

Kyncl, Josef

Příspěvek k metodikám úpravy subfossilních uhlíků dřev pro jejich determinaci

Archaeologia historica. 1976, vol. 1, iss. [1], pp. 273-282

Stable URL (handle): <https://hdl.handle.net/11222.digilib/139153>

Access Date: 17. 02. 2024

Version: 20220831

Terms of use: Digital Library of the Faculty of Arts, Masaryk University provides access to digitized documents strictly for personal use, unless otherwise specified.

Príspevek k metodikám úpravy subfosilních uhlíků dřev pro jejich determinaci

JOSEF KYNCL

Nejčastěji používanou observační metodu při určování archeologických nálezů dřevěných uhlíků je jejich mikroskopické pozorování v dopadajícím světle na ploše čerstvého lomu. Používá jí jako základní metody pravděpodobně většina našich pracovníků zabývajících se xylotomií (např. OPRAVIL 1961, SLAVÍKOVÁ-VESELÁ 1950 a, b), bezpochyby proto, že to je metoda velmi rychlá. Nerovnost lomné plochy, pokud objekt není určen k fotografování, obvykle není na závadu, protože při práci lze rovinu zaostření pohotově posunovat. Při xylotomickém zpracování uhlíků však přece jen vzniká někdy potřeba hodnotit souvislou rovinnou plochu. Tato potřeba je diktována někdy usnadněním determinace při pohledu na větší plochu, jindy možností přesnější determinace po statistickém vyhodnocení číatelných nebo měřitelných elementů anatomické stavby dřeva (např. pro rod *Betula* cf. BERNDT 1963) a konečně často také potřebami fotografické dokumentace.

Statistické hodnocení číatelných či měřitelných anatomických znaků dřeva však může, jak ukázaly některé práce, podat i určitou informaci o ekologických podmínkách, v nichž dřevina vyrůstala, zvláště klimatických (SÁRKÁNY et STIEBER 1958, KNIGGE et SCHULZ 1961, NEČESANÝ et CETLOVÁ 1969), ale i edafických (KLOTZENBURG 1967). Dosah citovaných zjištění pro archeologii, paleobotaniku a pro paleoklimatologii dosud nebyl zhodnocen; jisto však je, že jejich případné využití by nutně předpokládalo hodnotit rovinné plochy uhlíků, získané rychlými preparačními postupy.

Preparačních metodik, které umožňují získat pro účely mikroskopického pozorování rovinnou plochu uhlíku, byla publikována řada. Každá z nich však, má-li být použita pro zpracování větší serie vzorků a s využitím moderní mikroskopické techniky vykazuje nedostatky, které její použití silně omezují. Předkládané sdělení hodnotí dosud používané metody přípravy rovinné plochy uhlíku pro mikroskopické pozorování, informuje o nových výhodných postupech a navzájem je porovnává.

