

ODPORNOŚĆ RÓŻNYCH GATUNKÓW DREWNA NA DZIAŁANIE
DAWKI PROMIENIOWANIA GAMMA WYSTARCZAJĄCEJ DO
SPOLIMERYZOWANIA STYRENU W DREWNI

Ewa Fabisiak, Henryk Fabisiak, Jan Raczkowski

Katedra Nauki o Drewnie i Zakład Techniki
Jądrowej w Rolnictwie AR w Poznaniu

1. WSTĘP

Rozpiętość podawanych przez literaturę dawek promieniowania gamma potrzebnych do spolimeryzowania styrenu w drewnie mieści się w szerokim przedziale od 20 do 300 kGy [3, 8, 11]. Dodatek niektórych związków chemicznych ułatwia polimeryzację styrenu w drewnie, należy do nich np. czterochlorek węgla. Kandell [8] na przykładzie drewna sosny wykazał, że do utwardzenia w drewnie styrenu z dodatkiem 10% CCl_4 wystarcza dawka promieniowania ok. 50 kGy. Badania Kandella zostały powtórzone na przykładzie drewna buku [12]. W wyniku tych badań okazało się, że dawka promieniowania gamma potrzebna do utwardzenia w drewnie buku styrenu z dodatkiem 10% CCl_4 wynosi około 150 kGy i jest trzykrotnie wyższa od uznanej przez Kandella [8] za wystarczającą do spolimeryzowania styrenu w drewnie sosny. W przypadku dawek promieniowania gamma wynoszących ok. 150 kGy można się już liczyć z pewną radiolizą tkanki drzewnej [1, 2, 5, 7, 9, 10]. Konieczne jest w tym stanie rzeczy bliższe określenie ewentualnego wpływu napromieniowania drewna różnych gatunków dawką promieniowania gamma wynoszącą 150 kGy na jego wybrane właściwości. W tym celu wykonano badania odporności 20 ważniejszych krajowych gatunków drewna na działanie promieniowania gamma przy wysokości dawki 150 kGy.

2. OPIS WYKONANYCH DOŚWIADCZEŃ

Do badań użyto drewna 20 gatunków drzew III i IV klasy wieku rosnących na niewielkim obszarze w jednakowych warunkach klimatyczno-przyrodniczych. Drzewa te pochodziły z terenu Nadleśnictwa Doświadczalnego Zielonka, należącego do Akademii Rolniczej w Poznaniu [4]. Przy doborze drzew doświadczalnych zwracano uwagę, by drzewa były zdrowe, bez widocznych objawów chorobowych, bez wad kształtu, o równomiernie rozwiniętej koronie. Do badań pobrano wyrzynki odziomkowe pochodzące z wysokości 2 m od szyi korzeniowej. Okorowane łupki z tych wyrzynków sezonowano przez 6 miesięcy. Następnie ze środkowej części przekroju poprzecznego, z pominięciem pierwszych 10 przyrostów, wycinano graniaki o wymiarach 35 x 35 x 150 mm. Drewno przeznaczone do badań było zatem drewnem twardej twardzieli, bądź dojrzałym w przypadku gatunków nie wytwarzających zabarwionej twardzieli. Graniaki sezonowano do wilgotności równoważnej ok. 12%. Część graniaków każdego gatunku napromieniowano w urządzeniu radiacyjnym PXM-gamma-20 (prod. ZSRR) zaopatrzone w źródło promieniowania Co-60 o aktywności w chwili przeprowadzania badań 5000 Ci i mocy dawki 3,6 kGy/godzinę.

Jak już wspomniano - wcześniejsze badania wykazały, że do spolimeryzowania styrenu w drewnie wystarczająca jest dawka promieniowania gamma 150 kGy. Taką przeto dawkę stosowano do napromieniowania doświadczalnych graniaków drewna różnych gatunków. W celu scharakteryzowania odporności radiacyjnej drewna badanych gatunków oznaczono gęstość drewna metodą stereometryczną, nasiąkliwość i pęcznienie w wodzie oraz twardość metodą Chalais-Meudon. Gęstość i twardość drewna oznaczano na przykładzie próbek kostkowych o boku 30 mm. Przy pomiarach twardości w próbkę wciskano cylindryczny wgłębnik o średnicy 30 mm ze stałą siłą 1000 N/cm w kierunku stycznym do przyrostów rocznych. Nasiąkliwość i pęcznienie w wodzie o temperaturze $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ oznaczano na próbkach o wymiarach 30 x 30 x 10 mm po upływie 2 godz., 24 godz. i 240 godzin nawilżania. Pomiarów wykonano na materiale w stanie zupełnie suchym. Każdy pomiar powtarzano na trzech próbkach.

