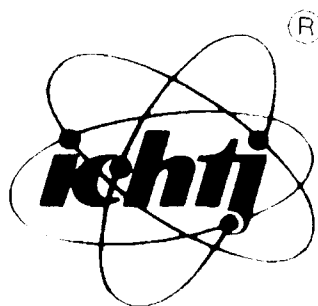




**RAPORTY IChTJ. SERIA B nr 1/2002**

**OCENA PRZYDATNOŚCI NIEKTÓRYCH POLIMERÓW  
PRODUKOWANYCH MASOWO,  
DO POMIARU DAWEK TECHNOLOGICZNYCH  
W NAPROMIENIOWANIACH AKCELERATOROWYCH**

**Teresa Bryl-Sandelewska, Przemysław P. Panta**



**INSTYTUT CHEMII  
I TECHNIKI JĄDROWEJ**

**INSTITUTE OF NUCLEAR  
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**

**34 / 01**

**RAPORTY IChTJ. SERIA B nr 1/2002**

**OCENA PRZYDATNOŚCI NIEKTÓRYCH POLIMERÓW,  
PRODUKOWANYCH MASOWO,  
DO POMIARU DAWEK TECHNOLOGICZNYCH  
W NAPROMIENIOWANIACH AKCELERATOROWYCH**

**Teresa Bryl-Sandelewska, Przemysław P. Panta**

**Warszawa 2002**

## **WYDAWCA**

Instytut Chemii i Techniki Jądrowej

ul. Dorodna 16, 03-195 Warszawa

tel.: (0-22) 811 06 56, fax: (0-22) 811 15 32, e-mail: [sekdyrn@orange.ichtj.waw.pl](mailto:sekdyrn@orange.ichtj.waw.pl)

*Raport został wydany w postaci otrzymanej od Autorów*

UKD: 544.54

INIS: D23.00

SŁOWA KLUCZOWE: PROMIENIOWANIE JONIZUJĄCE, WIĄZKI ELEKTRONOWE,  
DOZYMETRIA, DOZYMETR POLIMEROWY

## **Ocena przydatności niektórych polimerów, produkowanych masowo, do pomiaru dawek technologicznych w napromieniowaniach akceleratorowych**

W raporcie przedstawiono wstępne wyniki badania przydatności dwóch rodzajów polimetakrylanu metylu (PMMA) oraz jednego polistyrenu (PS) do pomiaru dawek technologicznych w napromieniowaniach akceleratorowych. Parametrem mierzonym była wartość absorpcji przy odpowiedniej długości fali i jej zależność od dawki, zaś przyrządem pomiarowym – spektrofotometr UV/VIS.

Stwierdzono, że obydwie rodzaje PMMA mogą służyć jako mierniki dawek technologicznych, każdy w innym przedziale (od ~2 do ~30 kGy oraz od ~30 do ponad 200 kGy). Wygrzanie próbek po napromieniowaniu przyspiesza stabilizację absorpcji, która zmienia się (wzrasta lub maleje) w czasie przechowywania kształtek nie wygrzanych.

Badany polistyren nie spełnia wymogów dotyczących materiałów dozymetrycznych przydatnych do pomiaru dawek technologicznych ze względu na zbyt duże i gwałtowne zmiany absorpcji w czasie po napromieniowaniu.

### **Evaluation of some commercial grade polymers as possible dosimeters for technological irradiations in electron accelerators**

Dosimetric properties of two kinds of clear polymethylmethacrylate (PMMA) and one kind of clear polystyrene (PS) sheets in technological accelerator irradiations, are presented. Absorbance of the sheets and its dependence on the dose have been measured at a suitable wavelength using a UV/VIS spectrophotometer.

Both kinds of PMMA can be used for technological dose measurements but each of them in the different range of the doses (~2 to ~30 kGy and ~30 to above 200 kGy). Heating the samples after irradiation accelerates the stabilization of the absorbance, which change slowly during the storage of the samples if not heated.

Absorbance of clear PS sheets decreases very much during the storage after irradiation, and heating of the samples does not accelerate the stabilization of the value. It can be said that the PS investigated is not suitable for technological dose measurements in accelerator irradiations.

