

Abiogenní uhlík v uhelné geologii a mineralogii Českého masivu

Deep hydrocarbons in the coal geology and mineralogy of the Czech Massif

Petr Rajlich

Jihočeské muzeum v Českých Budějovicích, Dukelská 1, CZ – 370 51 České Budějovice, rajlich@muzeumcb.cz

Abstract: Geological disparity from established ideas about coalification, about the genesis of graphite and common quartz veins with pseudomorphoses of the calcite-papierspat, are assessed in the Bohemian Massif as a manifestation of non-biogenic hydrocarbons. Extremely abundant occurrences of high rank coal deposits, limestones and uranium minerals accompanied by carbonates is related to output of methane from faults in the basement of the Bohemian massif created by cometary impact 2 billion years ago.

Key words: Bohemian massif, stone coal, brown coal, antracite, coalification, graphite, papierspat

ÚVOD

Čtvrté nejhojnější zastoupení uhlíku mezi prvky v blízkém Vesmíru a zjištění masivního podílu uhlovodíků na některých tělesech sluneční soustavy EHRENFREUD & CAMI (2010), představuje z hlediska jeho zastoupení a původu na Zemi výzvu, které čelí současná geologie (GOLD 2001; ZILLMER 2009). V povědomí geologů představují uhlovodíky povětšinou látky vzniklé biogenní činností a později přeměněné za působení zvýšené teploty a zvýšeného tlaku, v naší literatuře například DOPITA et al. (1985). Podle těchto představ se uhlík dostává do hornin zemské kůry popřípadě geosféry v uzavřeném geobiologickém cyklu mezi zemským povrchem a hlubšími částmi Země (https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_cycle). V geosféře má být uhlík podle těchto předpokladů uložen převážně ve formě vápenců či kerogenu vzniklých z biogenní aktivity tj. jako tzv. organický uhlík (obr. 1).



Obr. 1 Ilustrace představ o biogenním původu uhlovodíků (RAJLICHOVÁ originál)

Fig. 1 Cartoon of ideas about the origin of hydrocarbons (contributed RAJLICHOVÁ the original)

V práci se budeme zabývat případy kdy přítomnost a koncentrace uhlíku v Českém masivu poukazuje na jeho hlubinný/nebiogenní původ nejspíše v podobě metanu. Jsou testovány hypotézy GOLDA 2001 z kapitol: a) teorie hlubokého vývěru (uhlovodíků) při formování uhlí (s. 86) a b) klíče v karbonátickém

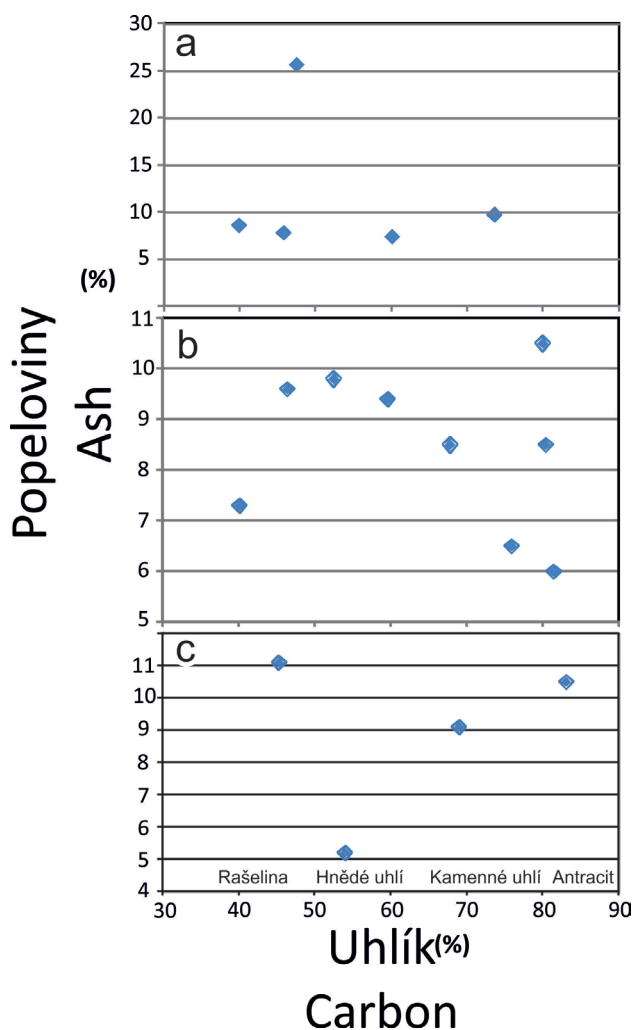
záznamu (s. 61). Mimořádná množství uhlíku uložená v uhlí nebo ve vápencích ukazují na soustředěný dlouhodobý výstup uhlovodíků v Českém masivu. Ten patrně umožnilo hluboké porušení litosféry dopadem meteoritu před cca 2 miliardami let (RAJLICH 2007).