3. WYNIKI DOŚWIADCZEŃ I ICH ANALIZA

Zestawienie badanych gatunków drewna wraz z podaniem ich gęstości w stanie zupełnie suchym zawiera tabela 1, a wyniki bezpośrednich pomiarów nasiąkliwości i pęcznienia tabela 2 i 3. Stopień

pęcznienia oznaczano jako wzrost pola przekroju poprzecznego próbek po upływie określonego czasu ich nawilżania w wodzie w stosunku do pola przekroju poprzecznego próbek w stanie zupełnie suchym. Wyniki pomiarów twardości zestawiono w tabeli 4.

Między badanymi właściwościami drewna a jego gęstością istnieje - zgodnie z oczekiwaniem - zależność prostoliniowa, którą przedstawia przykładowo rysunek 1. Wykresy te przedstawiają nasiąkliwość po 240 godzinach nawilżania w funkcji gęstości. Stałe w równaniu regresji typu $y = a + bx$ dla pozostałych badanych właściwości w funkcji gęstości zestawiono w tabeli 5.

Do możliwie poglądowego przedstawienia wyników, w celu ułatwienia określenia wpływu napromieniowania dawką 150 kGy na badane właściwości drewna sporządzono wykresy (rys. 2-4). Na wykresach tych przedstawiono wzrost lub spadek wartości liczbowej danej właściwości drewna napromieniowanego w porównaniu z drewnem naturalnym, nie napromieniowanym. Liniami przerywanymi wydzielono obszar zmienności danych właściwości w przedziale $\pm 10\%$, który przyjęć można umownie za dopuszczalną zmienność naturalną. Z danych rysunku 2 wynika, że po 2 godzinach nawilżania w wodzie obniżenie nasiąkliwości powyżej 10% występuje w 45% badanych przypadków. Udział przypadków, w których następuje obniżenie nasiąkliwości powyżej 10% po 24 godzinach nawilżania zmniejsza się do 15%, a po 240 godzinach nawilżania ulega dalszemu zmniejszeniu do 5%. Z danych tych wynika, że w początkowym okresie nawilżania (do 2 godz.) widoczna jest wyraźna tendencja do obniżania się nasiąkliwości drewna napromieniowanego dawką 150 kGy. W miarę wydłużania się czasu przebywania próbek w wodzie nasiąkliwość próbek napromieniowanych i kontrolnych wyrównuje się i po 240 godzinach nawilżania jest jednakowa w przedziale $\pm 10\%$. Podobne zależności kształtują się również w zakresie pęcznienia drewna nawilżanego wodą.

Udział przypadków, w których spadek stopnia pęcznienia pola przekroju poprzecznego próbek napromieniowanych jest większy niż 10% w stosunku do próbek kontrolnych wynosi 45% po 2 godzinach nawilżania (rys. 3). W miarę zaś wydłużania się czasu nawilżania udział tych przypadków zmniejsza się, a po 240 godzinach przebywania próbek w wodzie stanowi tylko 10% wszystkich badanych przypadków. Inaczej mówiąc, pęcznienie próbek napromieniowanych dawką 150 kGy i kontrolnych po 240 godzinach nawilżania w wodzie jest w zasadzie jednakowe. Na marginesie można zauważyć, że zaobserwowany wzrost pęcznienia napromieniowanych próbek drewna jaworu

