

BADANIA SPEKTROSKOPOWE W PODCZERWIENI DREWNA Z RÓŻNYCH EPOK HISTORYCZNYCH

Heinz Pecina

Zakład Technologii Drewna i Materiałów Włóknistych
Uniwersytetu Technicznego w Dreźnie, NRD

Rosemarie Kommert

Zakład Użytkowania Lasu
Uniwersytetu Technicznego w Dreźnie, NRD

Badano próbki drewna z epoki kamiennej, epoki brązu, 6-14 wieku n.e. i drewna współczesnego. Celuloza i hemicelulozy ulegają szybciej rozpadowi niż lignina. Rozpad składników drewna powoduje zmniejszenie jego wytrzymałości na zginanie oraz zwiększenie odkształceń wilgotnościowych wzdłuż włókien.

Badaniom spektroskopowym w podczerwieni poddano próbki drewna jodłowego z przełomu 11 i 12 wieku oraz próbki drewna dębowego z wczesnej epoki kamiennej, epoki brązu i 6-14 wieku. Dla porównania zbadano drewno współczesne obydwu gatunków. Poszczególne próbki drewna różniły się gęstością i wytrzymałością na zginanie. Analizie poddano widma absorpcyjne w zakresie $1800 - 700 \text{ cm}^{-1}$. Stwierdzono, że im większy był rozpad drewna, tym mniej wyraźne stawały się pasma widma wywoływane przez grupy funkcyjne celulozy i hemiceluloz, natomiast wyraźniejsze były pasma odpowiadające ligninie. Świadczy to o tym, że celuloza i hemicelulozy są mniej odporne i szybciej ulegają rozpadowi niż lignina. W pracy ustalono również wyraźną zależność między rozpadem poszczególnych składników drewna a zmniejszeniem jego wytrzymałości na zginanie oraz zwiększeniem odkształceń wilgotnościowych drewna wzdłuż włókien.

WPROWADZENIE

Drewno należy do najstarszych surowców i materiałów budowlanych. Znaleźiska drewna wykopaliskowego na terenie NRD sięgają do mezolitu, a więc około 10 000 lat p.n.e. Badania przeprowadzone w latach 1956 - 71 pozwoliły na określenie dla około 75% znaleźisk gatunku drewna, a dla około 20% — na uzupełniającą ocenę drewna na podstawie metody dendrochronologii [2, 3]. Badania wykazały również, że im starsze jest znaleźisko, tym mniej dokładna jest jego ocena.

Dla oceny i charakterystyki drewna wykopaliskowego przyjęto szereg metod badań, uwzględniających:

- ustalanie gatunku drewna na podstawie budowy anatomicznej, z wykorzystaniem kluczy do rozpoznawania gatunków, techniki kart perforowanych oraz elektronicznej techniki obliczeniowej,
- dendrochronologię, dla określenia zjawisk zachodzących podczas wzrostu drzewa,
- określanie zmian struktury drewna, wywołanych czynnikami zewnętrznymi w czasie przebywania drewna w ziemi,
- ustalanie zmian składu chemicznego drewna,
- pomiar właściwości fizycznych (gęstości, pęcznienia, sorpcji, właściwości termicznych) i mechanicznych (wytrzymałości statycznej, modułu sprężystości, właściwości dynamicznych).

Właściwości drewna wykopaliskowego porównuje się zwykle z właściwościami drewna współczesnego. Porównania takie mogą być obarczone licznymi błędami, wynikającymi z różnicy siedlisk, cech gatunkowych, różnic wieku i części drzewa, udziału twardzieli itp. Należy również uwzględnić „historię” badanej próbki drewna wykopaliskowego, a więc możliwość rozkładu drewna w obecności lub bez styczności z powietrzem, możliwość hydrolizy, naturalnej ekstrakcji, osadzania się składników mineralnych i innych.

Wielość czynników, które należy uwzględniać przy ocenie drewna wykopaliskowego, wymaga przeprowadzania badań kompleksowych, obejmujących również badania spektroskopowe w podczerwieni. Uwzględnienie tych badań wydaje się tym bardziej uzasadnione gdy weźmie się pod uwagę, że drewno jest materiałem o skomplikowanej budowie chemicznej, a spektroskopia w podczerwieni pozwala na zbadanie grup reaktywnych składników drewna oraz poznanie oddziaływania na nie różnych czynników [9]. Spektroskopia w podczerwieni wykazuje również wiele zalet wynikających ze stosowanej techniki pomiarowej. Można przykładowo wymienić następujące:

- do badań stosuje się bardzo małe próbki,

— wyniki pomiarów otrzymuje się w krótkim czasie,
 — w czasie oznaczeń nie zachodzą zmiany w badanym materiale.
 Metoda ta obarczona jest jednak również pewnymi wadami, a mianowicie w pewnych zakresach liczb falowych następuje nakładanie się drgań różnych grup, co utrudnia interpretację uzyskiwanych widm.

Celem niniejszej pracy było określenie właściwości drewna pochodzącego z różnych epok historycznych i porównanie z właściwościami drewna współczesnego. Ponadto podjęto próbę ustalenia zależności między wynikami badań spektroskopowych w podczerwieni i wynikami oznaczeń właściwości fizycznych i mechanicznych drewna.