METODIKA

Podpěrnou metodikou rozlišení biogenního či nebiogenního původu uhlovodíků v geologických materiálech se jeví časové zařazení jejich vzniku a porovnání petrologických forem prouhelnění s geologickými podmínkami v horninovém prostředí. Poukazujeme na pozdější prouhelnění v časovém vývoji severočeské hnědouhelné pánve, a to zvláště ve vztahu k tektonice a k okolnímu horninovému masivu. Vedle vztahu vitritu či uhelné metafáze k uchování rostlinných zbytků hodnotíme výskyt antracitu vzhledem k souběžnému provápňení s nepřítomností jakékoliv teplotně tlakové přeměny permských břidlic v okolí Českých Budějovic a cca 2 miliardy let starou grafítizaci ropy v grafitových výskytech jižních Čech (TICHÝ 1978, PETÁKOVÁ et al. 2008). Shromáždili jsme doklady o souvisejících a identických výskytech křemenných klamotvarů po papírovém kalcitu (pravděpodobně rychle rostoucí tenkým archům papíru podobný kalcit) ve vývoji význačných křemenných žil Čech.

UHLÍ, ANTRACIT A GRAFIT

Jestliže rašeliny a lignit pocházejí z nerozložených hmot biogenního původu, černé uhlí a antracit podle obsahu popelovin a uhlíku na ně nenavazují v přímé posloupnosti (obr. 2). Je to zvláště patrné na antracitu, kde vysoký obsah uhlíku 88 až 93,8 % ukazuje na jeho přibývání v podstatě za neměnného obsahu popelovin 2,8 až 26,3 % HAVLENA, (1960). Obsah uhlíku by neměl v případě vzniku antracitu z rašeliny přibývat na úkor popelovin. GOLD (2001) předpokládá, že uhlí vzniká obdobným způsobem při vývěru hlubinných uhlovodíků, které se jinde hromadí jako ropa a plyn. Uhlí na rozdíl od ropy a plynu vzniká v místech, kde vodíková složka byla odvedena, přičemž zůstávaly na místě uhlíkem vysoce nasycené a vodíkem ochuzené uhlovodíky.



Obr. 2 Vzestup podílu uhlíku je nezávislý na obsahu popelovin; a - rozborů reprezentativních vzorků uhlí ze Spojených států amerických GOSWAMI (2004), b - elementární rozbor (ASHRAE Mechanical Fundamentals Handbook); c - NĚMEC (2011) odkaz na tabulku LIBICH (1983), (opraven obsah C u černého uhlí)

Fig. 2 The rise of the proportion of carbon in the context of the coalification is not accompanied by a corresponding increase in the content of ash as we would expect in the case of a closed system with a conversion to 100%; a-analysis of representative samples of coal from the United States of America GOSWAMI (2004), b - elemental analysis (ASHRAE Fundamentals Handbook Mechanical); (c)-NĚMEC (2011) link to table LIBICH (1983), (fixed content (C) at the stone coal)

V případě, že se v hornině fixují první atomy uhlíku, které mohou vzniknout například bakteriální činností, začne se zpětnou vazbou uplatňovat jejich katalytické působení, které vede k dalšímu ukládání uhlíku ať už z metanu, či z jiných sloučenin uhlíku. To znamená, že v místech trvalejšího vývěru uhlovodíků se uhlík mimořádně koncentruje. Prvotní přítomnost uhlíku je nezbytná pro jeho další hromadění (GOLD 2001, s. 92). Je pravděpodobné, že "obyčejné" biogenní zbytky v usazeninách s vhodnou porozitou s běžnou příměsí nerostů působí jako spouštěč pochodu. V konečné podobě uhlík příslušející původním rostlinám může být nepatrným zlomkem v poměru k přinesenému uhlíku. Minerální obsah uhlí dosáhne hodnot (nizkých), které nikdy nenajdeme ve vegetaci na zemském povrchu.

Podpůrný experiment provedl GOLD (2001) s použitím průhledné trubice z křemenného skla částečně obklopené silným elektrickým topením tak, aby bylo možné pozorovat její vnitřek. Do trubice byl vháněn metan při zvyšování teploty. Za teploty ca 800° C se náhle objevila na vnitřní straně trubice černá tečka, která se ve zlomku vteřiny proměnila na proužek rozšiřující se ve tvaru trojúhelníku ve směru proudění metanu. Je zřejmé, že jakmile se objevil první bod, všechno další ukládání uhlíku se rychle soustředilo do jedné rozšiřující se hmoty kolem něj (GOLD 2001, s. 94).