T a b e l a 1

Zestawienie badanych gatunków drewna

Nazwa potoczna		Nazwa botaniczna	Gęstość kg/m ³
Sosna wejmutka	Sow	<i>Pinus strobus</i>	407
Świerk	Św	<i>Picea abies</i>	459
Jodła	Jd	<i>Abies alba</i>	471
Sosna zwyczajna	Soz	<i>Pinus silvestris</i>	512
Jedlica	Jl	<i>Pseudotsuga menziesii</i>	593
Wiąz	Wz	<i>Ulmus campestris</i>	526
Dąb czerwony	Dbc	<i>Quercus rubra</i>	598
Dąb szypułkowy	Dbś	<i>Quercus robur</i>	604
Jesion	Js	<i>Fraxinus excelsior</i>	652
Robinia	Rb	<i>Robinia pseudoacacia</i>	691
Osika	Os	<i>Populus tremula</i>	392
Wierzba	Wb	<i>Salix alba</i>	407
Topola	Tp	<i>Populus sp.</i>	490
Olsza szara	Ols	<i>Alnus glutinosa</i>	490
Olsza czarna	Olc	<i>Alnus incana</i>	557
Lipa	Łp	<i>Tilia sp.</i>	581
Jawor	Jw	<i>Acer pseudoplatanus</i>	611
Brzoza	Brz	<i>Betula verrucosa</i>	665
Buk	Bk	<i>Fagus silvatica</i>	698
Grab	Gb	<i>Carpinus betulus</i>	760

T a b e l a 2

Nasiąkliwość drewna naturalnego (D_n) i drewna napromieniowanego dawką promieniowania gamma 150 kGy (D_x)

Drewno	Nasiąkliwość w wodzie po upływie					
	2 godz.		24 godz.		240 godz.	
	D_n	D_γ	D_n	D_γ	D_n	D_γ
$W_n, \%$						
Sow	59	52	94	82	169	185
Św	62	60	79	85	143	152
Jd	79	76	92	93	160	153
Soz	56	56	66	71	113	125
Jd	30	29	48	53	94	99
Wz	47	38	93	77	125	115
Dbc	34	33	82	76	108	109
Dbś	29	23	67	60	97	81
Js	24	20	64	58	101	94
Rb	12	13	39	38	70	66
Os	78	66	120	123	190	187
Wb	67	57	115	107	156	164
Tp	70	57	115	109	160	156
Ols	97	102	114	119	156	161
Olc	77	55	89	76	128	123
Lp	62	65	87	93	134	129
Jw	40	36	84	83	111	113
Brz	37	40	53	65	91	100
Bk	63	64	69	71	102	101
Gb	34	23	62	57	84	85

T a b e l a 3

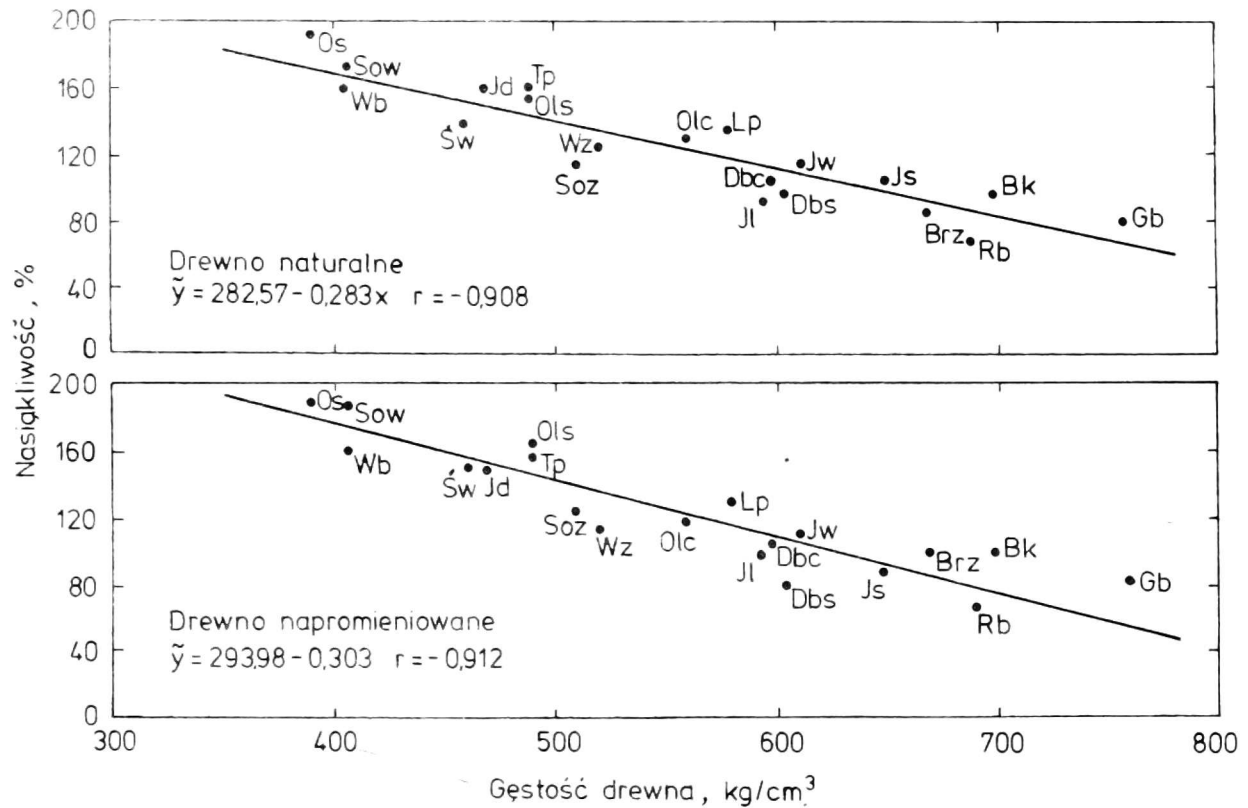
Pęcznienie drewna naturalnego (D_n) i drewna napromieniowanego
dawką promieniowania gamma 150 kGy (D_γ)