METODYKA PRACY

Badania przeprowadzono na drewnie jodły (*Abies alba* Mill.) i dębu (*Quercus spec.*). Drewno jodły pochodziło z przełomu 11 i 12 wieku, a dla porównania zbadano drewno jodły współczesnej. Drewno dębu pochodziło z różnych epok historycznych. Uwzględniono zatem drewno pochodzące z wczesnej epoki kamiennej, epoki brązu oraz cztery próby drewna datowanego na okres od 6 do 14 wieku n.e. Właściwości fizyczne i mechaniczne poszczególnych prób drewna, wraz z informacją na temat pochodzenia oraz przyjętym w pracy oznaczeniem podano w tabeli 1.

Tabela 1

Właściwości fizyczne i mechaniczne drewna dębowego użytego do doświadczeń
 Physikalische und mechanische Eigenschaften von in Versuchen verwendetem
 Eichenholz

Oznaczenie drewna Bezeichnung des Holzes	Pochodzenie drewna Herkunft des Holzes	Właściwości – Eigenschaften		
		gęstość Rohdichte kg/m ³	wytrzymałość na ściskanie Druckfestigkeit MPa	wytrzymałość na zginanie Biegefestigkeit MPa
I	drewno współczesne rezenten Holz	623	63,0	71,2
II	wczesna epoka kamienna Jungsteinzeit	709	33,0	34,2
III	Epoka brązu Bronzezeit	345	5,1	2,7
IV	przełom 13 i 14 wieku 13./14. Jh.	911	—	151,6
V	6 - 9 wiek 6. - 9. Jh.	872	—	89,0
VI	przełom 12 i 13 wieku 12./13. Jh.	547	—	33,6
VII	przełom 9 i 10 wieku 9./10. Jh.	465	—	15,5

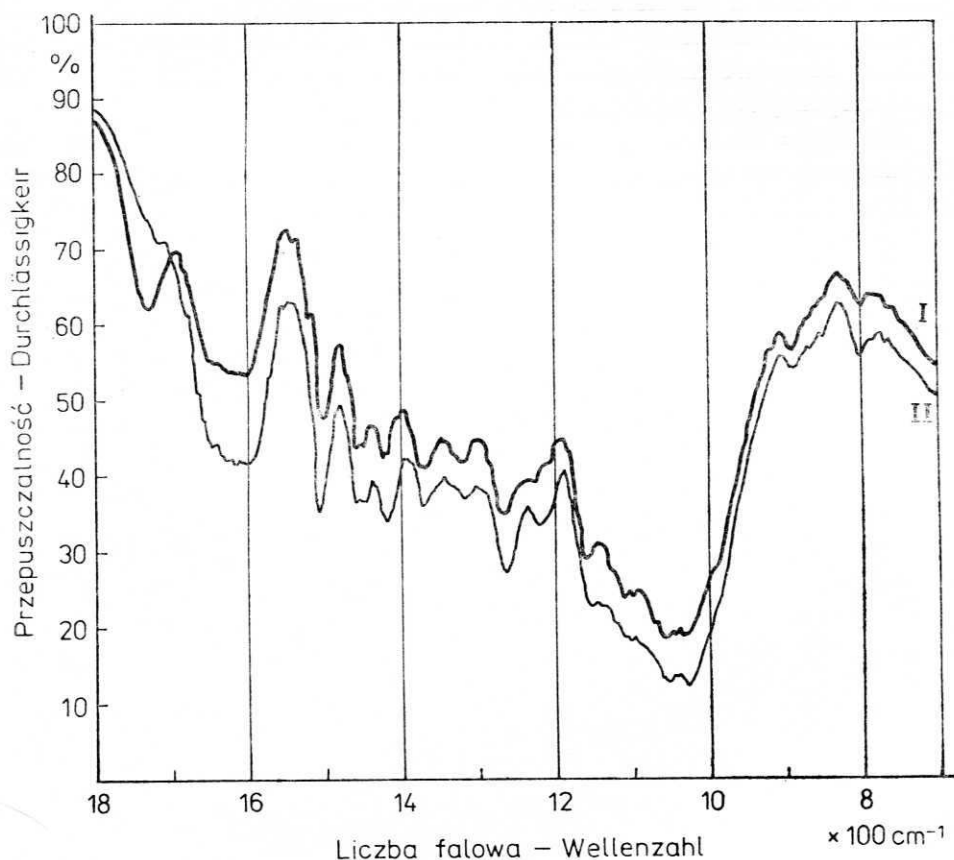
Z danych zawartych w tej tabeli wynika, że drewno pochodzące z epoki kamiennej przy niezmienionej gęstości w stosunku do gęstości drewna współczesnego, wykazywało o połowę mniejszą wytrzymałość na ściskanie i zginanie. Charakterystyczną cechą drewna pochodzącego z epoki brązu była jego bardzo mała wytrzymałość na ściskanie i zginanie. Tak znaczny spadek wytrzymałości spowodowany został prawdopodobnie rozkładem w atmosferze powietrza. Drewno to znaleziono bowiem w grocie kamiennej, w której temperatura wynosiła około $+7^{\circ}\text{C}$, przy względnej wilgotności powietrza około 90%. Drewno było lekkie, o budowie przypominającej korek i brunatnawym zabarwieniu. Drewno z epoki kamiennej wydobyto natomiast z leżących na głębokości 2-8 m warstw piasku i żwiru, częściowo zmieszanych z gliną [12]. Drewno to było ciężkie i miało bardzo ciemne zabarwienie. Dobór czterech różnych prób drewna z okresu od 6 do 14 wieku uwarunkowany został zróżnicowaną ich gęstością i wytrzymałością na zginanie.