Nejsilnější námitka proti tradičnímu názoru o biogenním původu uhlí vyplývá z výše uvedeného nepoměru tj. z velmi nízkého obsahu popelovin ve většině černých uhlí (GOLD 2001). Některé uhelné sloje jsou až 170 m mocné MARALBAYEV (2014), přičemž mají nízký např. pouze 4% minerální obsah. Zbytek představuje uhlík s menším podílem vodíku, kyslíku a síry v různých sloučeninách. Pro to, aby se v bažině usadilo např. pro vznik 10 m sloje dostatečné množství uhlíku, musela by rašelina mít mocnost 100m, s minerálním obsahem anorganické minerální složky méně než 1% a ponořit se do několikaset metrových hloubek. Žádné takové bažiny dnes nejsou a jeví se krajně nepravděpodobné, že rostliny by kdykoliv mohly růst v takovýchto podmínkách.

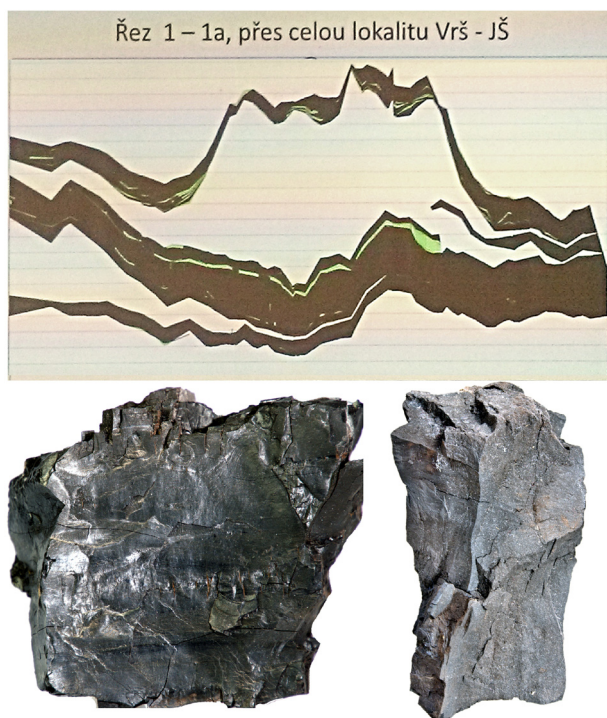


Obr. 3 a - příklad prouhelnění kmene z černého uhlí s uchovanými letorosty vyplněný vitrinitem stejným jako v okolní masě uhlí, který nevznikl z rostlinného detritu, Svatoňovice. Sbírky Jihočeského muzea (P.HP. 64), b, c - přednostní porušení černouhelných mm mocných vitrinitových proplátek kliváží zvyšuje jejich propustnost pro uhlovodíky (Zbůch). Rozměry, vzorek a (10 x 11,3 cm), vzorek b (18 x 14 cm), vzorek c (11,5 x 9, 5 cm)

Fig. 3 a - example of the coalification of the trunk with annual shoots, preserved by the same vitrinite as in the surrounding coal. This vitrinite did not arise from the plant detritus, Svatoňovice. Collections of the South Bohemian Museum (P. HP. 64), (b), (c)-cleavage in the coal with vitrinite bands mm increases the permeability to hydrocarbons (Zbůch). Dimensions of sample a (10 x 11,3 cm), sample b (18 x 14 cm), sample c (11,5 x 9, 5 cm)

Hypotéza výhradního podílu biogenního materiálu jako předchůdce uhlí naráží také na protiklad společného výskytu jak samostatných rostlinných zbytků uchovaných až do buněčné stavby pletiva v okolních horninách uhelných slojí, tak o mnoho většího objemu domněle týchž zbytků, které měly být stlačeny a přeměněny až tak dalece, že dnes v tomto uhlí tyto zbytky nenacházíme (obr. 3 a 4).

Není podivné, že jeden list nebo větvička má své tvary dokonale zachované a všechny ostatní listy a stonky v téměř souboru usazených hornin byly přeměny jednotně a masově na téměř čistý uhlík? Za druhé, fosilie jsou někdy vyplněny pevným uhlíkem bez tvarové změny. Zdá se, že každá buňka rostlin byla vyplněna stejným uhlíkatým materiálem, který tvoří převážnou část uhlí mimo fosilie. Jakým způsobem tento materiál vstoupil do struktury fosilií, aniž by jí nepřetvořil? Zdá se, že tyto zkameněliny byly naplněny uhlíkem stejným způsobem, jako je zkamenělé dřevo nahrazeno oxidem křemičitým.