Drewno	Pęcznienie α_F po nawilżaniu w wodzie przez					
	2 godz.		24 godz.		240 godz.	
	D_n	D_γ	D_n	D_γ	D_n	D_γ
$\alpha_F, \%$						
Sow	8,0	6,1	8,6	6,9	8,8	7,0
Św	14,8	13,4	15,4	14,6	15,5	14,9
Jd	16,8	18,8	17,2	18,8	17,4	19,0
Soz	12,6	12,4	13,5	14,9	16,0	15,6
Jl	9,3	9,5	15,6	14,9	16,0	15,6
Wz	10,3	8,8	14,2	13,2	14,8	13,7
Dbc	7,8	7,7	14,0	13,9	14,3	14,4
Dbs	6,9	5,7	14,3	15,0	14,9	15,8
Js	7,1	5,4	17,9	15,9	18,7	17,2
Rb	4,3	3,9	12,4	11,0	13,7	12,6
Os	12,0	10,4	14,0	13,0	14,2	13,2
Wb	9,1	8,4	12,7	12,1	12,9	12,5
Tp	12,8	11,1	16,0	15,5	16,9	16,2
Ols	19,6	16,8	20,0	17,5	20,1	17,7
Olc	14,6	10,3	15,0	13,8	15,4	14,3
Lp	19,5	18,5	21,8	20,8	22,4	21,3
Jw	8,0	8,8	11,5	14,1	11,8	14,7
Brz	14,2	14,0	19,0	17,7	19,1	18,2
Bk	19,7	20,0	20,3	20,7	20,9	21,3
Gb	13,5	7,8	22,3	20,6	22,8	22,0

