d.	207	118	69	60
Pb	23	14	46	n.d.	n.d.	53	62
Sr	237	179	129	359	132	88	156
Y	48	35	n.d.	123	52	44	71
U	10	8	42	n.d.	n.d.	10	34
Zr	114	109	7	n.d.	n.d.	113	129
Sn	7	10	n.d.	n.d.	n.d.	3.5	74
Nb	13	n.d.	n.d.	n.d.	16	8	9
V	n.d.	n.d.	381	239	1748	299	251
Mo	33	48	137	n.d.	n.d.	11	17
Cu	89	112	353	n.d.	n.d.	68	56
Sn	77	127	331	n.d.	n.d.	84	66
Cr	135	107	589	202	93	235	73
Zn	32	258	314	n.d.	n.d.	59	215
As	16	8	130	n.d.	n.d.	31	152
Al	43	37	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.

VÝSLEDKY GEOCHEMICKÉHO STUDIA HLAVNÍCH A STOPOVÝCH PRVKŮ

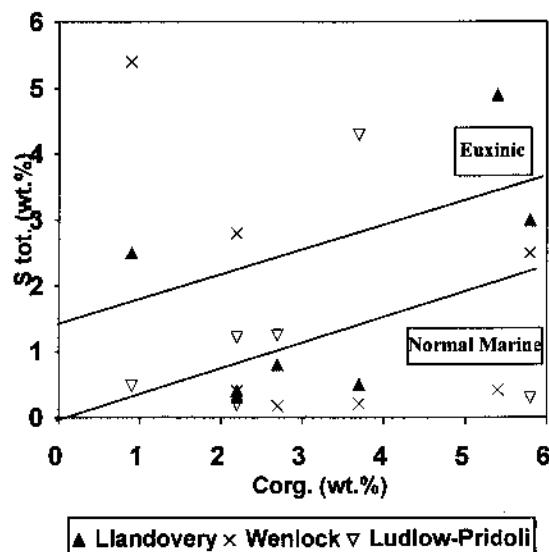
Průměrné chemické složení silurských graptolitových břidlic Karnských Alp v porovnání s podobnými faciami z oblasti Pražské pánve, severovýchodního Bavorska a Armorického masívu je přehledně uvedeno v tab. 1.

Nástup sedimentace černých břidlic počátkem siluru byl výsledkem rozsáhlé transgrese v důsledku tání ordovicích ledovců. Tato významná událost rovněž výrazně ovlivnila další vývoj sedimentace a života. S nástupem transgrese a postupného prohlubováním sedimentačního prostoru na počátku siluru došlo v oblasti Karnských Alp nejprve k ukládání chemicky zralých křemitých černých břidlic, které se vyznačují vyššími obsahy Zr. Tyto facie vznikaly ještě v normálním mořském prostředí. Zjištěné poměry $S/C_{org.}$, DOP (stupeň pyritizace) a V/Cr indikují, že většina černých graptolitových břidlic llandoverského stáří však byla uložena v prostředí omezené cirkulace, charakterizovaném častými euxinickými periodami (obr. 1). Sulfidické kovonosné graptolitové černé břidlice byly pak výsledkem sedimentace v prostředí s nízkými nebo chybějícími obsahy kyslíku, ve kterém buď dominoval nebo se periodicky objevoval sirovodík (hodnoty DOP = 0,75).

K rychlé změně charakteru sedimentace došlo během wenlocku kdy docházelo k ukládání chemicky méně zralých vápnitých břidlic s polohami vápenců. Zjištěné hodnoty poměru $S/C_{org.}$, DOP a V/Cr opět dokumentují změny sedimentačního prostředí od normálních mořských podmínek s prokysličeným dnem k podmínkám euxinickým kdy došlo ke vzniku sulfidických vápnitých graptolitových břidlic (obr. 1). Konec poklesu bazénu (ludlow-pridoli) se projevil sedimentací chemicky velmi zralých křemitých graptolitových břidlic s polohami silicitů (nižší obsahy $C_{org.}$ a CaO při vyšších obsazích SiO₂).