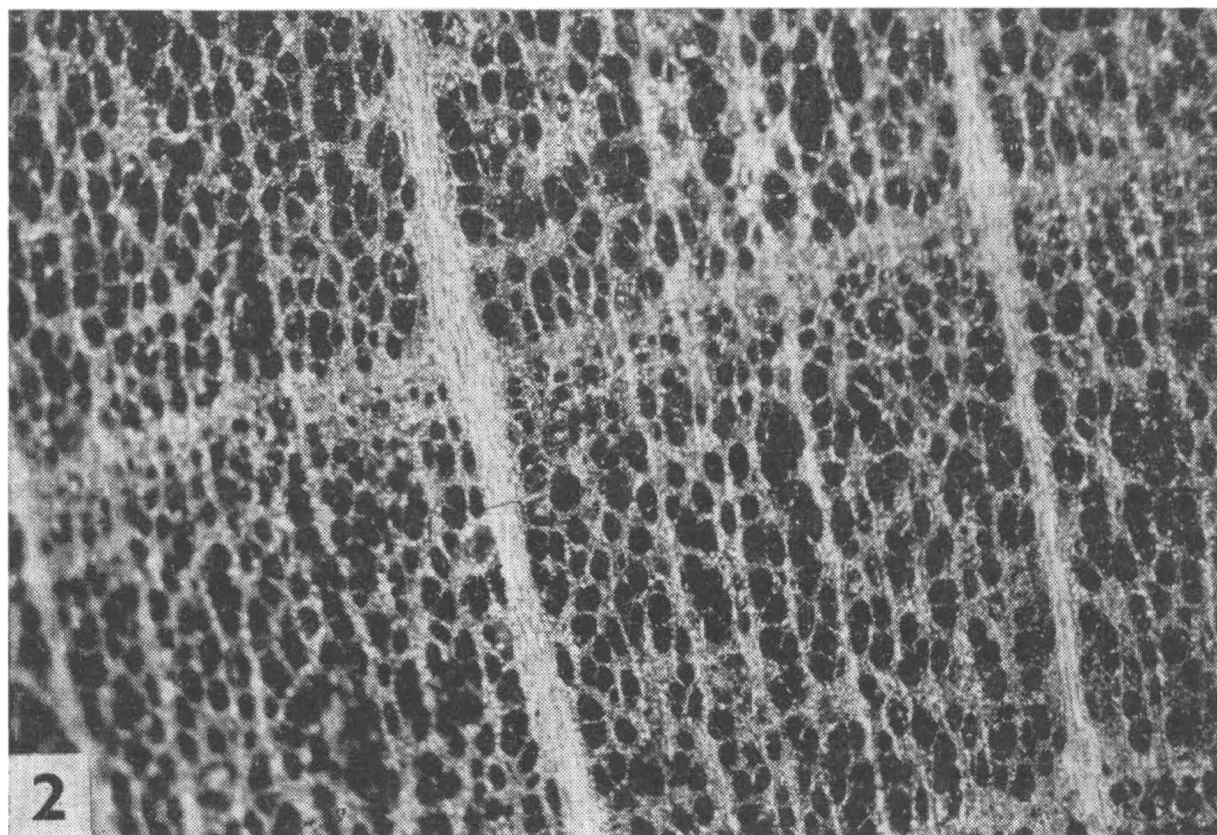
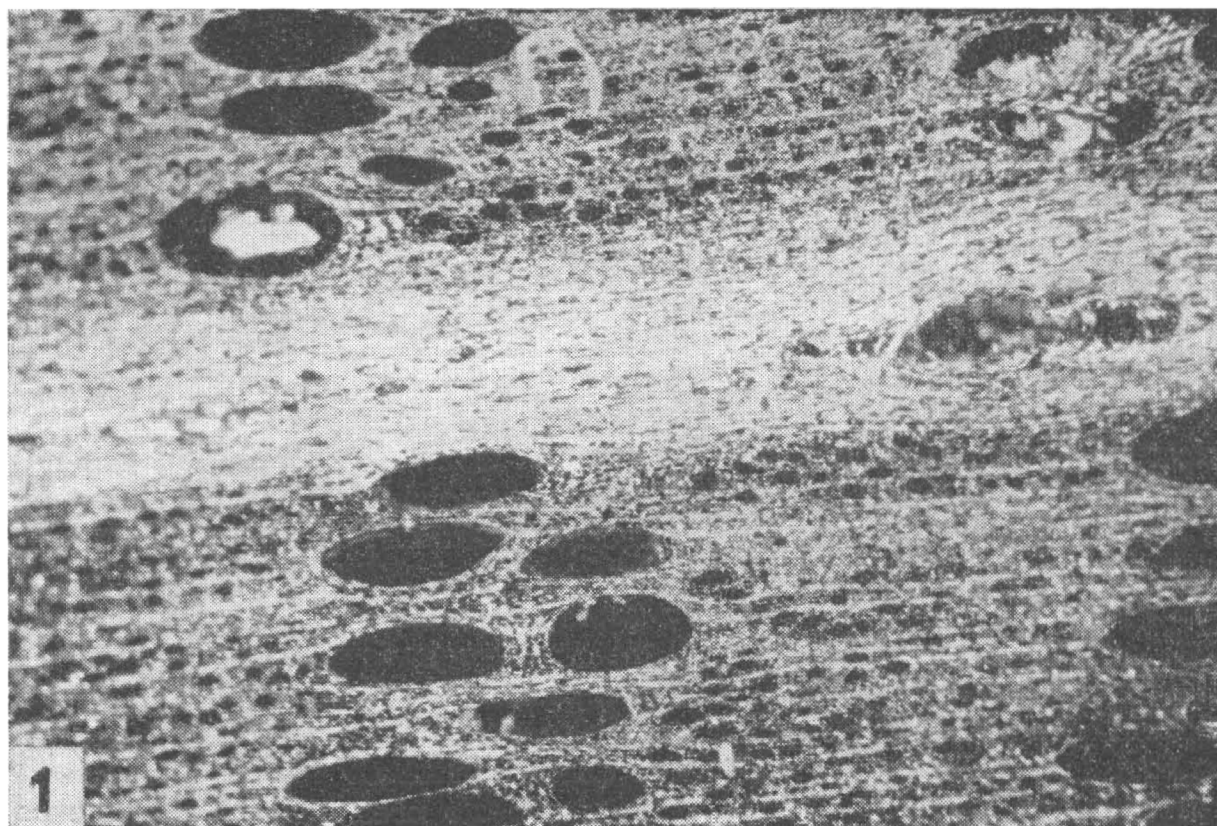
Materiál a metodika

Jako materiálu bylo použito:

a) Subfosilních uhlíků středověkého původu ze zaniklé osady Pfaffenschlag u Slavonic (viz KYNCL 1975) následujících druhů dřevin: *Abies alba* MILL., *Alnus glutinosa* GAERTN., *Betula* sp., *Fagus silvatica* L., *Picea excelsa* LINK, *Pinus silvestris* L., *Populus* cf. *tremula* L. a *Sorbus aucuparia* L.