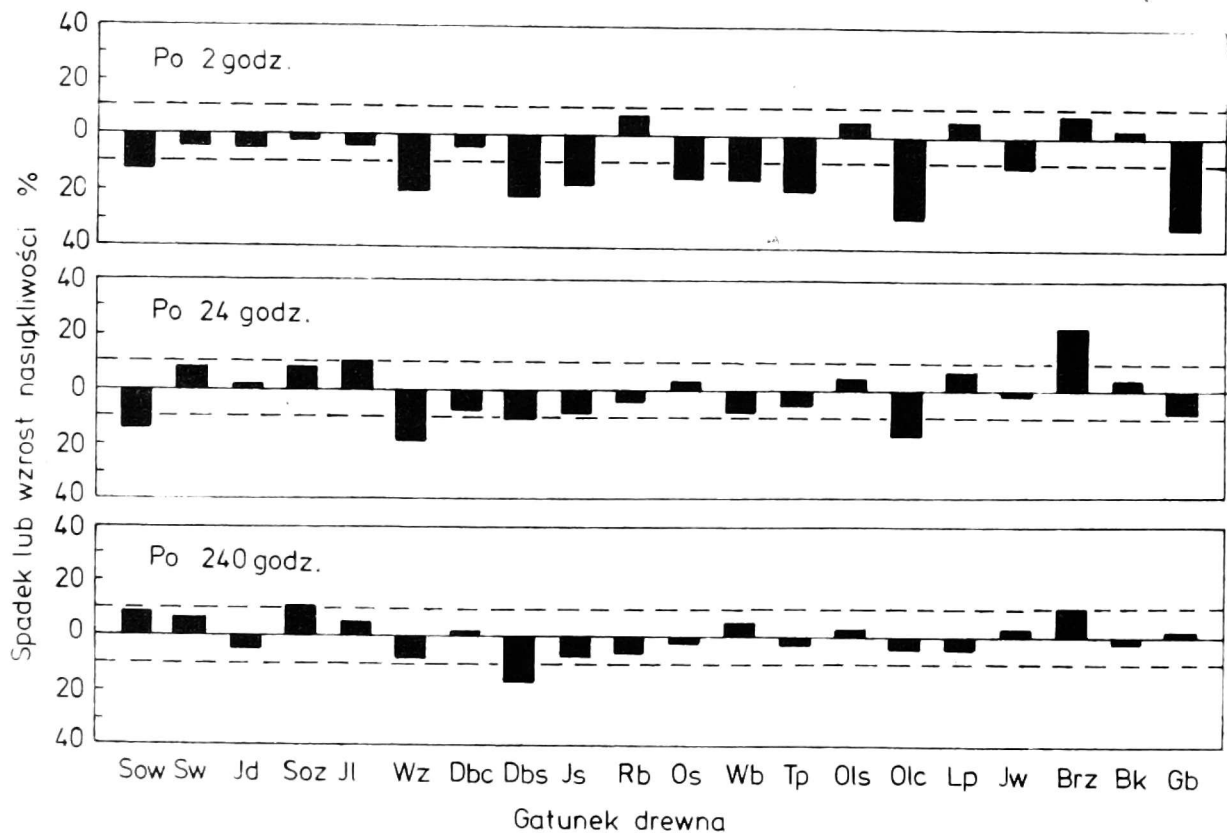
T a b e l a 4

Twardość według Chalais-Meudon w kierunku stycznym drewna naturalnego (D_n) i drewna napromieniowanego dawką promieniowania gamma 150 kGy (D_γ)

Drewno	Rodzaj materiału	
	D_n	D_γ
$H_T, 1/mm$		
Sow	1,7	0,9
Św	2,1	1,5
Jd	2,7	1,5
Soz	3,7	2,4
Jl	4,7	4,9
Wz	2,1	2,0
Dbc	3,1	3,0
Dbz	2,8	2,0
Js	7,8	6,3
Rb	5,7	5,6
Os	0,8	0,6
Wb	0,7	0,6
Tp	1,3	1,2
Ols	1,7	1,1
Olc	2,5	1,8
Lp	1,8	1,8
Jw	3,6	3,8
Brz	4,0	3,6
Bk	4,1	4,0
Gb	5,5	5,7



Rys. 1. Nasiąkliwość po 240 godzinach nawilżania w wodzie w funkcji gęstości drewna naturalnego i drewna napromieniowanego dawką promieniowania gamma 250 kGy



Rys. 2. Spadek lub wzrost nasiąkliwości w zależności od czasu nawilżania drewna różnych gatunków napromieniowanego dawką promieniowania gamma 150 kGy w porównaniu z drewnem naturalnym