Vývoj silurského sedimentačního bazénu v oblasti Karnských Alp se výrazně projevil i v charakteru distribuce stopových prvků. Černé křemité graptolitové břidlice llandoveru jsou v porovnání s vápnitými faciami wenlocku výrazně ochuzeny stronciem, které je vázáno na výskyt karbonátů. Nejvyšší průměrné obsahy Zr a TiO₂ detekované v llandoverských křemitých břidlicích odrázejí počáteční stadium silurské transgrese a blízkost kontinentálního zdroje, který však nebyl bohatý dalšími kovy. Naopak, nejvyšší průměrné obsahy Pb, Zn, Cu, Ni a As jsou úzce spjaty s výskyty vápnitých graptolitových břidlic wenlocku. V porovnání s normálními a kovonosnými břidlicemi (KANE et al. 1990) je zřetelné, že tyto facie lze klasifikovat jako kovonosné černé břidlice. Distribuce kovů ve vrchně silurských graptolitových břidlicích je obdobná jako ve faciích llandoverských, avšak více vápnité břidlice ludlow-pridoli se vyznačují vyššími obsahy Sr, Zr a Zn.

Porovnání chemismu silurských černých graptolitových břidlic z oblasti Karnských Alp ukázalo, že zejména llandoverské facie jsou chemicky blízké černým graptolitovým břidlicím z oblasti Pražské pánve (tab. 1). Liší se jen vyššími obsahy CaO při nižších obsazích $C_{org.}$ llandoverské



Obr. 1. $C_{org.}/S_{tot.}$ diagram pro silurské graptolitové břidlice z Karnských Alp (Rakousko).

graptolitové břidlice z Armorického masívu jsou oproti stejně starým faciem z Karnských Alp a pražské pánve silně ochuzeny SiO₂ při vyšších obsazích Al₂O₃, Rb, Sr, Zr and V.

Graptolitové břidlice wenlocku z regionu Karnských Alp se vyznačují v porovnání s odpovídajícími faciami z Pražské pánve nepatrne nižšími obsahy SiO₂, TiO₂, Al₂O₃ a výrazně nižšími obsahy Na₂O, avšak mají zřetelně vyšší hodnoty MnO, CaO, Zn a As. Wenlocké graptolitové břidlice z Armorického masívu jsou ve srovnání se stejně starými faciem z Karnských Alp a Pražské pánve typické výrazně vyššími obsahy SiO₂ při nižších hodnotách CaO a P₂O₅.

ZÁVĚR

Celkové zjištěné geochemické trendy zřetelně odrázejí vývoj silurského bazénu v oblasti Karnských Alp a jsou v souhlasu s výsledky dřívějších sedimentologických a paleontologických studií. Zároveň podporují názor, že uvedený sedimentační prostor prodělal výraznou transgresi spjatou se zahubováním bazénu v období od llandoveru do začátku ludlow.

Bыло зjištěno, že některé facie silurských graptolitových břidlic v Karnských Alpách jsou sulfidické a kovy bohaté, a že odpovídají kovonosným černým břidlicím. Protože se tyto facie v uvedeném regionu hojně vyskytují, je třeba upozornit na možnou kontaminaci prostředí (kyselé vody a loužení těžkých kovů) zejména tam, kde chybí karbonátová litologie.

Literatura

- BERNER, R. - RAISWELL, R. (1984): C/S method for distinguishing freshwater from marine sedimentary rocks. – Geology, vol. 12, p. 365–368. Boulder.
- DABARD, M. P. - PARIS, F. (1986): Palaeontological and geochemical characteristics of Silurian shale formations from the Central Brittany Domain of the Armorican Massif (Northwest France). Chemical Geology, vol. 55, p. 17–29. Amsterdam.
- DILL, H. (1986): Metallogenesis of Early Paleozoic Graptolite Shales from the Graefenthal Horst (Northern Bavaria, FR of Germany). – Economic Geology, vol. 81, p. 889–903. New Haven.
- JAEGER, H. (1975): Die Graptolitenführung im Silur/Devon des Célon-Profil (Karnische Alpen). Carinthia II, 165/85, 11–126.
- PAŠAVA, J. - SCHÖNLAUB, H. P. (1999): Stratigraphy, geochemistry and origin of Silurian black graptolitic shales of the Carnic Alps (Austria). Abh. Geol. B.-A., 56/1, 317–324.
- SCHÖNLAUB, H. P. (1993): Stratigraphy, Biogeography and Climatic Relationships of the Alpine Palaeozoic. In: Pre-Mesozoic geology in the Alps (J. F. von Raumer, F. Neubauer eds.). Springer Verlag, 65–91.
- ŠTŘÍČ, P. - PAŠAVA, J. (1989): Stratigraphy, chemistry and origin of the Lower Silurian black shales of the Prague basin, Barrandian, Bohemia. Věstník Ústř. úst. geol., 64, 143–162. Praha.
- WENZEL, B. (1997): Isotopenstratigraphische Untersuchungen an silurischen Abfolgen und deren palaoceanographische Interpretation. Erlangen geol. Abh., 129, 1–117.