## **SPIS TREŚCI**

<b>1. WPROWADZENIE</b>	<b>7</b>
<b>2. CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA</b>	<b>8</b>
<b>3. WYNIKI</b>	<b>8</b>
<b>3.1. Polimetakrylan metylu ALTUGLAS-UVD</b>	<b>8</b>
<b>3.2. Polimetakrylan metylu ALTUGLAS-PERSPEX</b>	<b>10</b>
<b>3.3. Polistyren gładki (PS/2mm)</b>	<b>14</b>
<b>4. PODSUMOWANIE</b>	<b>15</b>
<b>LITERATURA</b>	<b>16</b>



## 1. WPROWADZENIE

Pomiar dawki promieniowania jonizującego, którą otrzymuje materiał podczas obróbki radiacyjnej jest ważnym elementem procesu napromieniowania. W zależności bowiem od celu obróbki (modyfikacja materiału, pasteryzacja, sterylizacja) dawki niezbędne oraz dopuszczalne są bardzo różne.

W przypadku napromieniowania wiązką wysokoenergetycznych elektronów istotny jest pomiar rozkładu dawki w objętości materiału, ponieważ od jego gęstości oraz od energii padających elektronów zależy grubość warstwy, jaką można napromieniować zgodnie z założonym celem oraz dopuszczalnym rozrzutem dawki. Określenie optymalnej grubości warstwy wymaga zatem opracowania technologii napromieniowania danego wyrobu lub materiału. Należy w tym celu zmierzyć dawki zaabsorbowane w różnych miejscach wewnątrz opakowania zbiorczego i ocenić, na jakiej głębokości jej wartość nie jest mniejsza od wymaganej, czyli jaka jest maksymalna dopuszczalna grubość warstwy poddawanych obróbce wyrobów.

Opracowanie technologii napromieniowania jednego rodzaju wyrobów wymaga użycia kilkunastu, a czasami nawet kilkudziesięciu dozymetrów, co w przypadku importowanych mierników dawki znacząco podwyższa koszt obróbki radiacyjnej. W Zakładzie Chemii i Techniki Radiacyjnej Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej (IChTJ) już wiele lat temu zaproponowano wykorzystanie do tego celu wielokrotnie tańszej, przezroczystej folii z nieplastyfikowanego polichlorku winylu (PCW) firmy Staufen [1]. Folia ta jest stosowana w IChTJ również obecnie, jednak nie do wszystkich napromieniowań jest ona przydatna. Dla dawek niższych od około 15 kGy oraz wyższych od około 40 kGy, na obróbkę którymi również występuje zapotrzebowanie, należy znaleźć inne – tanie i dostępne – materiały dozymetryczne.

Z dotychczasowej praktyki zarówno krajowej (IChTJ), jak i zagranicznej wynika, że najwygodniejsze do kontroli rozkładu dawek w objętości materiału są folie lub kształtki polimerowe. Ze względu na wygodę i prostotę ich stosowania są one również zalecane przez American Society for Testing and Materials (ASTM) do rutynowych pomiarów dawki [2].

Polimerami najczęściej stosowanymi jako dozymetry są: trójoctan celulozy, barwne filmy radiochromowe o różnym składzie oraz bezbarwny i barwiony polimetakrylan metylu [3]. Ważną ich zaletą jest łatwa i rozpowszechniona metoda analizy (spektrofotometria) oraz dostępność handlowa dużych, dość jednolitych partii danego materiału. Są to dozymetry wtórne, wymagające kalibracji, jednak wyznaczenie krzywych kalibracyjnych jest stosunkowo proste (napromieniowanie odpowiedniej liczby próbek polimeru różnymi dawkami równocześnie z dozymetrami pierwotnymi, np. kalorymetrami, i pomiar zależności absorbancji od dawki przy określonej długości fali). Pewną niedogodnością w ich stosowaniu jest konieczność rekalkulacji co pewien czas oraz utrzymywanie w miarę stałych warunków przechowywania i napromieniowania, takich jak: temperatura, wilgotność i ochrona przed promieniowaniem UV. Wpływ w.w. parametrów na wartość absorpcji dozymetrów polimerowych był badany przez różne laboratoria [np.4-7]. Z badań tych wynika, że w większości przypadków, w przedziale temperatur i wilgotności występujących normalnie w otoczeniu w ciągu roku, zmiany absorbancji są niewielkie i nie zawsze wymagają uwzględnienia w końcowych obliczeniach dawek technologicznych.