Przyjmując drewno dębu do badań zdawano sobie sprawę, iż mogą wystąpić trudności w interpretacji niektórych pasm widm, gdyż mogą się nakładać drgania grup reakcyjnych ligniny i składników ubocznych drewna. Obecność garbników w drewnie dębowym jest jednak czynnikiem zapewniającym mu dużą trwałość. Z tej przyczyny drewno to często znajduje się w wykopaliskach. Badania spektroskopowe przeprowadzone na próbkach drewna zmielonego, o średnicy cząstek 0,2-0,5 mm. Mielenie wykonywano na wibracyjnym młynku kulowym. Następnie pastylkowane drewno w temperaturze pokojowej z optycznie czystym bromkiem potasowym w prasie próżniowej, przyjmując nacisk jednostkowy 500 MPa. Ze względu na higroskopijność tabletek poddawano je natychmiastowym badaniom spektroskopowym. Widma w podczerwieni wykonano na automatycznym, dwuwiązkowym spektrofotometrze Specord 71/R, w zakresie fal 4600 cm^{-1} - 400 cm^{-1} . W przedstawionej na rysunkach zależności przepuszczalności od liczby falowej, ograniczono się jednak tylko do zakresu 1800 cm^{-1} - 700 cm^{-1} , gdyż jedynie dla takich liczb falowych zaobserwowano istotne zmiany przepuszczalności.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Widma spektroskopowe drewna jodły przedstawiono na rysunku 1. Jako charakterystyczną cechę widma jodły z przełomu 11 i 12 wieku można wymienić brak pasma 1730 cm^{-1} , co wskazuje na rozkład ksylanu, a więc hemiceluloz. Z kolei w starym drewnie jodły silniej zaznaczone są pasma 1510 i 1265 cm^{-1} niż w drewnie współczesnym. Pasma 1510 cm^{-1} wywoływane jest przez drgania aromatycznych pierścieni lig-

niny, a pasmo 1265 cm^{-1} przez drgania walencyjne grupy $\text{C}=\text{O}$ ligniny. Obecność obydwu pasm w widmach spektroskopowych drewna jodły z przełomu 11 i 12 wieku wskazuje zatem na dużą trwałość ligniny, a brak pasma 1730 cm^{-1} na niewielką trwałość hemiceluloz.



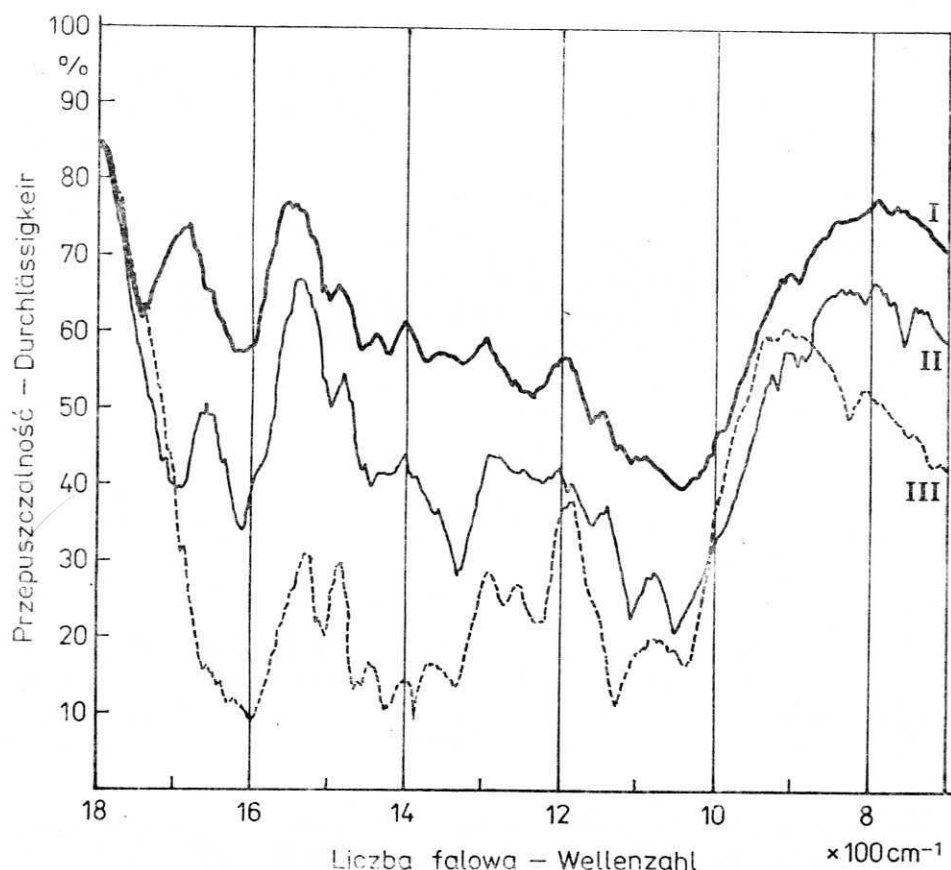
Rys. 1. Widma spektroskopowe w podczerwieni drewna jodłowego — współczesnego oraz pochodzące z przełomu 11 i 12 wieku

Abb. 1. Infrarotspektrogramme von rezenten Tannenholz und Tannenholz aus dem 11./12. Jh.