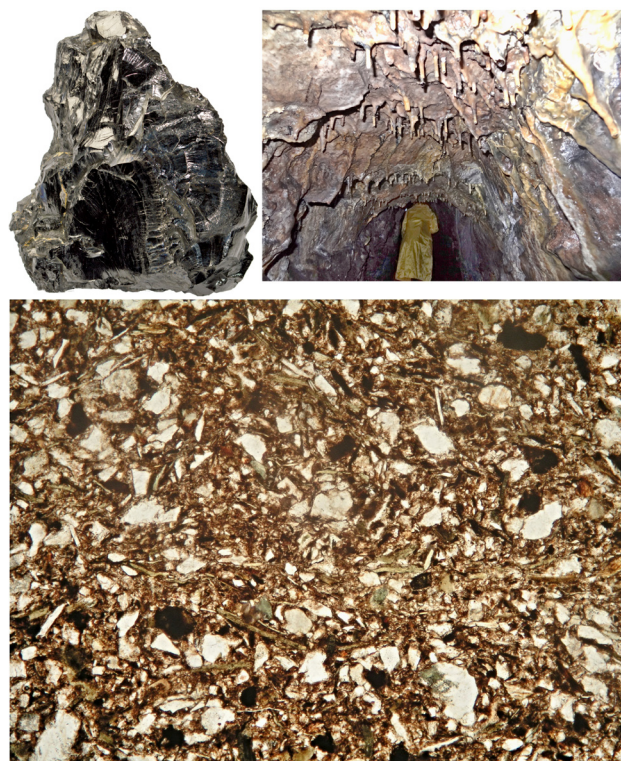


Obr. 4 a - prouhelnění na lokalitě Vršany je mladší než tektonické postižení (pozorovaná stavba) souvrství. Vrchní sloj kopíruje stavbu hrástě. Zlom hrástě neporušují spodní sloj. I přes předpokládané velké stlačení (zmenšení mocnosti) spodní sloje jsou uchovány původní sklony zlomů, obrázek a ústní sdělení (R. FILIPEK 2014), výška profilu ca 50 m. Ortofáze (c) na hranici přechodu k metafázi (b) v lesklém a matném "detritickém" uhlí z dolu Bílina bez viditelných rostlinných zbytků. Rozměr vzorků – b (8 x 7,5 cm), c (13,5 x 7 cm).

Fig. 4 a - coalification at the site Vršany is younger than tectonic segmentation of the strata (observed). The top seam contours the structure of the horst. The faults of the horst do not infringe the bottom seam. Despite the projected great compression (reduced thickness) of the lower seam the original inclinations of the faults are kept, figure FILIPEK (ústní sdělení), height of the section 50 m approximately, b - transition of the coal othophase to metaphase in shiny and matte "detritic" coal from the Bílina mine without visible plant remains. Dimensions of the samples – b (8 x 7,5 cm), c (13,5 x 7 cm)

Problém pro předpoklad vzniku černého uhlí přeměnou rašeliny za vyšších teplot a tlaků přináší krom neprokázaných hloubek ponoření, které v žádném případě nedosahovaly v Českém masivu například 6,5 km (SATRAN 1957) i časový nesoulad mezi dobou prouhelnění a stářím okolních či nadložních usazenin. Ve stropu mnoha černouhelných slojí jsou podle DOPITY et al. (1985) slepence geologicky téměř současné se slojí, ale přesto obsahují úlomky

této sloje již v černouhelném stadiu prouhelnění. Také eroze slepenců v takové sloji by předpokládala vymílání již velmi pevného uhlí. Z toho plynoucí nepravděpodobně krátké době pro vznik černouhelné sloje (řádu stovek tisíců až pouhých desítek tisíců let) protirečí fakt, že se za tak krátkou dobu nemohla vrstva rašeliny octnout v nějaké velké hloubce, a tím v dosahu zvýšené teploty nutné pro černouhelné prouhelnění. Autoři vysvětlují tyto skutečnosti možnostmi, že paleogeotermický stupeň měl buďto hodnotu řádu prvních metrů (tzn. velmi odlišnou od současného geotermického stupně, jehož obvyklá hodnota činí 30–33 m/1 °C), nebo že k prouhelnění docházelo za mnohem slabší teploty, než jaká se podle laboratorních pokusů a odvozených propočtů předpokládá. Dodejme, že při uvážení hlubinného a dlouhodobého vývěru uhlovodíků zřejmě došlo k prouhelnění v době pozdější a dlouhodobě poté co se vytvořila horninová stavba. Úlomky základů slojí ve slepencích byly prouhelněny stejně jako v sousední sloji.