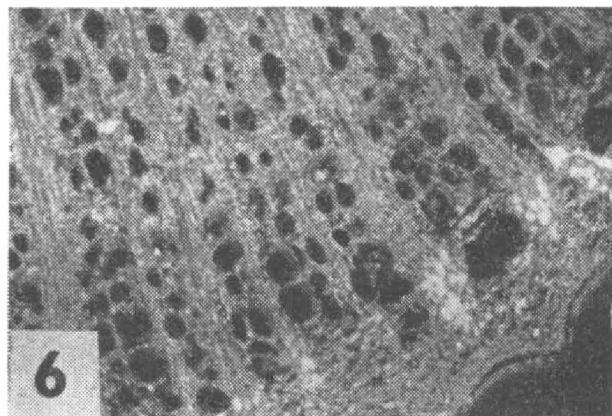
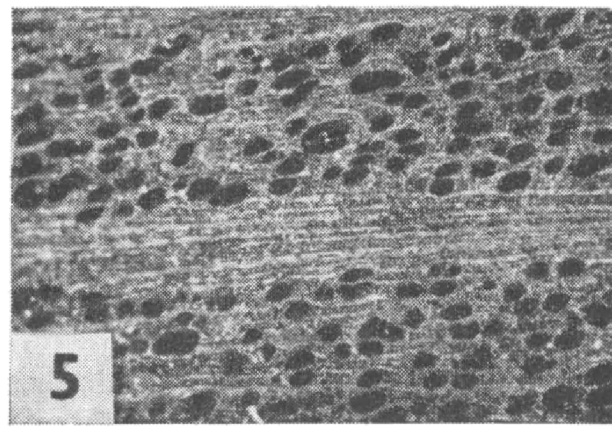
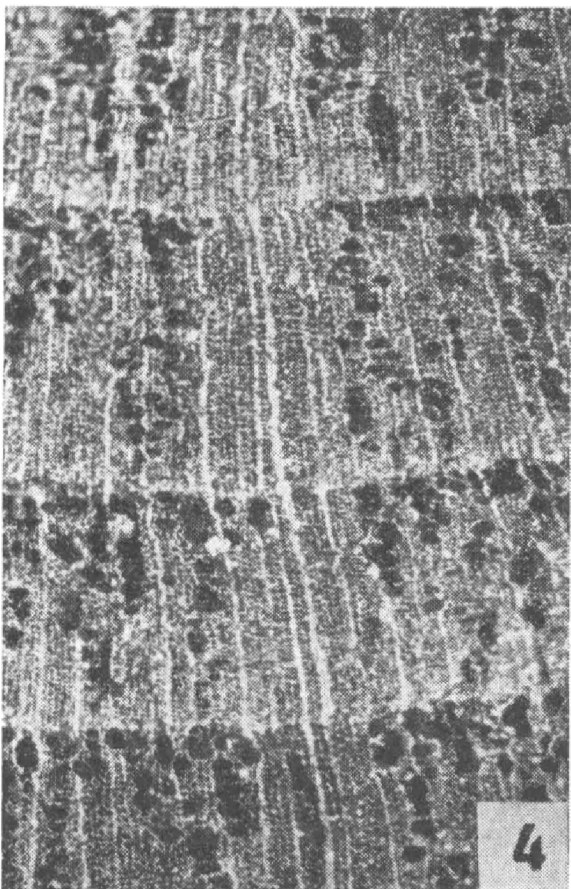
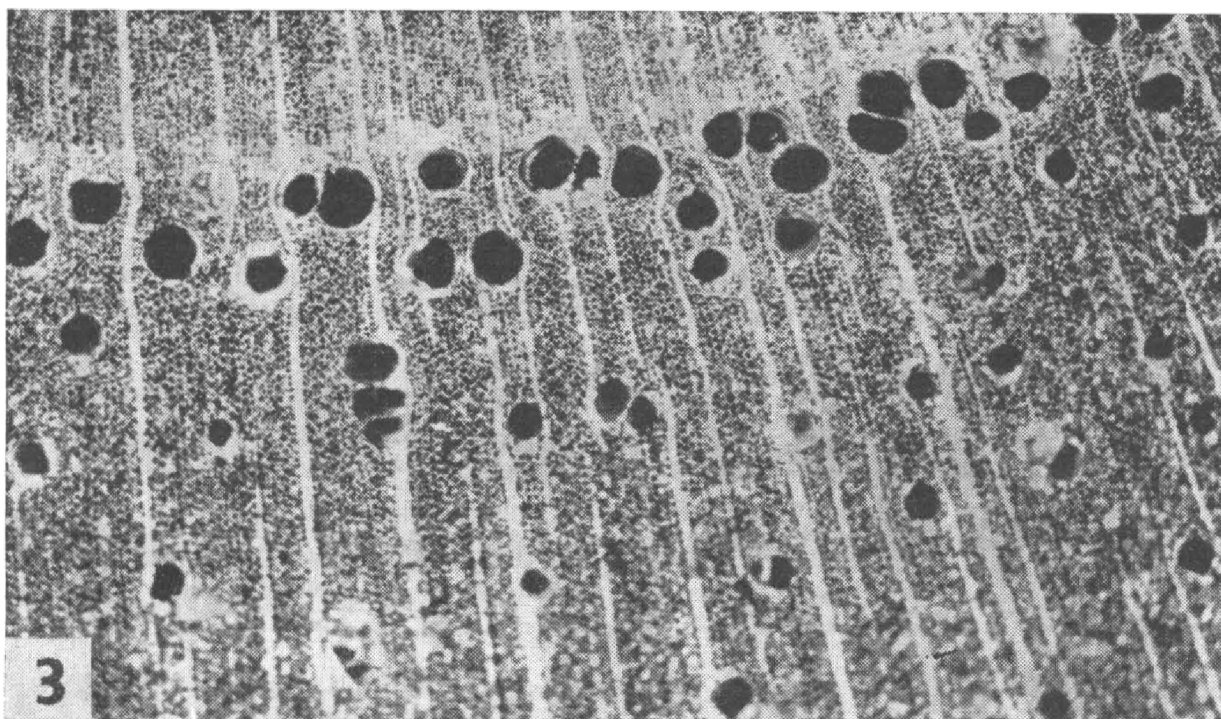
b) Subfossilních uhlíků středověkého původu ze Mstěnické tvrze (nepublikováno): *Quercus* sp., *Rosa* sp.

c) Recentních uhlíků, získaných zuhelnatěním na vzduchu vyschlého dřeva v peci pozvolným zvyšováním teploty až na 500 °C za nepřístupu vzduchu. Vybrány byly dřeviny: *Abies alba* MILL., *Acer platanoides* L., *Alnus glutinosa*



Tab. I. 1. *Quercus* sp., Mstěnice, transv., II. postup, 50 \times . – 2. *Fagus sylvatica* L., Pfaffenschlag, transv., III. postup, 50 \times .

GAERTN., *Betula pendula* ROTH., *Carpinus betulus* L., *Fagus sylvatica* L., *Fraxinus excelsior* L., *Lonicera nigra* L., *Picea excelsa* LINK., *Pinus silvestris* L., *Populus tremula* L., *Quercus patraea* LIEBL., *Salix alba* L., *Sambucus racemosa* L., *Sorbus aucuparia* L., *Taxus baccata* L., *Tilia cordata* MILL., *Ulmus scabra* MILL., *Viburnum opulus* L. a *Vitis vinifera* L.



Tab. II. 3. *Fraxinus excelsior* L., recent, transv., II. postup, 50 \times . - 4. *Alnus glutinosa* GAERTN., Pfaffenschlag, transv., II. postup, 50 \times . - 5. *Carpinus betulus* L., recent, transv., II. postup, 50 \times . - 6. *Rosa* sp., Mstěnice, transv., II. postup, 50 \times .

Postupy, založené na přípravě mikrotomových řezů k pozorování v procházejícím světle jsou všeobecně velmi zdlouhavé. Platí to nejen o řezání materiálu předem zpevněného kyselinou křemičitou (BAUER 1927), ale také o metodách založených na mikrotomovém řezání uhlíků nasycených parafinem nebo voskem s následným rozpuštěním zpevňovacího média z řezů v organických rozpouštědlech (FIETZ 1926, HAŠEK 1946, SLAVÍKOVÁ-VESELÁ 1950 a, b, KUČTÍK 1953, OPRAVIL 1961). Z tohoto důvodu, nehledě na vysoké riziko zničení křehkých řezů při manipulaci, se žádná z metod tohoto typu neosvědčila.