T a b e l a 5

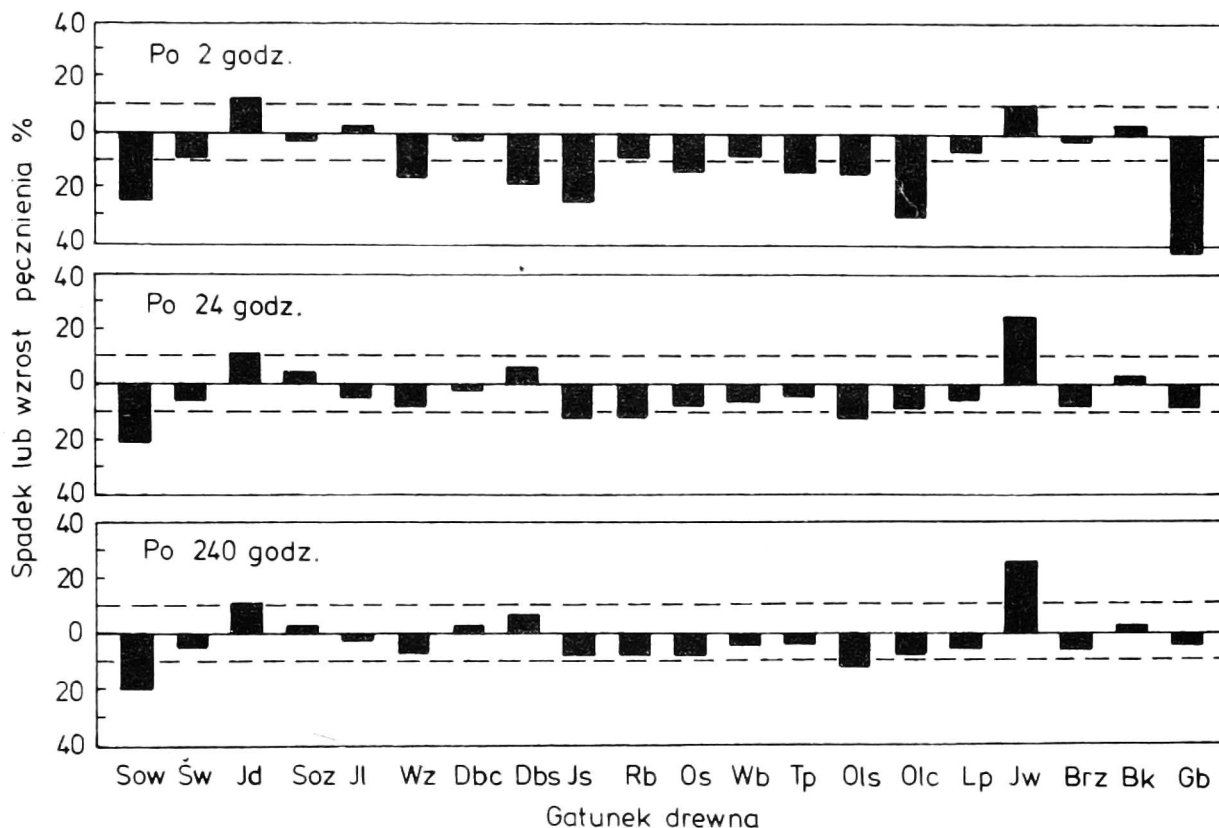
Zestawienie stałych w równaniach regresji typu $y = a + bx$ opisujących zależność badanych właściwości drewna od gęstości

Badana właściwość	Drewno	Współczyn- nik korela- cji	Stałe	
			a	b
Nasiąkliwość po 240 go- dzinach	A	-0,912	293,98	-0,303
	B	-0,908	282,57	-0,283
Pęcznienie po 240 go- dzinach	A	0,571	5,03	0,0193
	B	0,519	6,36	0,0177
Twardość według Chalais- -Meudon	A	0,883	5,66	0,0151
	B	0,793	4,49	0,0136

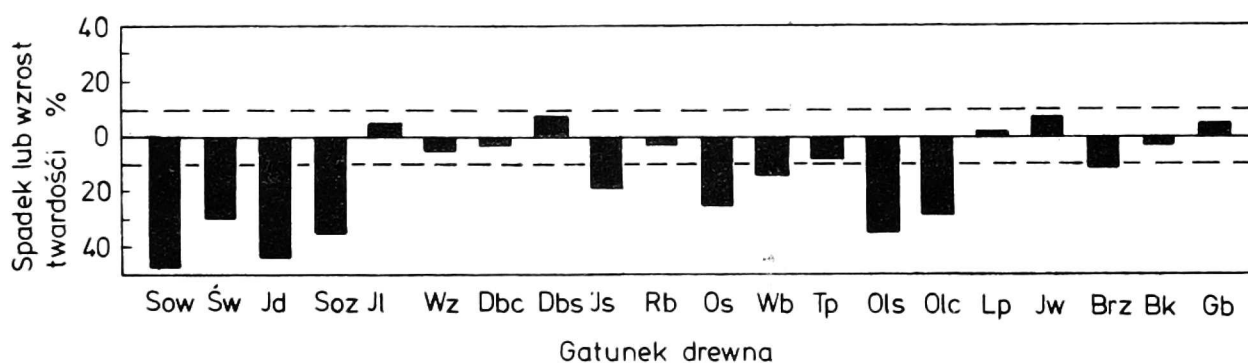
A - napromieniowane, B - nie napromieniowane.