Obr. 5 a - jihočeský antracit z lokality Lhotice (11 x 9 cm), b - krápníky v 300 let staré historické štolě v Úsilném dokládají prosycení permských břidlic uhličitany, c - permské prachovce bez diagenetických či teplotně tlakových proměn rozměr obrazového pole 2*3 cm, Úsilné

Fig. 5 a - South Bohemian anthracite Lhotice, b - stalactites in a historical adit in Úsilné shows high carbonate content in weakly compacted Permian slates, c - thin section of the Permian Siltstone without diagenetical or temperature pressure changes, dimensions of the field 2*3 cm, Úsilné

Na stejný problém v tomto případě tektonického paradoxu, narážíme, pokud uvažujeme prouhelnění starší než stavba hornin a slojí, kterou vidíme na obr. 4 - a. Pro oblast je typické rovněž koryto paleotoku, kterým do mostecké pánve přitékala před zhruba 20 miliony let voda. Takzvaná vymýtina se nacházela zhruba 100 metrů pod úrovní původního

terénu. Nejzajímavější na celém úkazu je velmi ostré ohraničení koryta a jeho výrazné oddělení od okolní uhelné sloje. Opět může jít o prouhelňování mladší než geologická stavba koryta susazeninami bez záchytných prouhelňovacích spouštěčů.

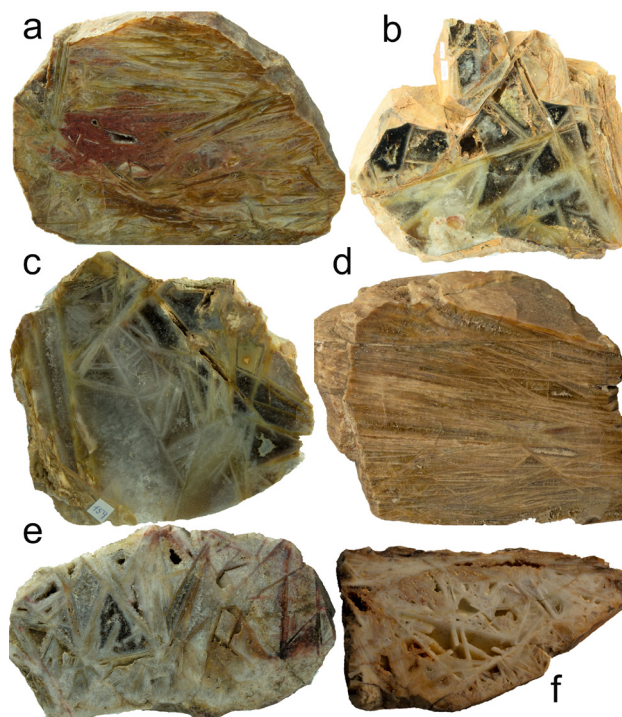
Příklad nepoměru obsahu uhlíku a popelovin přináší jihočeský antracit (Lhotice). Jak jsme uvedli výše, obsahuje 88–93,8 % uhlíku a 2,8 až 26,3 % popelovin (HAVLENA 1960). S vysokým paleogeotermálním gradientem, který by podle čistě biogenního předpokladu měl v té době působit při jeho vzniku (nejvyšší v Českém masivu, (DVOŘÁK & SKOČEK 1975), je v rozporu povaha okolních teplotně a tlakově nepřeměněných břidlic obr. 5. U málo zpevněných prachovců nepozorujeme ani znaky silnější diagenese, natož zanoření do větších hloubek. Podle SUKA (1979) by přeměna okolních hornin antracitového stádia měla dosahovat prehnit-pumpellyitové facie tedy teplotního rozsahu přeměny v rozmezí 250–350° C. To jen odpovídá názoru DOPITY et al. (1985), kteří považují všechny publikované korelace stupně prouhelňování se zónami fylosilikátů nebo zeolitů za vztahy bez prokázané závislosti. Fylosilikáty i zeolity také reagují nejen na růst teploty, ale i (na rozdíl od uhlí), na růst a směr tlaku a na složení pórové vody. Jejich výchozí jakost je navíc určována i původním sedimentačním prostředím. Souvrství permu v okolí Českých Budějovic je silně prosyceno uhlíčitany (obr. 5) popřípadě obsahuje pelosiderity a bitumenní vápence ve lhotických vrstvách (PEŠEK & SIVEK 2012). Vysoký podíl uhlíku (karbonátů) v hydrotermálních roztocích je typický pro nedaleké variské rudní žíly rudolfovského revíru. Podle nevyššího stupně prouhelňování jihočeského antracitu součástí permského platformního postorogenního pokryvu bychom očekávali přinejmenším obdobnou povahu u karbonských starších uhlí. Ty ale vykazují nižší stupeň prouhelňování a to pravděpodobně z důvodů, že jejich sloje neleží přímo na významných zlomech obdobných blanické brázdě podle kterých vystupovaly hlubinné uhlovodíky.