Postupy úpravy povrchu uhlíku pro pozorování v dopadajícím světle jsou všeobecně rychlejší. Postup navržený SPALKEM (1946), broušení objektů předem zalitých do kanadského balsámu, případně jeho modifikace, nahrazující kanadský balsám transparentními tvrditelnými pryskyřicemi, dával uspokojující výsledky jen pro pozorování objektů běžnými binokulárními stereomikroskopy. Bylo-li k pozorování objektu použito mikroskopu s vertikálním osvětlením pomocí parabolického zrcadlového kondensoru souosého s objektivem,¹ ukázala se Špalkova metoda vůbec nepoužitelnou, protože vysoká teplota, která vzniká v pozorovaném místě objektu (v ohnisku parabolického kondensoru) způsobila vždy téměř okamžitě tavení výplňového média spojené s tvorbou pohyblivých odlesků, zcela znemožňujících pozorování a zvláště fotografování. Na rychlosti zahřívání objektů v ohnisku kondensoru se zřejmě podstatně uplatnila vesměs černá barva pozorovatelných objektů (uhlíků).

SLAVÍKOVÁ-VESELÁ (1950 a, b) použila již zmíněnou metodu mikrotomového řezání uhlíků nasycených parafinem též pro dopadající světlo. Dobře odvodněný uhlík, nasycený parafinem, seřízla v mikrotomu a poté jej v benzinové lázni zbavila parafinu. Seříznutá rovina je po odpaření benzínu mikroskopována v dopadajícím světle. Citovaný postup se ukázal vhodný i pro mikroskopy s vertikálním osvětlovačem a dal dobré výsledky u všech dřevin, s nimiž bylo pracováno; jeho nedostatkem však byla opět poměrně značná pracnost, jen o málo menší oproti obdobné přípravě řezů.

Postupy úpravy povrchu uhlíků, jejichž póry nejsou vyplněny pevnou hmotou, broušením nebo řezáním se nepoužívají, a pokud vím, nebyly ani navrženy, asi hlavně proto, že křehké zuhelnatělé dřevní elementy se na nezpevněném povrchu uhlíku snadno poškodí a že prach, vznikající při úpravě, zaplňuje póry materiálu a tím často silně narušuje obraz mikroskopické struktury dřeva. Při čištění upravované plochy uhlíku od prachu zase hrozí další poškození jemných struktur jeho anatomické stavby. Postupy tohoto druhu jsou však velmi rychlé. Proto, ve snaze nalézt meze případné použitelnosti těchto metod, obrátil jsem svou pozornost na broušení nezpevněného uhlíku a na okrajování nezpevněného uhlíku mikrotomovým nožem. Při zkoušení různých variant zmíněných postupů na bohatém subfosilním i recentním materiálu se ukázalo, že nebezpečí poškození plochy k pozorování hrozí jen za jistých okolností. Z praktického hlediska byly získány výsledky, které, jak se domnívám, by mohly vhodně doplnit garnituru postupů, používaných při xylotomickém zpracování uhlíků. Stručná informace o nich je obsahem předkládaného sdělení.

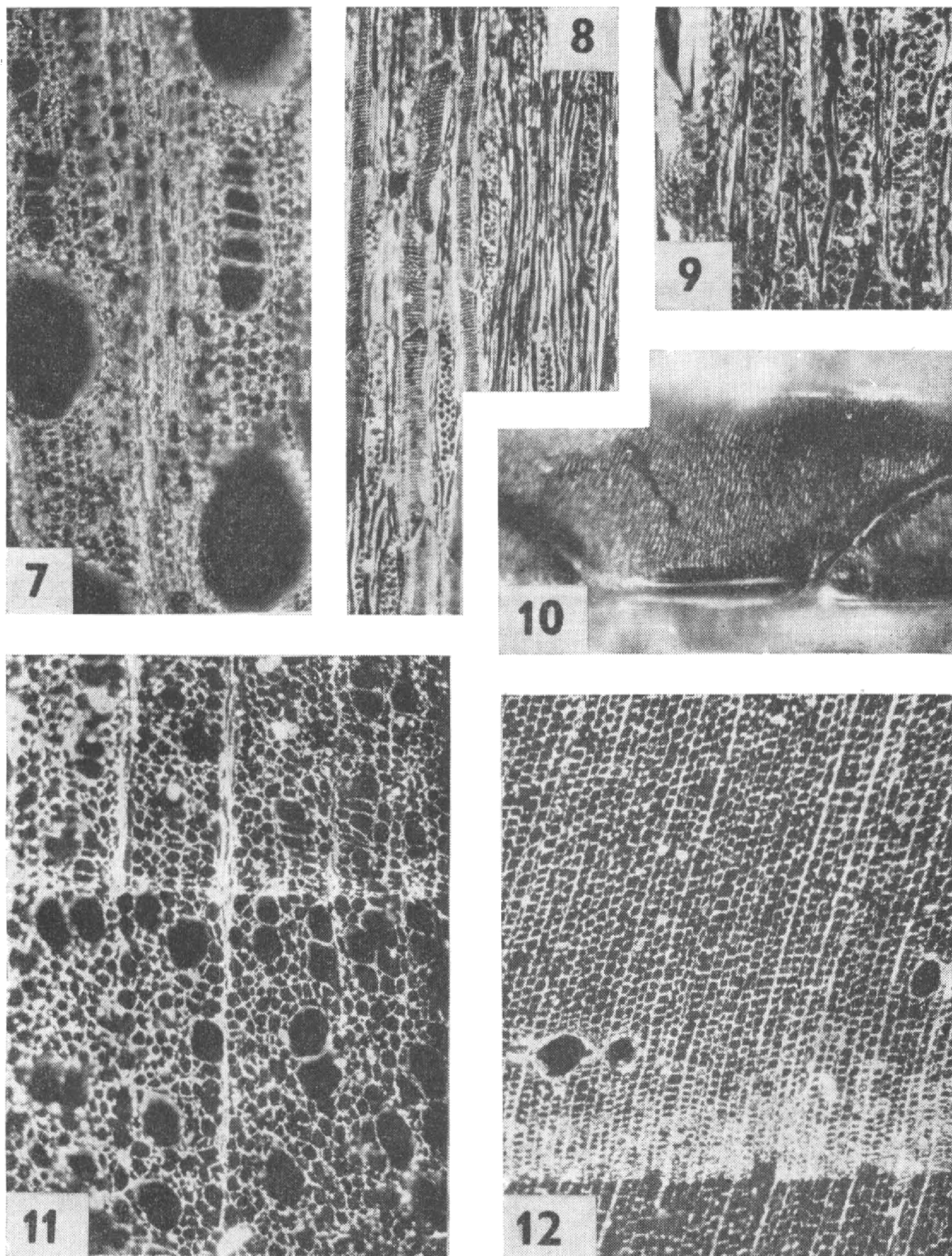
Na svrchu vyjmenovaném materiálu bylo použito následujících postupů:

I. Patříčně orientovaný uhlík se obroušuje nejjemnějším smirkovým papírem. Papír leží na stole, uhlíkem se pohybuje krouživými pohyby a jen s nepatrným tlakem. Po skončeném obroušování se očistí pouze proudem vzduchu.

II. Uhlík se sbrousí stejným způsobem. Poté se namočí do benzínu nebo tetrachlormetanu a obroušená plocha se kapalinou opatrně omývá pomocí jemného štětečku. Omývání trvá 1–2 minuty.

III. Plocha k pozorování se získá seříznutím mikrotomovým nožem, rovněž bez předchozí impregnace. Uhlík se patříčně orientuje, upraví do bločku např. obroušením, upevní se do držáku sáňkového mikrotomu a nůž se nastaví kolmo na směr pohybu; úhel jeho sklonu se volí větší: 10–15°, takže materiál vlastně není okrajován, ale spíše hoblován. Odhoblovaný materiál odpadá ve formě

prášku; ten odstraňujeme odfouknutím ihned v okamžiku jeho vzniku, tj. při pohybu nože přes objekt. Tloušťka hoblované vrstvy se volí kolem 30μ . Po odkrojení 8–12 vrstev je plocha obvykle upravena.

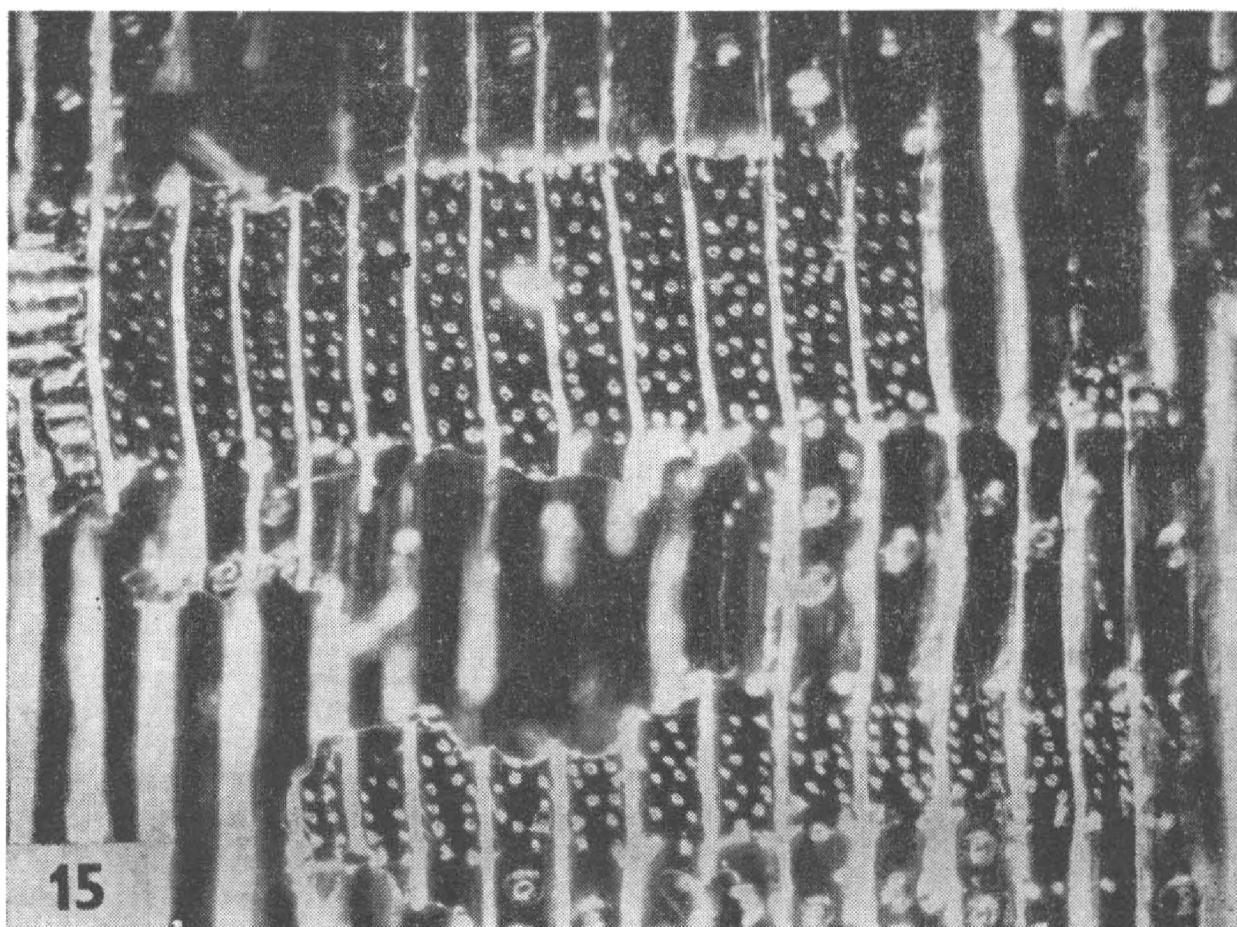
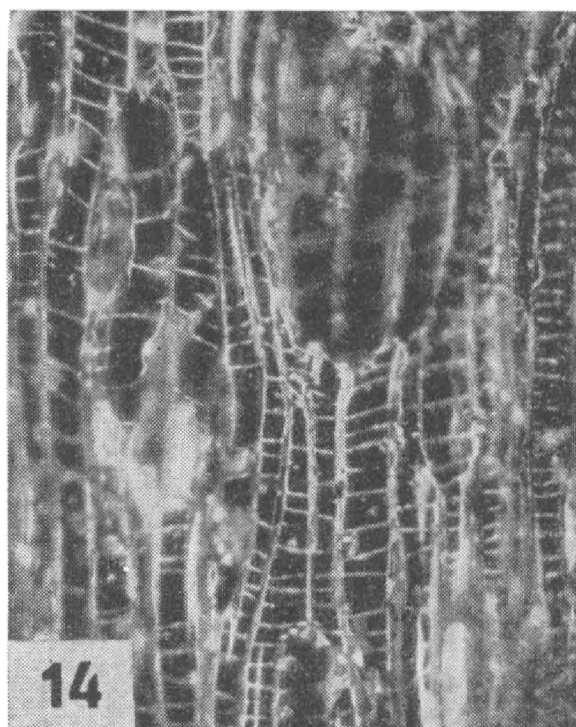
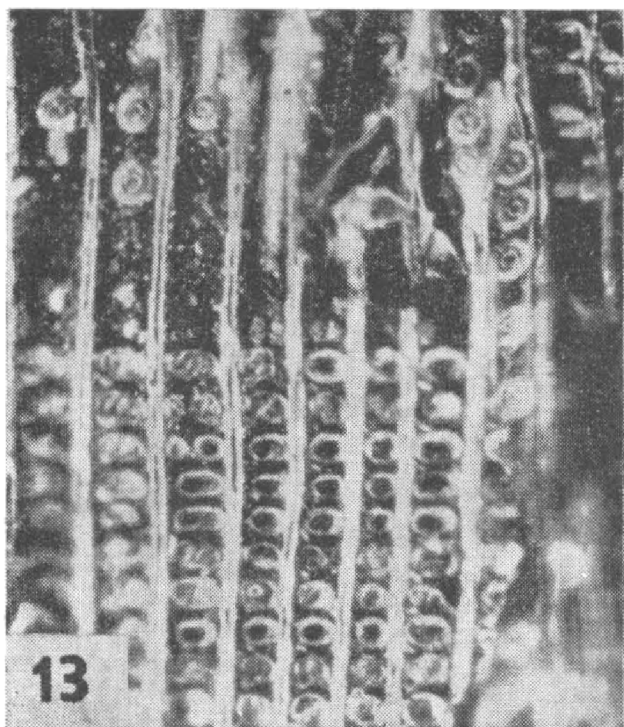