Widma spektroskopowe drewna dębowego pochodzącego z wczesnej epoki kamiennej oraz z epoki brązu, wraz z widmem współczesnego drewna dębowego, przedstawiono na rysunku 2. Z porównania tych trzech widm wynika, że dla drewna dębowego III nie występuje pasmo 1730 cm^{-1} , a dla drewna II zaobserwować można pik przy 1690 cm^{-1} . W tym zakresie zachodzi absorpcja kwasów fenolowokarboksylowych,

a więc kwasów garbnikowych [8]. Nie można zatem wnioskować, iż nastąpił całkowity rozpad hemiceluloz, lecz że badane drewno zawiera wymienione kwasy. W widmie współczesnego drewna dębowego, w paśmie 1655 cm^{-1} , zaobserwować można uskok wskazujący na nakładanie się pasma ksylanu z pasmem kwasów fenolowokarboksylowych. Na skutek rozkładu hemiceluloz w widmie drewna II wyraźniej zaznaczył się pik kwasów fenolowokarboksylowych. Można zatem sądzić, że w drewnie prehistorycznym nastąpił pełen rozpad ksylanów.

W widmie drewna dębowego II brak pasma 1370 cm^{-1} . W drewnie III pasmo to występuje nadal, a w nim zaznacza się pik przy 1380 cm^{-1} . W tym paśmie absorbują substancje mineralne. Ponieważ drewno III



Rys. 2. Widma spektroskopowe w podczerwieni drewna dębowego — współczesnego, pochodzącego z młodszej epoki kamiennej oraz epoki brązu

Abb. 2. Infrarotspektrogramme von rezenten Eichenholz, Eichenholz aus der Jungsteinzeit und aus der Bronzezeit

pochodziło z jaskini kamiennej, na jego powierzchni osadzona była warstwa pyłu, a zawartość popiołu w badanych próbkach była bardzo duża i sięgała 15% [7], można przyjąć, że wyraźny pik pochodzi od składników mineralnych [8].

Zmiany w paśmie 1370^{-1} pozwalają na stwierdzenie, że w drewnie II prawie całkowicie brak celulozy krystalicznej. Występuje ona natomiast nadal w drewnie III. Powyższe obserwacje korespondują ze zmianami występującymi w paśmie 810 cm^{-1} . Dla drewna II występują tu drgania wywołane reaktywnymi grupami niekrystalicznej części celulozy, a dla drewna III występuje tylko płaskie pasmo w zakresie 825 cm^{-1} , którego pochodzenie jest trudne do objaśnienia.

Pik przy 1160 cm^{-1} , który należy odnieść do drgań grupy C—O—C celulozy i hemiceluloz, zaobserwować można tak w widmie drewna współczesnego, jak i drewna II. Dla drewna III zaznacza się tylko w postaci uskoku. Wskazuje to na zmniejszenie średniego stopnia polimeryzacji celulozy. Prawdopodobnie to zmniejszenie stopnia polimeryzacji następuje początkowo na skutek rozkładu hemiceluloz, składających się w przypadku drewna gatunków liściastych głównie z ksylanu, tym niemniej można przyjąć, że dotyczy ono również celulozy.

Pasmo 1500 cm^{-1} , powstające w wyniku drgań aromatycznych pierścieni ligniny, jest wyraźniejsze w przypadku prehistorycznego drewna II i III niż dla współczesnego drewna dębowego. Szerokie pasmo 1240 cm^{-1} , występujące w widmie drewna współczesnego, dla drewna II i III rozdziela się na dwa piki: 1265 i 1225 cm^{-1} . Bardzo wyraźnie można to zaobserwować na przykładzie widma drewna III. Wydaje się rzeczą możliwą, że w szerokim paśmie 1240 cm^{-1} nakładają się drgania ksylanu i grup reaktywnych ligniny z pasma 1265 cm^{-1} . W wyniku rozkładu hemiceluloz, na co wskazywał już zanik piku 1730 cm^{-1} , wyraźniejsze stają się piki charakteryzujące ligninę [1].

Nowe pasmo 1125 cm^{-1} , które wyodrębniło się w drewnie III, można odnieść do drgań składnika syringowego ligniny. Skoro tego typu drgania wywołują pasma w zakresie $1110 - 1145\text{ cm}^{-1}$ [11], to podobnie można wytłumaczyć mniejszy pik 1110 cm^{-1} , występujący w widmie drewna II. Na przedstawionych spektrogramach na pasma te prawdopodobnie nakładają się pasma absorpcji celulozy i hemiceluloz. Jedynie wyraźny pik 1330 cm^{-1} , charakterystyczny dla drewna II, oznacza prawdopodobnie mostki wodorowe, które mogły powstać w drewnie w dużej ilości na skutek jego składowania w wilgotnym otoczeniu. Można przypuszczać, że drewno II przebywało w mokrym środowisku od epoki kamiennej.