Obr. 6 Jihočeský grafit (10*7,5 cm)

Fig. 6 South Bohemian graphite

Časová hranice cca 2 miliardy let určená šokovými křemeny Českého masivu (RAJLICH 2007, 2015), odděluje předimpaktní a poimpaktní horniny. Do předimpaktních hornin tak spadají výskyty grafitů, obr. 6 v Českém masivu. Jejich zdroj představuje ropa (TICHÝ 1978, 1979, 2002; STEJSKAL et al. 2006). Izotopické vyrovnání grafitu s okolními vápenci při pozdějším přenosu horkými vodami (PETÁKOVÁ et al. 2008) nepřesáhlo teplotu 570 °C (JÍRELE 1983). Grafit patrně vznikl ultrazvukovým nízkoteplotním krakováním nejméně spodnoproterozoické ropy až na grafit (RAJLICH, (2015). Spodnoproterozoická ropa nemohla vzniknout biogenní hmoty a to z toho důvodů, že zdroje biogenní hmoty byly v tehdejší době téměř neexistující.



Obr. 7 Ukázky klatmotvarů (pseudomorfóz) křemene po papírovém kalcitu z křemenných žil v různém geologickém prostředí Českého masivu; a (14*13 cm), e (22*13 cm) - Kučeř (granodiorit), b - Kojetín u Petrovic (granodiorit), c - Zbonín (granodiorit); d, f - Tukleky (granodiorit 11,5*9,5 cm a 9*16 cm)

Fig. 7 Samples of the quartz pseudomorphs of papierspat in quartz veins in different geological environment of the Bohemian massif; a (14*13 cm), e (22*13 cm) - Kučeř (granodiorite), b - Kojetín near Petrovice (granodiorite 8,5*8,5 cm), c - Zbonín (granodiorite 12*10,5 cm); d, f - Tukleky (granodiorite, 11,5*9,5 cm and 9*16 cm)

PAPÍROVÝ KALCIT

Klatmotvary (pseudomorfózy) křemene po papírovém kalcitu se vyskytují ve většině křemenných žil zvláště s pozdější amethystovou či sintru podobnou křemennou páskovanou výplní (obr. 7). U vybraných studovaných vzorků papírový kalcit představuje první stupeň v posloupnosti vylučování nerostů. Když přidáme k vybraným ukázkám další výskyty z Krušných Hor a z lokalit Olbramov – Meziluží, Mutěnice u Strakonic, Bochovice a další, vidíme, že se tyto útvary vyskytují v nejrozličnějších horninových prostředích. Papírový kalcit sám o sobě představuje zvláštní typ krystalizace, s omezením pouze na

plochy kolmé na krystalografickou osu c. Jedná se patrně o rychle krystalující kalcit. Vzorky jsou typické častými trojúhelníkovitými kostrovitými srůsty krystalů.

Výskyt uhlíku v prvním stupni vývoje těchto žil naznačuje účast metanu s produkcí tepla při jeho oxidaci, což vedlo v pozdějším stádiu k tvorbě hydrotermálních roztoků, rozpouštění a vylučování křemene. Výskyt ukázek podobného charakteru na různě vzdálených místech a v rozdílných prostředích upozorňuje na to, že se jedná v uvedených případech o jednotný a patrně i souasný pochod.