Tab. III. 7. *Vitis vinifera* L., recent, transv., III. postup, $100\times$. 8. *Acer platanoides* L., recent, tang., II. postup, $100\times$. – 9. *Carpinus betulus* L., recent, tang., II. postup, $100\times$. – 10. *Betula* sp., Pfaffenschlag, stěna tracheje v radiálním pohledu, III. postup, $200\times$. – 11. *Tilia cordata* MILL., recent, transv., III. postup, $100\times$. – 12. *Picea excelsa* LINK, Pfaffenschlag, transv., II. postup, $50\times$.

Výsledky a srovnání použitých metodik

Přehled výsledků je obsahem připojené tabulky.

1. Při použití postupu č. I (prosté broušení) byla struktura dřeva dobře patrna jen na radiálních výbrusech jehličnatých uhlíků. Ve všech ostatních



Tab. IV. 13. *Pinus silvestris* L., Pfaffenschlag, křížové pole na radiálním výbrusu, I. postup, 200 \times . – 14. *Taxus baccata* L., recent, šroubovice ve slénách tracheid na radiálním výbrusu, I. postup, 200 \times . – 15. *Picea excelsa* LINK., Pfaffenschlag, křížové pole na radiálním výbrusu, I. postup, 200 \times .

případech byla plocha výbrusu zcela nebo částečně znehodnocena drtí, vzniklou při broušení, která ucpala většinu pórů materiálu. Radiální výbrusy všech zkoumaných jehličnatých dřev, recentních i subfosilních, byly však i při velkém zvětšení vždy dokonalé: obsahovaly všechny podrobnosti anatomické stavby dřeva. Velmi dobře byly zobrazeny zejména tečky na styčných stěnách parenchymatických buněk dřeňových paprsků s podélnými tracheidami (křížové pole), které jsou u jehličnanů důležitým rozlišovacím znakem (tab. IV: obr. 13, 15; KYNCL 1975: tab. LXXI, obr. 10, 11) i šroubovité ztlustliny stěn tracheid (*Taxus*: tab. IV, obr. 14). Ukazuje se, že u uhlíků jehličnanů stačí „ofouknutí“ radiálního výbrusu k jeho úplnému vyčištění od prachu, vzniklého při broušení, a že ani radiální broušení samo o sobě nenarušuje u těchto uhlíků ani v nejmenším typické znaky jejich anatomické stavby, zejména vzhled teček a ztlustlin na stěnách trachejí.