(rys. 3) wynika raczej z przypadkowego układu danych doświadczalnych.

Z porównania nasiąkliwości i pęcznienia w pierwszych 2 godzinach nawilżania w wodzie, kiedy to nasiąkliwość i pęcznienie próbek napromieniowanych wykazuje dość wyraźną tendencję do obniżania się, wynika interesujące spostrzeżenie. Spostrzeżenie to zdaje się wskazywać pośrednio na fakt, że napromieniowanie drewna dawką 150 kGy zmniejsza w znacznej liczbie przypadków zdolność oddziaływania substancji drzewnej z wodą w przedziale higroskopijnym, obniżając tym samym zdolność sorpcyjną drewna. W początko-



Rys. 3. Spadek lub wzrost stopnia pęcznienia w zależności od czasu nawilżania drewna różnych gatunków napromieniowanego dawką promieniowania gamma 150 kGy w porównaniu z drewnem naturalnym



Rys. 4. Spadek lub wzrost twardości według Chalais-Meudon w kierunku stycznym drewna gatunków napromieniowanego dawką promieniowania gamma 150 kGy w porównaniu z drewnem naturalnym

wym przeto okresie nawilżania zdaje się przejawiać sieciujący wpływ promieniowania gamma na elementy strukturalne drewna. W miarę zaś wydłużania czasu nawilżania liczba dodatkowych wiązań bocznych, powstałych w wyniku sieciowania ulega rozerwaniu i stopień pęcznienia próbek napromieniowanych zbliża się do wielkości charakterystycznych dla drewna naturalnego.

Na ogół twardość drewna badanych gatunków po napromieniowaniu dawką 150 kGy ulega wyraźnemu obniżeniu (rys. 4). Udział przypadków, w których obniżenie twardości przekracza 10% wynosi ok. 50% badanych gatunków drewna. Często spadek twardości dochodzi do 40% lub nawet niekiedy wartość tę przekracza.

Z dotychczasowych badań nad wpływem promieniowania gamma na właściwości mechaniczne drewna wynika, że dawka od której poczynając obserwuje się spadek właściwości mechanicznych jest uzależniona od rodzaju właściwości. Najmniej czuła w tym aspekcie jest wytrzymałość na ściskanie podłużne, najbardziej zaś - wytrzymałość na rozciąganie [1, 9]. Wytrzymałość na ściskanie w poprzek włókien drewna sosny napromieniowanego dawką 150 kGy obniża się o ok. 20% [6]. Oprócz rodzaju wytrzymałości, poprzez który przejawia się wpływ roli podstawowych składników drewna istotny wpływ na odporność radiacyjną drewna ma obecność ubocznych związków ekstrakcyjnych, które w wielu przypadkach działają jako swoiste antyrady [10].

Z przedstawionych danych wynika, że w przypadku radiacyjnej modyfikacji styrenem drewna gatunków stosowanych do wyrobu lignomeru, takich jak sosna zwyczajna, olsza i in. liczyć się należy ze spadkiem twardości o ok. 30%.

4. ZAKOŃCZENIE

W rezultacie przeprowadzonych badań nad odpornością drewna 20 gatunków na promieniowanie gamma o wysokości dawki 150 kGy ustalono, że nasiąkliwość i pęcznienie w wodzie po pewnej skłonności do obniżania w początkowej fazie nawilżania, przy dalszym nawilżaniu nie różni się od nasiąkliwości i pęcznienia drewna naturalnego. Twardość zaś próbek napromieniowanych wykazuje wyraźną tendencję do obniżania się. Spadek twardości przekracza nawet w niektórych przypadkach 40%.

LITERATURA

1. Aoki T., Norimoto M., Yamada T.: Some physical properties of wood and cellulose irradiated with gamma rays. Wood Res. Kyoto, 62, 1977, s. 19-28.