GEOCHRONOLOGIE A GEOLOGIE GRANITU ZVŮLE

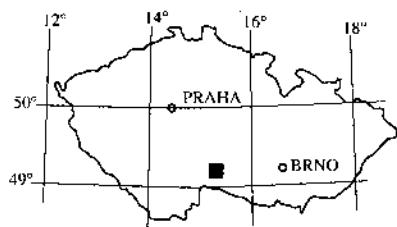
Geochronology and Geology of the Zvůle Granite

SUSANNA SCHARBERT¹ – KAREL BREITER²

¹Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien

²Karel Breiter, Český geologický ústav, Geologická 6, CZ-15200 Praha 5

(23-34 Jindřichův Hradec)



Key words: Granites, Geochronology, South Bohemian Pluton, Moldanubicum

Abstract: The Zvůle granite (ZG, formerly termed also Landštejn granite, Fig. 1a) forms a circular-shaped stock in the axial part of the NE-branch of the South Bohemian Pluton (SBP). The extension of the stock was indicated by a Th-minimum in airborne gamma-ray spectrometry (DĚDÁČEK et al. 1991, Fig. 1c) and precisely located by new mapping (Fig. 1b). Deep roots of the stock are indicated by strong negative anomalies of gravity (BLÍŽKOVSKÝ, NOVOTNÝ 1982). Petrographically, the ZG is a medium- to coarse-grained, equigranular to slightly porphyritic two-mica albite granite. In several samples, the biotite is chloritized. According to detailed geochemical sampling, the ZG is reversely zoned with the most evolved facies along the S. contact (Fig. 1d,e). Six samples of the ZG were investigated by the Rb-Sr method. The contents of Rb and Sr were determined by the isotope dilution method with a VG@MM30 solid source mass spectrometer. These six samples exhibit a good spread and allowed to calculate and construct a perfect isochron according to LUDWIG'S (1992) model 1 (Tab. 1, Fig. 2). From geochronological investigation we conclude that emplacement and crystallisation of the ZG occurred 320.5 ± 2.7 Ma ago with an initial Sr ratio of 0.7126 ± 0.0007 (MSWD 0.63). The late/post-magmatic chloritisation of sample 2943 does not shift the results beyond the error limits. The ZG represents the isotopically most homogeneous melt within the peraluminous suite of the SBP. The older members of this suite, the

Címěř and Eisgarn s. s. granites (c. 330 Ma), are much less homogeneous: their scatter is strong in Sr isotope composition which makes it difficult to get precise age (SCHARBERT 1998). The evolution of well mixed melts seems to be time dependent: The latest Zvůle intrusion could form in a lower, better homogenised magma chamber.

This project was supported by the Austrian-Czech Agency AKTION.

GEOLOGIE

Granit Zvůle (GZ) leží v osnici části Centrálního plutonu Moldanubika (CMP) s. od česko-rakouské hranice. Těleso Zvůle má zhruba kruhový tvar a pouze zčásti odpovídá tělesu granitu „landštejnského typu“ definovanému ZOUBEKEM (1949) (srovnej obr. 1a). Pochybnosti o skutečném tvaru intruze vyslovila již MANNOVÁ (in DĚDÁČEK et al. 1991) na základě negativní anomálie thoria kruhového tvaru zjištěné leteckou spektrometrií gama (obr. 1c). Podrobný geochemický výzkum a nové mapování potvrdily kruhový tvar tělesa a upřesnily jeho rozsah (obr. 1b). Granity v okolí hradu Landštejn ve skutečnosti patří k hrubozrnné varietě granitu číměřského typu (BREITER et al. 1998). Termín „landštejnský typ“ v pojetí Zoubka l.c. je tedy omylem a neměl by být používán. Pro nově definované kruhové granitové těleso používáme termín Zvůle podle rybníka a osady v jeho centru. Kruhový tvar intruze dobře odpovídá negativní anomálii těží (BLÍŽKOVSKÝ, NOVOTNÝ 1982) dokládající hluboké kořenění této intruze.

Petrograficky je granit Zvůle středně až hrubě zrnitý, nevýrazně porfyrický dvojslídny albitický granit. Biotit je v některých částech tělesa silně chloritizován.

Geochemicky jde o silně peraluminický granit s nízkými obsahy všech kompatibilních stopových prvků (Sr, Zr, Th, REE apod.). Vykazuje reverzně zonální stavbu s nej-