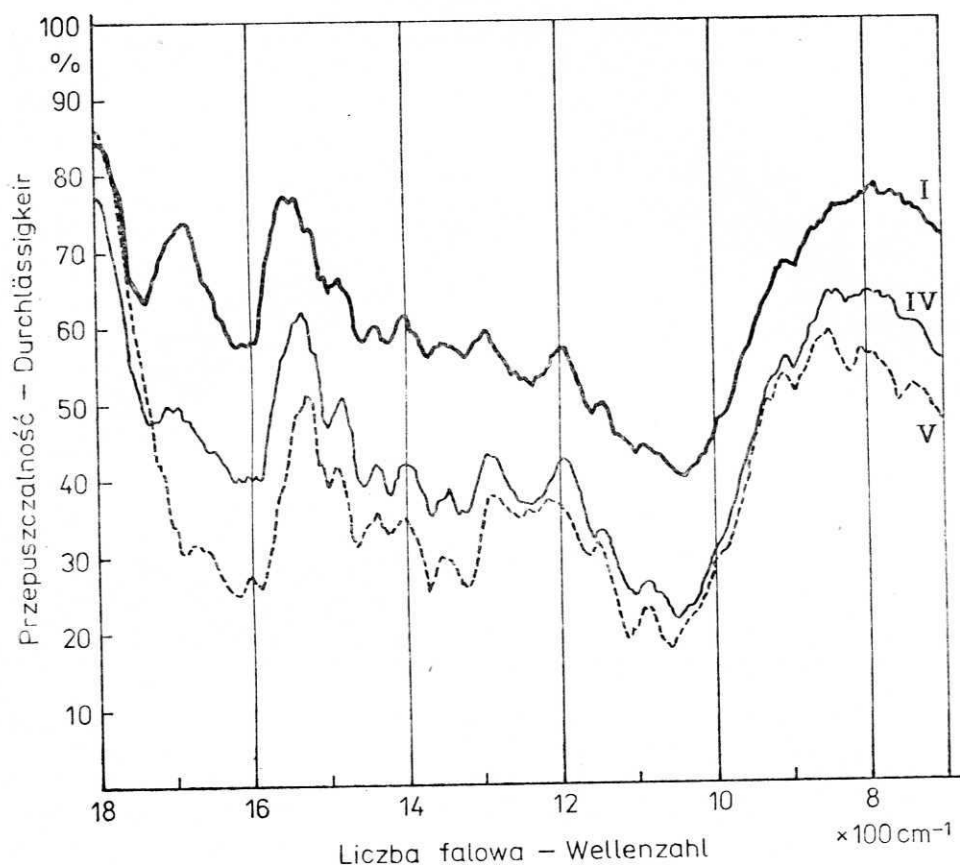
W podsumowaniu można zatem stwierdzić, że w drewnie dębowym z epoki kamiennej i epoki brązu nastąpił znaczny rozpad celulozy i hemiceluloz, nie uległa natomiast rozpadowi lignina. Potwierdzają to prze-

prorowadzone analizy chemiczne drewna III. Zawartość ligniny w tym drewnie wynosiła 47,8%, gdy natomiast we współczesnym drewnie dębowym mieści się ona w granicach od 21 do 26%. Wzrost procentowy zawartości ligniny w drewnie wynika oczywiście z ubytków pozostałych składników drewna.

Przeprowadzona analiza widm spektroskopowych dotyczyła zmian w składzie chemicznym drewna. Interpretacja widm pozwala ponadto na poszukiwanie zależności między tymi zmianami, a zmianami właściwości fizyko-mechanicznych drewna. Jak wynika z danych zawartych w tabeli 1, spośród dwóch prób prehistorycznego drewna dębowego tylko drewno III wykazywało duży spadek gęstości, z czym łączyło się bardzo znaczne zmniejszenie jego wytrzymałości. Drewno II natomiast posiadało gęstość zbliżoną do gęstości drewna współczesnego, lecz o połowę mniejszą od niego wytrzymałość na ściskanie i zginanie. Przyczynę zmian wytrzymałości drewna w obydwu przypadkach można upatrywać w rozpadzie hemiceluloz oraz znaczniejszym rozpadzie celulozy w drewnie III niż w drewnie II. Wiadomo, że amorficzna w swej budowie lignina, może zapewniać odpowiednią wytrzymałość drewna tylko w powiązaniu ze szkieletem celulozowym.