Jednym z polimerów, z którego najczęściej produkowane są dozymetry do pomiaru dawek technologicznych (głównie w źródłach promieniowania gamma Co-60) jest polimetakrylan metylu (PMMA) z dodatkiem barwników o zmieniającej się pod wpływem promieniowania jonizującego absorbancji. Producenci zachodni oferują tego rodzaju dozymetry na różne zakresy dawek, np.: GAMMACHROME YR (0,1-3 kGy), Amber PERSPEX (1-30 kGy), Red PERSPEX 4034 (5-50 kGy), Gammex Typ S (5-50 kGy). Znacznie rzadziej stosowany jest bezbarwny PMMA, z którego produkowane są dozymetry: HX Clear (3-50 kGy) i Radix RN 15 (5-50 kGy). Wszystkie wymienione dozymetry zalecane są w normie ASTM do rutynowej kontroli dawek [8].

Od wielu lat prowadzone są badania nad wpływem różnych czynników na wskazania dozymetrów z PMMA [np. 5,7,9-11]. Stwierdzono między innymi, że pewien wpływ na absorpcję tych dozymetrów ma moc dawki (różny dla różnych dozymetrów) oraz temperatura napromieniowania (poniżej 0 i powyżej 40°C), natomiast zmiany wilgotności względnej normalnie występujące w otoczeniu nie mają znaczącego wpływu. Aby maksymalnie ograniczyć te wpływy, należy zawsze krzywą wzorcową sporządzać w warunkach, w jakich dany dozymetr będzie używany do pomiaru dawek technologicznych.

Jak wspomniano wcześniej, gotowe konfekcjonowane dozymetry są stosunkowo drogie (~1 USD za 1 szt.), dlatego w Zakładzie Chemii i Techniki Radiacyjnej IChTJ podjęto próbę wybrania do celów dozymetrycznych któregoś z dostępnych na naszym rynku polimetakrylanów. W niniejszym raporcie przedstawiono wyniki wstępnych badań oraz ocenę przydatności do pomiaru dawek technologicznych w napromieniowaniach akceleratorowych dwóch rodzajów handlowego bezbarwnego PMMA oraz jednego polistyrenu. Ten ostatni polimer wybrano z myślą o wykorzystaniu go do pomiaru bardzo dużych dawek, bowiem przeprowadzone wiele lat temu badania wskazywały, że napromieniowanie dawkami powyżej 100 kGy powoduje wzrost jego absorpcji proporcjonalny do dawki [12]. Zapotrzebowanie na takie dawki – choć rzadko – również występuje.

## 2. CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Do badań wybrano dwa rodzaje handlowego bezbarwnego PMMA: ALTUGLAS-UVD o grubości płyty równej około 3 mm (firmy ALTUMAX, Holandia) i ALTUGLAS-PERSPEX o podobnej grubości (firmy INEOS, Wielka Brytania) oraz polistyren gładki, bezbarwny (PS o grubości około 2 mm firmy BARLO, Belgia).

Z płyt o wymiarach 1000x1000 mm wycinano próbki o wymiarach 12x30 mm, mierzono ich absorpcję przed napromieniowaniem [ $A_0$ ], a następnie napromieniowano je w akceleratorze LAE 13/9 produkcji radzieckiej wiązką elektronów o energii 10 MeV. Mierzono również grubość próbek za pomocą śruby mikrometrycznej.

Próbki ALTUGLAS-UVD/3mm (małe dawki) napromieniowano razem z atestowanymi kalorymetrami grafitowymi produkcji duńskiej (Riso) w matrycach identycznych z obudową kalorymetrów. Próbki ALTUGLAS-PERSPEX/3mm (duże dawki) napromieniowano dwoma sposobami: a) razem z kalorymetrami grafitowymi produkowanymi w Zakładzie Chemii i Techniki Radiacyjnej IChTJ pomiędzy warstwami styropianu, z którego wykonywane są obudowy do kalorymetrów; b) bez górnej warstwy styropianu. Drugi sposób stosowano również do napromieniowania polistyrenu.

Zmiany absorpcji próbek po napromieniowaniu mierzono za pomocą spektrofotometru HITACHI U-1100 produkcji japońskiej. Część próbek wygrzewano bezpośrednio po napromieniowaniu przez 30 minut w temperaturze 70°C, w cieplarni z płaszczem wodnym (typ CNE-2a).