2. Becker G., Burmester A.: Veränderung von Holzeigenschaften durch-Strahlung. Materialprüfung, 1962, 4, s. 416-426.
3. Collins C. H., Thomas C. C., Hyche C. M., Sondel J. A.: Rates of polymerization of monomers in maple and birch using a variable dose rate gamma source. Forest Prod. J., 17, 1967, s. 52-56.
4. Fabisiak E., Fabisiak H., Raczkowski J.: Ocena przydatności drewna krajowych gatunków do wyrobu kompozytów drzewnych. Materiały z III Sympozjum: Modyfikacja drewna. Poznań - Zielonka 1981, s. 101-108.
5. Freidin A. S.: Diejstwije ionizirujuszczej radiacji na drewnie-sinu i jejo komponenty. Moskwa 1961. Goslebumizdat.
6. Helińska-Raczkowska L.: Ciśnienie pęcznienia drewna poddanego działaniu promieniowania gamma. Holztechnologie (w druku).
7. Jokel J.: Radiacne zmeny vlastnosti dreva. Drev. Vyskum, 11, 1967, s. 1-14.
8. Kandell S. A. E.: Beta-ray determination interincremental density in wood-plastic composites. Wood Sci. 12, 1979, s. 59-64.
9. Ławniczak M., Raczkowski J., Wojciechowicz B.: Einfluss der Gamma-Strahlung auf einige Eigenschaften von Spanplatten. Holz als Roh- und Werkstoff, 22, 1964, s. 373-376.
10. Ławniczak J., Raczkowski J.: The influence of extractives on the radiation stability of wood. Wood Sci. Technol., 4, 1970, s. 45-49.
11. Nikołów Sw., Widełow Chr., Abraszew G.: Modificiranje na drewniesinata. Sofia 1978. Zemizdat.
12. Raczkowski J.: Wpływ dawki promieniowania gamma na polimeryzację styrenu w drewnie i niektóre właściwości kompozytu. Materiały z III Sympozjum: Modyfikacja drewna. Poznań - Zielonka 1981, s. 362-375.

Э. Фабисьяк, Г. Фабисьяк, Я. Рачковски

УСТОЙЧИВОСТЬ РАЗНЫХ ВИДОВ ДРЕВЕСИНЫ К ДЕЙСТВИЮ ДОЗЫ
ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ ДОСТАТОЧНОЙ ДЛЯ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ СТИРОЛА В ДРЕВЕСИНЕ

Р е з ю м е

Исследовали устойчивость 20 важнейших отечественных видов древесины к действию гамма-излучения при величине дозы 150 kGy. Часть призм каждого вида древесины облучали в радиационном приборе ПХМ-гамма-20 (производства СССР) снабженном источником излучения ^{60}Co с активностью во время исследований отвечающей 5000 Ci и мощностью дозы 3,6 kGy/час. Для изучения возможного влияния облучения древесины исследуемых видов определяли учельный вес древесины по стереометрическому методу, а также оценивали намокаемость, набухание в воде и твердость по Шале-Медону.

Установлено, что намокаемость и набухание облученной древесины показывает в первой фазе смачивания снижающуюся тенденцию. Однако, по мере продолжительности пребывания образцов в воде намокаемость и набухание облученной древесины не разнятся от намокаемости и набухания природной древесины. Твердость же облученных образцов показывает четкую тенденцию к снижению.

E. Fabisiak, H. Fabisiak, J. Raczkowski

STABILITY OF WOOD OF VARIOUS SPECIES TO THE
ACTION OF THE GAMMA-RADIATION DOSE SUFFICIENT FOR
THE STYRENE POLYMERIZATION IN WOOD

S u m m a r y

Stability of 20 important inland wood species to the action of the gamma-radiation of the dose of 1500 kGy was investigated. A part of wood prisms of each species was irradiated with gamma-rays in a special appliance of PXM-gamma-20 (of the Soviet make) provided in the radiation source of ^{60}Co with the activity at the time of investigations amounting to 5000 Ci and the dose power of 3.6 kGy/hour. To determine possible effect of irradiation of wood of the species under study, the wood density was determined by the stereometric methods as well as its imbibition and swelling in water and hardness after Chalais-Meudon were estimated.

It has been proved that imbibition and swelling of irradiated wood exhibits in the first phase of wetting a decreasing tendency. However, along with longer staying of samples in water, imbibition and swelling of the irradiated wood did not differ practically from imbibition and swelling of natural wood. On the other hand, hardness of the irradiated samples exhibited a distinct decreasing tendency.