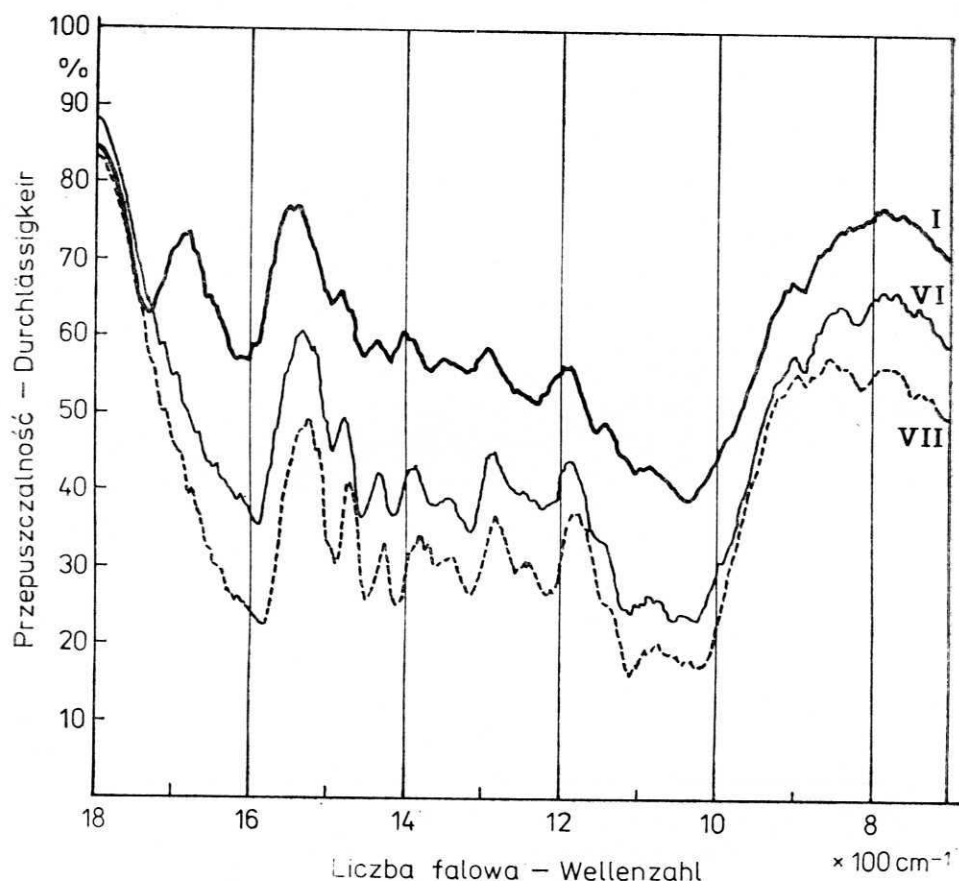
Widma spektroskopowe w podczerwieni drewna dębowego pochodzącego z 6-14 wieku przedstawiono na rysunkach 3 i 4. Na rysunkach tych, w celach porównawczych, przedstawiono również widmo współczesnego drewna dębowego. Analizując powyższe widma można stwierdzić, że spektrogram próbki drewna IV, z przełomu 13 i 14 wieku, jest bardzo podobny do spektrogramu drewna współczesnego. Drobne różnice polegają na tym, że dla drewna IV pik 1730 cm^{-1} jest nieco spłaszczony, natomiast bardziej zaznaczone są piki 1500 cm^{-1} i 1375 cm^{-1} . To samo dotyczy pasma 1330 cm^{-1} . Z różnic tych można wnioskować o rozpoczynającym się rozpadzie hemiceluloz. Drewno IV zawiera prawdopodobnie więcej celulozy krystalicznej w związku z faktem występowania bardzo szerokich przyrostów rocznych [6]. W szerokich przyrostach drewna dębowego mianowicie znaczny jest udział drewna późnego, co zapewnia dużą gęstość i wytrzymałość drewna współczesnego. Drewno późne przyrostów rocznych zawiera więcej celulozy niż drewno wczesne [13]. Wyraźny pik 1500 cm^{-1} w drewnie IV wskazuje na wzrost udziału ligniny w próbce drewna. Zmiany widma w paśmie 1330 cm^{-1} wyjaśniono już uprzednio tworzeniem się mostków wodorowych. Minimalne zmiany widma drewna IV, w porównaniu z widmem drewna współczesnego, korespondują z dużą wytrzymałością tego drewna na zginanie.

Widmo spektroskopowe drewna V jest bardziej zmienione niż widmo drewna IV. Zaniknął pik 1730 cm^{-1} , pojawia się natomiast, podobnie jak w drewnie II, pasmo 1690 cm^{-1} , wywoływane przez kwasy fenolowo-



Rys. 3. Widma spektroskopowe w podczerwieni drewna dębowego — współczesnego, pochodzącego z przełomu 13 i 14 wieku oraz z 6-9 wieku
 Abb. 3. Infrarotspektrogramme von rezenten Eichenholz und zwei Eichenholzproben der Frühgeschichte des 13./14. Jh. und des 6.-9. Jh.

karboksylowe. Wskazuje to na zapoczątkowany rozpad hemiceluloz, za czym przemawia również podział szerokiego pasma 1240 cm^{-1} na dwa piki, które występowały także wyraźnie w prehistorycznym drewnie II i III. Pasma 1500 cm^{-1} staje się wyraźniejsze niż w drewnie współczesnym, a pik 1120 cm^{-1} wyższy niż w drewnie IV. Większa intensywność pasma 1370 cm^{-1} w drewnie V, podobnie jak to zinterpretowano w przypadku drewna IV, wynika prawdopodobnie z dużej szerokości słoju rocznych [4] i związanego z tym większym udziałem drewna późnego i celulozy w badanych próbkach. Zmniejszenie wytrzymałości na zginanie drewna V, w stosunku do wytrzymałości drewna IV, można wytłumaczyć prawie całkowitym rozpadem hemiceluloz, na co wskazują zmiany w pasmach 1730 i 1240 cm^{-1} .