## 3. WYNIKI

### 3.1. Polimetakrylan metylu ALTUGLAS-UVD

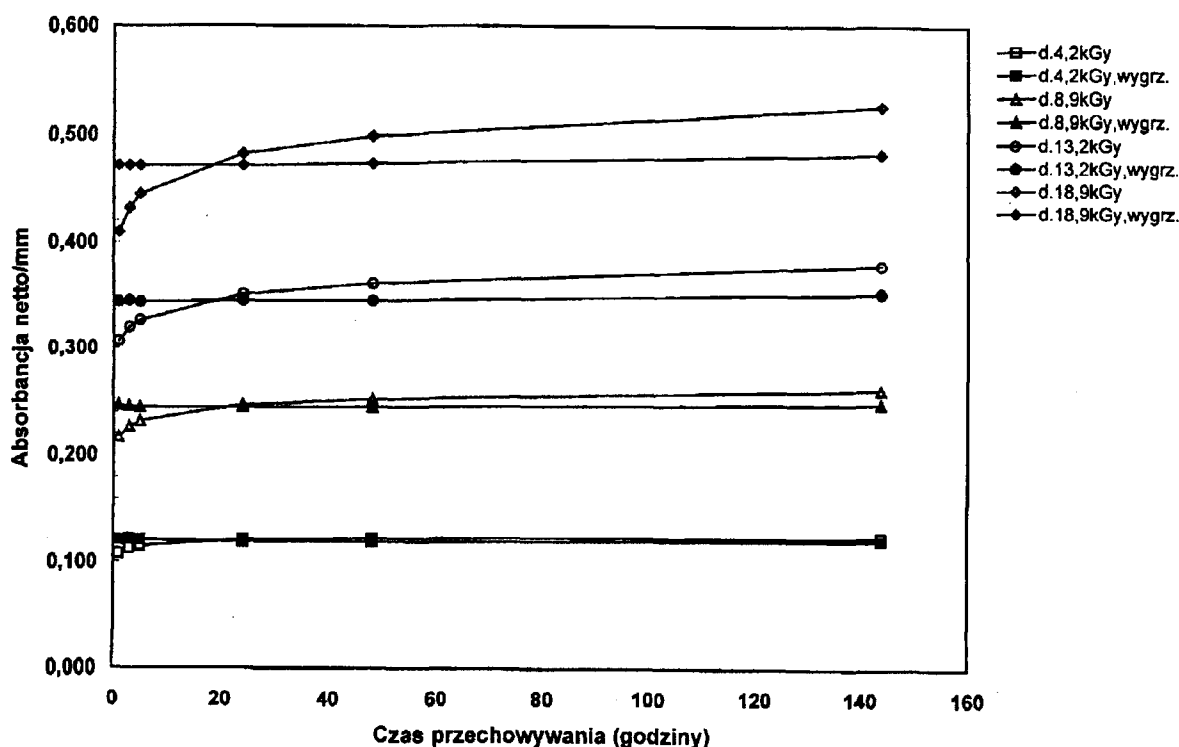
Badania rozpoczęto od sprawdzenia absorpcji przy różnych długościach fali próbek nienapromieniowanych i napromieniowanych kilkoma dawkami, w celu wybrania odpowied-



niej długości fali do dalszych pomiarów. Powinna to być taka długość fali, przy której absorbancja przed napromieniowaniem jest stosunkowo niska, a jej wzrost w funkcji dawki na tyle istotny w określonym przedziale dawek, że będzie można z wystarczającą dokładnością – po uprzednim sporządzeniu krzywej kalibracyjnej – mierzyć za pomocą tego polimeru dawki technologiczne. Na podstawie tej serii doświadczeń wybrano 300 nm jako pasmo pomiarowe.

W przypadku oznaczeń opartych na pomiarze absorbancji bardzo ważna jest jej ewentualna zmienność w czasie po napromieniowaniu. Jeśli ona występuje, to należy ustalić po jakim czasie od zakończenia napromieniowania będą wykonywane pomiary absorbancji.