2. Postup II (broušení + čištění kapalinou) dal následující výsledky:

a) radiální výbrusy jehličnatých uhlíků měly dostačující kvalitu pro jejich určování; téměř vždy však na nich bylo patrné (oproti bezvadným výbrusům získávaných předchozí metodou) mírné poškození. To je nutné přičíst na vrub čištění, nikoli broušení.

b) příčné a tangenciální výbrusy uhlíků jehličnanů měly rovněž dostačující kvalitu pro účely determinace. Nejtenší tracheidy pozdního dřeva zůstávají na příčných výbrusech pravidelně ucpány (*Picea*: tab. III, obr. 12), buňky stěn pryskyřičných kanálek bývají často mírně poškozeny. Charakteristický tvar profilu horizontálních pryskyřičných kanálek pro *Pinus* a *Picea-Larix* a šroubovice ve stěnách *Taxus* byly však vždy dobře zachovány.

c) Z uhlíků listnatých dřevin se tento způsob plně osvědčil jen u uhlíků *Quercus*, *Fagus*, *Alnus*, *Fraxinus* a *Vitis*. Transversální výbrusy jsou u těchto dřevin velmi dobré (tab. I: obr. 1, tab. II: obr. 3, 4, 5, 6, tab. III: obr. 8, 9; KYNCL 1975: tab. LXXI, obr. 13). Jen ojediněle se u nich setkáváme s ucpanými vláknitými tracheidami (*Fraxinus*, tab. II: obr. 3) a s poškozením stěn dřevního parenchymu, kolmých na obraz (*Quercus*, tab. I: obr. 1). Dobrou kvalitu měly u jmenovaných dřevin i výbrusy radiální a tangenciální. Zejména tečky na stěnách trachejí byly vždy dobře zachovány.

U uhlíků *Ulmus*, *Acer*, *Tilia*, *Carpinus* a *Rosa* měl dobrou kvalitu jen příčný výbrus. Na tangenciálních a radiálních výbrusech utrpěly největší poškození zejména buňky dřeňových paprsků (*Carpinus*: tab. III, obr. 9, *Acer*: obr. 8).

U uhlíků *Betula*, *Sorbus*, *Salix* a *Populus* došlo na plochách výbrusů všech směrů k rozsáhlejší destrukci, i když mnohdy ne na úkor determinovatelnosti, zatímco u uhlíků *Lonicera*, *Sambucus*, *Viburnum* byla plocha výbrusu zcela znehodnocena.

3. Třetí způsob preparace, seříznutí povrchu uhlíku mikrotomovým nožem, se osvědčil s výjimkou keřů z čel. *Loniceraceae* a radiálního řezu u čel. *Salicaceae* ve všech případech. Řezy jehličnatými uhlíky jsou dokonalé; na tangenciálních řezech se jen zcela ojediněle setkáváme s destrukcí jednotlivých buněk dřeňových paprsků a stěn pryskyřičných kanálek. Obdobně je tomu i u naprosté většiny zkoumaných listnatých uhlíků (tab. I: obr. 2, tab. III: obr. 7, 10, 11). Jen na radiálním řezu uhlíky *Salix* a *Populus* jsou nezřetelné obrysy buněk parenchymu dřeňových paprsků a na řezech uhlíky *Lonicera*, *Sambucus* a *Viburnum* je patrná rozsáhlá destrukce, obdobně jako u předcházející metody.

4. Subfosilní uhlíky středověkého původu se ve všech případech chovaly stejně jako recentní uhlíky, karbonizované laboratorně.

Závěry pro praktické využití nových postupů

I. postup úpravy povrchu uhlíku (prosté broušení) má možnost použití omezenou jen na radiální výbrusy uhlíků jehličnanů. Vzhledem k tomu však, že jehličnaté uhlíky lze odlišit od listnatých často již makroskopicky a že pozorování radiální plochy je pro určování jehličnanů velmi důležité (mnohdy zcela postačující) a vzhledem k tomu, že tato metoda je velmi rychlá, může mít význam při rychlém zpracování bohatších nálezů uhlíků.

II. postup (broušení + čištění kapalinou) má své použití značně omezeno již tím, že nemá universální použití a není rychlejší oproti postupu III.

III. postup (seřiznutí mikrotomovým nožem bez předchozího zpevnění) má po mém soudu pro svoji rychlost a proto, že je použitelná téměř universálně, dobrou možnost praktického využití zejména v těch případech, kdy z nějakého důvodu potřebujeme mikroskopovat rovinnou plochu. Vzhledem k tomu, že na radiálních řezech u čel. *Salicaceae*, preparovaných s pomocí této metody, nelze rozlišit buňky parenchymu dřevových paprsků a že tedy uniká důležitý, bohužel zatím asi jediný opravdu spolehlivý znak pro rozlišení *Salix* – *Populus*, nelze jí použít pro rozlišení zmíněných dvou rodů.²

Žádnou ze tří zkoušených metodik nelze ovšem použít při práci s uhlíky nepatrné velikosti, které často nelze ani lámat, s uhlíky zkorodovanými a silně rozpadavými a zřejmě i s uhlíky některých dřevin (*Loniceraceae*).

V materiálu, který byl předmětem práce, nebyly zastoupeny subfossilní uhlíky silně prosycené minerálními substancemi. Lze předpokládat, že také u těchto uhlíků, které často „vzdorují“ všem klasickým preparačním metodám a pro jejichž zpracování byl proto navržen zvláštní postup, zpopelňování (WITTMACK ET BUCHWALD 1902), nebudou mít předložené postupy použití.

Tabulka

Postup úpravy		I			II			III		
		tr	tg	r	tr	tg	r	tr	tg	r
Stupeň a druh poškození	Abies, Picea, Pinus, Taxus	3–4a	4a	1	2ab	2b	1–2b	1	1–2b	1
	Quercus, Fagus, Fraxinus, Alnus, Vitis	4a	4a	3–4a	1–2b	2b	1–2b	1	1–2b	1–2b
	Ulmus, Acer, Tilia, Rosa, Carpinus	4a	4a	4a	2b	2–3b	1–2b	1	1–2b	1–2b
	Betula, Sorbus	4a	4a	4a	2–3b	3b	2–3b	1	2b	2b
	Salix, Populus	4a	4a	4a	2–3b	3b	3b	1–2b	2b	3b
	Lonicera, Sambucus, Viburnum	4a	4a	4a	3ab	3–4ab	3–4ab	3–4	3–4	3–4

Vysvětlivky:

I, II, III jednotlivé způsoby úpravy (dle členění v textu,
tr, tg, r příčný, tangenciální, radiální výbrus, resp. řez

Stupeň poškození broušené, resp. seřiznuté plochy:

1 žádné poškození

- 2 nepatrný stupeň poškození; determinovatelnost v žádném případě není snížena, tečky a ztlustliny buněčných stěn dokonale patrné
- 2a nejtenčí dutiny ucpány prachem
- 2b buněčné stěny kolmé na obraz ojediněle prolomeny
- 3 silnější stupeň poškození pozorované plochy; determinovanost většinou možná
- 3a až cca 20 0/0 dutin ucpáno prachem
- 3b až cca 20 0/0 buněčných stěn kolmých k obrazu prolomeno
- 4 silný stupeň poškození, obraz zcela znehodnocen, determinovanost většinou nemožná
- 4a většina dutin ucpána
- 4b většina buněčných stěn kolmých k obrazu prolomena

Poznámky

- 1 Autor používá mikroskop pro pozorování rovinných ploch v dopadajícím světle ZEISS-EPIGNOST, určený zejména pro potřeby petrografie a metalografie. Obraz, poskytovaný tímto mikroskopem podstatně převyšuje svojí kvalitou obraz získávaný stereomikroskopy.
- 2 Tento nedostatek má však i materiál seříznutý v parafinu a pravděpodobně i preparovaný všemi klasickými metodami pro dopadající světlo (viz HAŠEK 1946). Autor (viz KYNCL 1975) tuto nesnáz řešili tím, že uhlíky, určené jako Salicaceae, pozoroval v procházejícím světle, a to ve formě drti, vzniklé seškrábáním uhlíku v příslušném směru žiletkou a poté prosvětlené oxidačním prostředkem (HOFFMANN 1934, REYMANÓWNA 1960).

Literatura

- Bauer, J. (1927): Bestimmung der Stammpflanzen von Holzkohlen. Österr. bot. Z. 76 : 34–45.
- Berndt, J. (1963): Badania anatomiczne drewna krajowych gatunków rodzaju *Betula* L. Stud. Soc. Sci. Torunensis, Sect. D 6 : 1–41.
- Fietz, A. (1926): Prähistorische Holzkohlen aus der Umgebung Brünns I. *Planta* 2 : 414–423.
- Hašek, M. (1946): Zbytky stromů v prehistorických sídlištích východních Čech. Sb. Prací Masarykovy Akad. Práce 20 : 45–58.
- Hoffmann, E. (1934): Paläohistologie der Pflanze. Wien.
- Klotzenburg, Chr. (1967): Der Einfluss von Lichtgenuss, soziologischer Stellung und des Standortes auf Holzeigenschaften der Rotbuche (*Fagus sylvatica* L.). Holz als Roh- und Werkstoff 25 : 465–473.
- Knigge, W., Schulz, H. (1961): Einfluss des Jahreswitterung 1959 auf Zellartverteilung, Faserlänge und Gefässweite verschiedener Holzarten. Holz als Roh- und Werkstoff 19 : 293–303.
- Kuchtlík, J. (1953): Metoda přípravy mikroskopických preparátů z archeologických výzkumů. *Archeol. Rozhl.* 5 : 529–531.
- Kyncl, J. (1975): Rozbor nálezů uhlíků. In: Nekuda, V.: Pfaffenschlag. Brno.
- Opravil, E. (1961): Archeologické výzkumy a botanika. Sb. Prací Filoz. Fak. brněnské Univ. 127–134.
- Reymanówna, M. (1960): Węgle drzewne z palenisk paleolitycznych w Górze Pulawskiej. *Inst. geol. Biul.* 150 : 139–144.
- Sárkány, S., Stieber, J. (1959): Untersuchungen über die quantitativ-ökologische Xylotomie von *Fagus sylvatica*. *Ann. Univ. Sci. Budapestensis, Sect. Biol.* 2 : 239–257.
- Slavíková-Veselá, J. (1950a): Reconstruction of the Succession of Forest Trees in Czechoslovakia on the Basis of an Analysis of Charcoals from Praehistoric Settlements. *Stud. bot. Českoslov.* 11 : 198–224.
- Slavíková-Veselá, J. (1950b): Rekonstrukce lesa podle rozboru uhlíků slovanského hradiště v západních Čechách. Sb. Prací Masarykovy Akad. Práce 24 : 234–241.
- Spalek, V. (1935/36): Preparace subfossilních dřev. *Vesmír* 14 : 19–20.
- Wittmack, L., Buchwald, J. (1902): Pflanzenreste aus der Hünenburg bei Rinteln a. d. Weser und eine verbesserte Methode zur Herstellung von Schnitten durch verkohlte Hölzer. *Ber. dtsh. bot. Gesel.* 20 : 21–31.

Zusammenfassung

Die Arbeit befasst sich mit schnellen Methoden der Aufbereitung von Holzkohle für ihre Determination, mit besonderer Berücksichtigung jener Fälle, wo eine grössere Schnitt- oder Schleiffläche erforderlich ist. Am subfossilen (Abies, Alnus, Betula, Fagus, Picea, Pinus, Populus, Quercus, Rosa, Sorbus) sowie am rezenten (Abies, Acer, Alnus, Betula, Carpinus, Fagus, Fraxinus, Lonicera, Picea, Pinus, Populus, Quercus, Salix, Sambucus, Sorbus, Taxus, Tilia, Ulmus, Viburnum, Vitis) Material, das mit der Ausfüllungsmasse nicht verfestigt ist, wurden folgende Methoden erprobt: I. Schleifen. II. Schleifen mit nachfolgendem Spülen der Schleiffläche mit Benzin. III. Abschneiden mit Mikrotom. Die Ergebnisse veranschaulicht Tabelle.

Nummersymbolen:

- 1 Keine Beschädigung
- 2 Unbedeutender Beschädigungsgrad; Bestimmbarkeit nicht vermindert
- 2a Die engsten Hohlräume mit Staub verstopft
- 2b Die zum Bild senkrechten Zellenwände vereinzelt durchbrochen
- 3 Stärkerer Beschädigungsgrad; meistens bestimmbar
- 3a Bis ca 20 % Hohlräume Staub verstopft
- 3b Bis ca 20 % der zum Bild senkrechten Zellenwänden durchbrochen
- 4 Starker Grad der Beschädigung; meistens unbestimmbar
- 4a Der Grossteil der Hohlräume verstopft
- 4b Der Grossteil der zum Bild senkrechten Zellenwände durchbrochen