Rys. 4. Widma spektroskopowe w podczerwieni drewna dębowego — współczesnego, pochodzącego z przełomu 12 i 13 wieku oraz z przełomu 9 i 10 wieku
 Abb. 4. Infrarotspektrogramme von rezentem Eichenholz und zwei Eichenholzproben der Frühgeschichte des 12./13. Jh. und des 9./10. Jh.

Analizując widma spektroskopowe dwóch dalszych próbek drewna dębowego — VI i VII, pochodzącego z 9 - 12 wieku, można zaobserwować kolejne zmiany w poszczególnych pasmach. Zanika całkowicie pasmo 1730 cm^{-1} oraz pasmo 1690 cm^{-1} , wskazujące na obecność kwasów fenolowokarboksylowych. Nie ulega natomiast zmianom — w stosunku do widma drewna współczesnego — pasmo 1370 cm^{-1} . Podział szerokiego pasma 1240 cm^{-1} na dwa piki staje się wyraźniejszy, szczególnie dla drewna VII.

Ważniejszym spostrzeżeniem jest jednak zaobserwowana zmiana w paśmie 1160 cm^{-1} , mająca podobny charakter jak w drewnie III, z epo-

ki brązu. W obydwu próbkach drewna VI i VII pasmo to zaznacza się tylko w postaci uskoku, mniejszego dla drewna VII niż VI. Jest to kolejny dowód, że drgania grup $C-O-C$ celulozy i hemiceluloz rejestrowane w odpowiednich pasmach, pozwalają sądzić o właściwościach wytrzymałościowych drewna, a szczególnie jego wytrzymałości na zginanie. Zmniejszenie wyrazistości tych pasm wskazuje na spadek średniego stopnia polimeryzacji celulozy i hemiceluloz, z czym wiąże się zmniejszenie wytrzymałości drewna.

Zmiany w paśmie 1160 cm^{-1} pozwalają również na wnioskowanie o zmianie takich właściwości fizycznych drewna, jak pęcznienie i kurczenie się przy zmianach wilgotności. Pasma to wskazuje bowiem na rozkład celulozy, co prowadzi do wzrostu higroskopijności drewna. Jak wykazały przeprowadzone badania [4], bardzo znacznie zwiększa się pęcznienie drewna wzdłuż włókien. Na przykład drewno dębowe III pęcznieje wzdłuż włókien $10,3\%$, a drewno VII — $4,0\%$, gdy natomiast współczesne drewno dębowe tylko $0,4\%$. Pęcznienie pozostałych próbek drewna mieściło się między $0,7\%$ dla drewna IV a $1,0\%$ dla drewna V.

Reakcje rozpadu celulozy są zatem ważnym kryterium dla oceny zależności między spadkiem wytrzymałości drewna a wzrostem jego pęcznienia wzdłużnego [4]. W drewnie, w którym nastąpił znaczny rozpad jego składników, może również nastąpić rozpad kompleksu hemicelulozo-ligninowego. Osłabia to hydrofobowy charakter ligniny. Przy niezmienionej sorpcji, drewno wykazuje wówczas większe pęcznienie.

Podsumowując wyniki analizy widm spektroskopowych w podczerwieni wszystkich badanych próbek drewna można stwierdzić, że im pełniejszy był rozpad drewna, tym słabsze były, lub wręcz zanikały pasma wywoływane przez drgania grup funkcyjnych celulozy i hemiceluloz. Wyraźniej zaznaczały się natomiast pasma ligniny. W badaniach spektroskopowych w podczerwieni zmian właściwości drewna dębowego podstawowe znaczenie mają pasma: 1730 , 1370 , 1240 , 1160 , $1110-1145$ i 810 cm^{-1} , na podstawie których można wnioskować o właściwościach fizycznych i mechanicznych drewna.

WNIOSKI

1. Dla spektroskopowej oceny w podczerwieni zmian zachodzących w strukturze drewna podczas długotrwałego składowania podstawowe znaczenie mają pasma 1730 , 1370 , 1240 , 1160 , $1110-1145$ i 810 cm^{-1} . Zmiany w tych pasmach pozwalają na wnioskowanie o zmianach chemicznych, fizycznych i mechanicznych właściwości drewna.

2. Ze zwiększającym się rozpadem drewna dębowego, mniej wy-

rażne stały się pasma widm wywoływane grupami funkcyjnymi celulozy i hemiceluloz, natomiast wyraźniejsze stawały się pasma dotyczące ligniny. Świadczy to o tym, że w dębowym drewnie pochodzącym z epoki kamiennej, epoki brązu i wieków średnich, w pierwszej kolejności uległy rozpadowi hemicelulozy, a następnie celuloza. Lignina natomiast wykazywała bardzo dużą odporność.

3. W drewnie, które przez wiele wieków znajdowało się w mokrym środowisku powstaje znaczna liczba wiązań wodorowych, o czym świadczy wyraźny pik przy 1330 cm^{-1} .

Tekst w języku polskim przygotował doc. dr inż. Oswald Paprzycki.

Praca wpłynęła do Redakcji
w czerwcu 1983 r.