DISKUSE

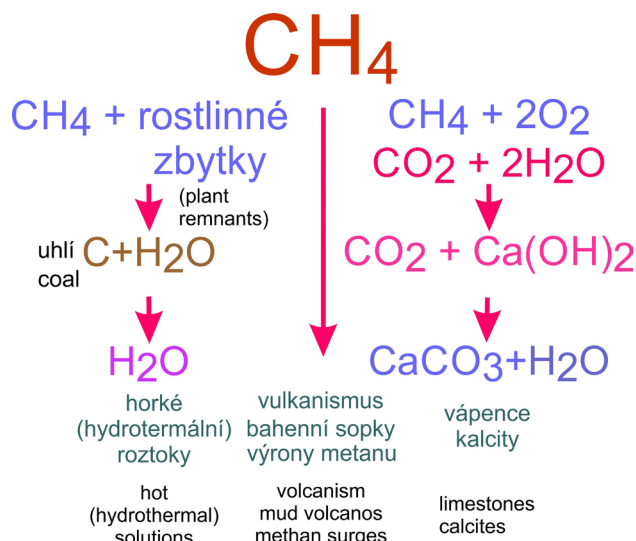
Biogenní teorie vzniku uhlí vyžaduje předpoklad, patrně neopodstatněný, že krajiny po celém světě představovaly obrovské rozlohy bažin a lesů, v nichž generace po generaci stromové kapradiny (během paleozoika) a jehličnany (během mesozoika) padaly do vody zbavené kyslíku, což zabránilo jejich rozkladu a úniku uhlíku následkem oxidace. Navíc podle obecně uznávaných představ tyto "uhelné bažiny" vznikaly v poklesávajících oblastech zemské kůry, v nichž tisíce metrů nadložních usazenin, které se někdy střídaly s bažinami, stlačovaly po věky pohřbené rostliny. Tlaky a teploty panující v hloubce spolu s dostatkem času měly proměnit molekuly rostlin na černé uhlí. Podobnou výše popisovanou situaci bychom si museli představit v uzavřené soustavě vnitřních pánví Českého masivu. Odkud a jak by se posbíraly rostlinné zbytky pro vznik třetihorních a permokarbonských uhlí není biogenní hypotézou dostatečně zodpovězeno. Naopak si můžeme velmi dobře představit trvalý a v určitých dobách více masivní přívod hlubinných abiogenních uhlovodíků z četných zlomů zasahujících velmi hluboko do podloží Českého masivu, vzniklých při porušení litosféry střední Evropy při dopadu rozměrného kosmického tělesa před dvěma miliardami let a obnovovaných při následných horotvorných obdobích. Kromě uhlí jsou zde mocné vápencové soubory Barrandienu a popřípadě i kalcitem velmi bohaté uranové ložisko Příbram, které spojuje patrně původ uhlíku. Při širším použití teorie abiogenních uhlovodíků GOLDA (2001) zahrneme do našich úvah i třetihorní vulkanismus Českého středohoří, jehož tepelným motorem byly rovněž hlubinné uhlovodíky a to zvláště metan (GOLD 2001, ZILLMER 2009, obr. 8).

ZÁVĚR

Dlouhodobé a masivní prouhelňování, výskyty kalcitu na křemenných a rudních žilách a vápence potvrzují stálou přítomnost a výstup hlubinných abiogenních uhlovodíků v Českém masivu. Grafit vzešlý z archaické ropy je přímým dokladem abiogenních uhlovodíků. Křemenné žily s klamotvary papírového kalcitu, nabízejí příklad zrodu energie pro hydrotermální roztoky oxidací metanu,

přičemž plynná fáze kyslíčnanu uhličitého vzniklého z reakce předbílala ve všech případech kapalnou vodní fází, ze které se usadil pozdější křemen.

Velké zásoby uhlí v Českém masivu a mocná souvrství vápenců v Barrandienu přičítám mimořádnému zdroji uhlovodíků vystupujících díky mohutnému porušení podloží Českého masivu dopadem meteoritu před 2 miliardami let.



Obr. 8 Schéma nejvýznamnějších účinků výstupu metanu podle GOLDA (2001)

Fig. 8 The most important ways of the methane output chemically illustrated. Schema based on ideas of GOLD (2001)

SUMMARY

Coalification in the Czech coal seams, South Bohemian anthracite, graphite and occurrences of quartz pseudomorphoses after the papierspat are assessed in terms of non-biogenic hydrocarbons. Fossilization of wood by the carbon on coal seams is comparable with silicification of wood. Coalification in the North Bohemian coal basin is the conspicuous feature of the post-tectonical development. South Bohemian anthracite contains anomalous quantities of carbon. It is enclosed in the calcified, non-metamorphosed shales. Following the impact scenarios of the Czech crater graphite is the carbon of the more than 2 billion years old petroleum. Graphite from archaic petrol is a direct evidence of non-biogenic hydrocarbons. Quartz pseudomorphoses after the papierspat occur in a uniform way on all discussed quartz veins. The original calcite in the blades, reaching up to 40 cm represents the first apparently quickly precipitated mineral, which is then wrapped and filled with younger generations of quartz. Quartz with calcite pseudomorphoses offer the example of the emergence of energy for hydrothermal solutions by oxidization of the methane, while gas phase carbon dioxide generated from reaction preceded in all cases the liquid water phase, from which the later quartz crystallized.

The selected examples indicate a permanent presence and output of deep-seated hydrocarbons in

the Bohemian Massif due to impact brecciation and faulting in the 2 billion years old impact.

LITERATURA

- DOPITA M., HAVLENA V. & PEŠEK J. (1985): Fossilní paliva. – SNTL – Nakladatelství technické literatury Alfa, vydavatelstvo technickej a ekonomickej literatury, Praha, 264 pp.
- DVOŘÁK J. & SKOČEK V. (1975): Reconstruction of the paleo-heat flow regime in two areas of the Variscan orogene. – *Neu. Jb. Geol. Paläont. Mh., Stuttgart*, 9, 517–527.
- EHRENFREUND P. & CAMI J. (2010): Cosmic Carbon Chemistry: From the Interstellar Medium to the Early Earth. – *Cold Spring Harb Perspect Biol.* 2010 Dec; 2(12): a002097, 1–12. Dostupné on-line:
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2982172/> (13. 9. 2015).
- FALKOWSKI P., SCHOLLES R. J., BOYLE E., CANADELL J., CANFIELD D., ELSER J., GRUBER N., HIBBARD K., HÖGBERG P., LINDER S., MACKENZIE F. T., MOORE III. B., PEDERSEN T., ROSENTHAL Y., SEITZINGER S., SMETACEK V. & STEFFEN W. (2000): The Global Carbon Cycle: A Test of Our Knowledge of Earth as a System. – *Science*, 290 (5490): 291–296.
- GOSWAMI D. Y. (2004): The CRC Handbook of Mechanical Engineering, Second Edition. – CRC Press, 2688 pp.
- GOLD T. (2001): The deep hot biosphere. – CopernicusBooks, New York, 243 pp.
- HAVLENA V. (1960): Petrografie antracitu od Brandova a Českých Budějovic a antracitového uhlí od Chobotu u Vlašimi. – *Sbor. Ústř. Úst. geol.*, Praha, 26/1959(1): 333–358.
- JÍŘELE P. (1983): Distribuce vybraných stopových prvků v horninách jihočeských grafitových ložisek. – Diplomová práce, depon.: PřF UK, Praha, XX pp.
- MARALBAYEV O. (2014): Uhelně petrografická a technologická charakteristika vybraných uhelných slojí. – Diplomová práce, depon.: PřF UK, Praha, 64 pp. Dostupné on-line: <https://is.cuni.cz/webapps/zzp/detail/119028/> (13. 9. 2015)
- PEŠEK J. & SIVEK M. (2012): Uhlonosné pánve a ložiska černého a hnědého uhlí České republiky. – Česká geologická služba, Praha, 198 pp.
- PETÁKOVÁ Z., RAJLICH P. & STEJSKAL M. (2008): Příspěvek k poznání chemického složení jihočeských grafitů. – *Sbor. Jihočes. Muz. v Čes. Budějovicích, Přír. vědy*, České Budějovice, 48, 27–33.
- RAJLICH P. (2007): Český kráter. – *Sborník Jihočes. Muz. v Čes. Budějovicích, Přír. vědy*, České Budějovice, 47, Suppl., 1–114.
- RAJLICH P. (2015): Vesmírná příhoda v Českém křemenu (a v Českém masivu). – *Geologie*, Praha, 166 pp.
- SATTRAN V. (1957): Odnos krystalinika v prostoru východních Krušných hor. – *Věst. Ústř. Úst. geol.*, Praha, 32, 316–322.
- SKOČEK V. (1976): Regional and geological interpretation of organic matter coalification in the Late Paleozoic sediments of the Bohemian Massif. – *Věst. Ústř. úst. geol.* Praha, 51(1): 13–26.
- STEJSKAL M., KROUFEK J., ŠEBORG., RAJLICH P., TICHÝ L. & SUCHÝ V. (2006): Výskyt ropných indicií v Čechách (IV): Jihočeský grafit jako relikt velmi starých, silně metamorfovaných rop? – *Sborník z konference APROCHEM 2006 – Odpadové fórum 2006*, 24. –27.4. Milovy, 1417–1427.
- SUK M. (1979): Petrologie metamorfovaných hornin. – Academia, Praha, 255 pp.
- TICHÝ L. (1978): Ložisko grafitu Český Krumlov - Městský vrch v českokrumlovské pestré sérii moldanubika. –Rigorózní práce, depon.: PřF UK, Praha, 114 pp.
- TICHÝ L. (1979): Příspěvek k poznání předmetamorfni povahy jihočeských grafitonosných struktur. – *Sborník Jihočes. Muz. v Čes. Budějovicích, Přír. vědy*, České Budějovice, 19(1979), 77– 86.
- TICHÝ L. (2002): Grafitonosné struktury mezi Českým Krumlovem a Českými Budějovicemi s ložiskově geologickými prognózami. – *Uhlí-Rudy-geol. průzk.*, Praha, 9(8): 29 – 33.
- ZILLMER H. J. (2009): Energetický blud. – Knižní klub, Praha, 260 pp.
- https://en.wikipedia.org/wiki/Carbon_cycle (13.9.2015)
- <http://systemssolution.net/cadtechno/0%20SAMPLE/SPECs%20&%20DETAILS/BOOKS%20MECHANICAL/HVAC/ASHRAE%20HVAC%202001%20Fundamentals%20Handbook.pdf> (13. 9. 2015)
- <http://geoterra.eu/petr-rajlich/cesky-krater> (13. 9. 2015)