LITERATURA

1. Harrington K. J., Higgins H. G., Michell A. J.: Infrared spectra of *Eucalyptus regans* F. Muell. and *Pinus radiata* D. Don. *Holzforschung* Berlin 1964, t. 18, z. 4, s. 108 - 113.
2. Kommert R.: *Holzfunde bei archäologischen Ausgrabungen. Arbeits- und Forschungsberichte zur sächs. Bodendenkmalspflege*, Berlin 1977, t. 22, s. 171 - 186.
3. Kommert R.: Zu Stand und Ergebnissen von Untersuchungen an Holz aus Ausgrabungen. *Zeitschrift für Archäologie*, Berlin 1977, t. 11, s. 73 - 83.
4. Kommert R.: *Holzfunde und ihre Auswertung. Dissertation B an der Technischen Universität Dresden* 1980.
5. Kommert R.: Eigenschaften von Holzfunden aus der Frühgeschichte. Część II: Sorptionsverhalten. *Holztechnologie*, Leipzig 1980, t. 21, z. 4, s. 230 - 233.
6. Kommert R.: Rohdichte und Festigkeitseigenschaften einer Eichenholzprobe aus Wasserburg Beerwalde, Kr. Hainichen. *Arbeits- und Forschungsberichte zur sächs. Bodendenkmalspflege*, Berlin 1982, t. 24/25, s. 383 - 387.
7. Kommert R., Wienhaus O.: Untersuchungen chemischer und physikalischer Eigenschaften von Holz aus Kulthöhlen der Bronzezeit. *Holztechnologie*, Leipzig 1970, t. 11, z. 3, s. 177 - 182.
8. Nakinishi K.: *Infrared Absorption Spectroscopy. Practical*, San Francisco 1964.
9. Pecina H.: Zur Aussagefähigkeit von Infrarot-Spektrogrammen über chemische Strukturveränderungen des Holzes mit dem Beispiel thermischer Behandlung. *Holztechnologie*, Leipzig 1982, t. 23, z. 2, s. 78 - 84.
10. Pecina H.: Ocena przydatności badań spektroskopowych w podczerwieni do określania zmian struktury chemicznej drewna poddawanego obróbce termicznej. *Roczn. Akademii Rolniczej w Poznaniu*, 1983, t. 143, s. 63 - 74.
11. Sarkanen K. V., Chang H. M., Ericson B.: *Species Variations in Lignins. Part I: Infrared Spectra of Guaiacyl and Syringyl Models*. Tappi, New York, 1967, t. 50, s. 572 - 575.

12. Scheiber C., Wagenführ R.: Subfossiles Eichenrundholz; Aufkommen, Eigenschaften und Verwendung in der DDR. Holztechnologie, Leipzig 1976, t. 17, z. 3, s. 133 - 139.
13. Vorreiter L.: Holztechnologisches Handbuch, Bd. 1, Wien 1949.

СПЕКТРОСКОПИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В ИНФРАКРАСНОМ ИЗЛУЧЕНИИ ДРЕВЕСИНЫ РАЗНЫХ ИСТОРИЧЕСКИХ ЭПОХ

Резюме

Спектроскопическим исследованиям в инфракрасном излучении подвергли образцы пихтовой древесины XI и XII вв. и образцы дубовой древесины раннего каменного века, бронзового века и 6-14 вв. С целью сравнения этих образцов изучено современную древесину этих двух пород. Отдельные образцы древесины различались по плотности и устойчивости против изгиба. Анализировали абсорбционные спектры в пределах $1800-700 \text{ см}^{-1}$. Обнаружено, что чем больше усиливался распад древесины, тем менее отчетливыми становились полосы спектры, вызванные функциональными группами целлюлозы и гемицеллюлозы. Более отчетливыми были полосы, соответствующие лигнину. Это свидетельствует о том, что целлюлоза и гемицеллюлозы менее устойчивы и быстрее подвергаются распаду, чем лигнин. В работе определено также тесную зависимость между распадом отдельных составных частей древесины, понижением её устойчивости против изгиба и увеличением деформации древесины, вызванных влажностью, вдоль волокон.

UNTERSUCHUNGEN VON HOLZFUNDEN VERSCHIEDENER ZEITALTER MITTELS INFRAROTSPEKTROSKOPIE

Zusammenfassung

Mittels Infrarotspektroskopie wurde Tannenholz aus den 11/12 Jahrhundert und Eichenholz aus der Jungsteinzeit, Bronzezeit und aus den 6-14 Jahrhundert untersucht. Zum Vergleich untersuchte man rezent Holz. Die Holzproben wiesen eine unterschiedliche Rohdichte und Biegefestigkeit auf. Die Ergebnisse hat man im Spektralbereich $1800 \text{ bis } 700 \text{ cm}^{-1}$ analysiert. Lignin ist nach den Untersuchungen als stabilster Holzbestandteil nachgewiesen worden. Sinken des DP der Cellulose führt zu einem bedeutenden Festigkeitsabbau. Die Sprengung des Lignin-Hemicellulose-Komplexes, sowie die Gefügelockerung des Holzgerüsts durch Hemicelluloseentzug führt zu erhöhter Quellung in Längsrichtung der Faser.

Adresy autorów:

Dr Heinz Pecina

Technische Universität Dresden

Sektion Verarbeitungs- und

Verfahrenstechnik

MommSENstrasse 13

80 27 Dresden DDR

Dr Rosemarie Kommert

Technische Universität Dresden

Sektion Forstwirtschaft

MommSENstrasse 13

80 27 Dresden DDR