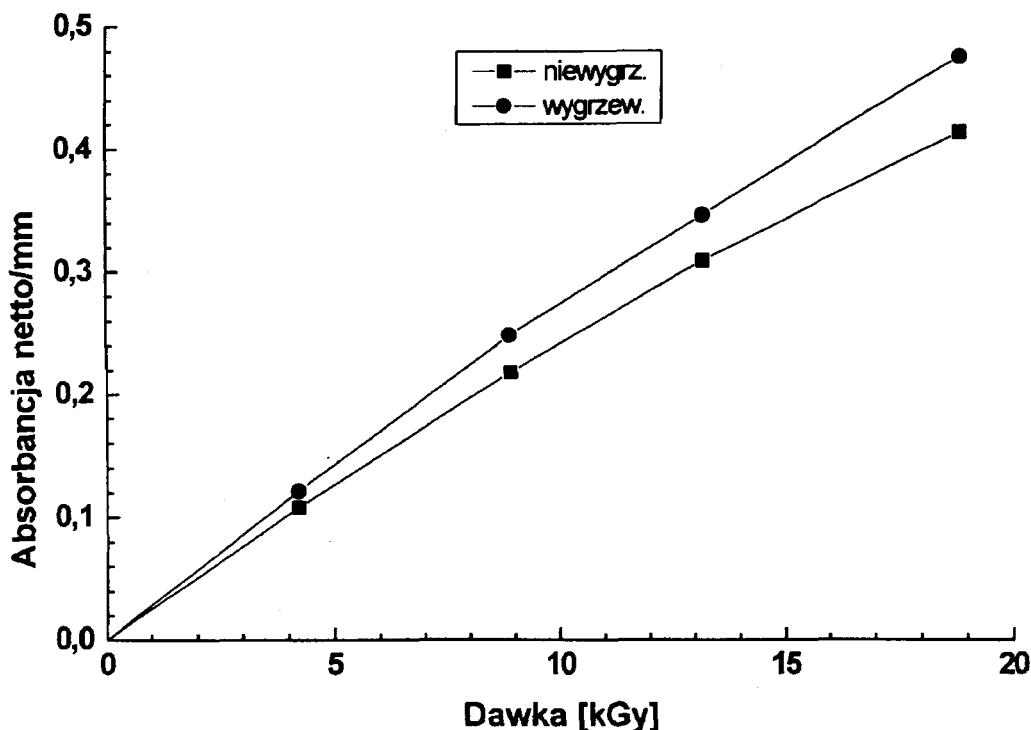
Podczas wstępnych badań stwierdzono, że absorbancja próbek ALTUGLAS-UVD/3mm napromieniowanych różnymi dawkami wzrasta podczas ich przechowywania. Wygrzanie bezpośrednio po napromieniowaniu powoduje wzrost wartości absorpcji i jej stabilizację na tym poziomie podczas przechowywania. Wyniki omówionych wyżej badań przedstawiono na rys.1. Wartości absorpcji przeliczone zostały na 1 mm drogi optycznej, gdyż nierównomierność grubości płyty, z której wycinano próbki przekraczała  $\pm 1\%$  [8]. Stabilizacja absorbancji poprzez wygrzanie jest w przypadku dozymetru bardzo korzystna, ponieważ pozwala na dokonywanie pomiarów w dłuższym czasie po napromieniowaniu, niekoniecznie takim samym, w jakim sporządzano krzywą wzorcową.



Rys.1. Wpływ wygrzewania oraz czasu przechowywania po napromieniowaniu w LAE 13/9 na absorbancję próbek ALTUGLAS-UVD/3mm. Długość fali wynosi 300 nm.

Na rys.2 przedstawiono zależność absorbancji od dawki dla próbek nie wygrzewanych i wygrzewanych, zmierzonej po 1 godzinie od zakończenia napromieniowania. Jest to najkrótszy czas, po jakim można w praktyce wykonać pomiar absorbancji w napromieniowaniach technologicznych, z wygrzaniem dozymetrów bezpośrednio po ich przejściu pod wiązką elektronów. Odchylenie standardowe od średniej z trzech próbek wynosiło w tej serii badań dla poszczególnych dawek od 0,24 do 0,78%.

Jak wynika z omówionych badań, płytki z polimeru ALTUGLAS-UVD/3mm mogą służyć do pomiaru dawek niskich i średnich, od około 2 do 20 kGy, po uprzednim sporządzeniu krzywej wzorcowej, czyli po kalibracji wobec dozymetru bezwzględne (kalorymetru)



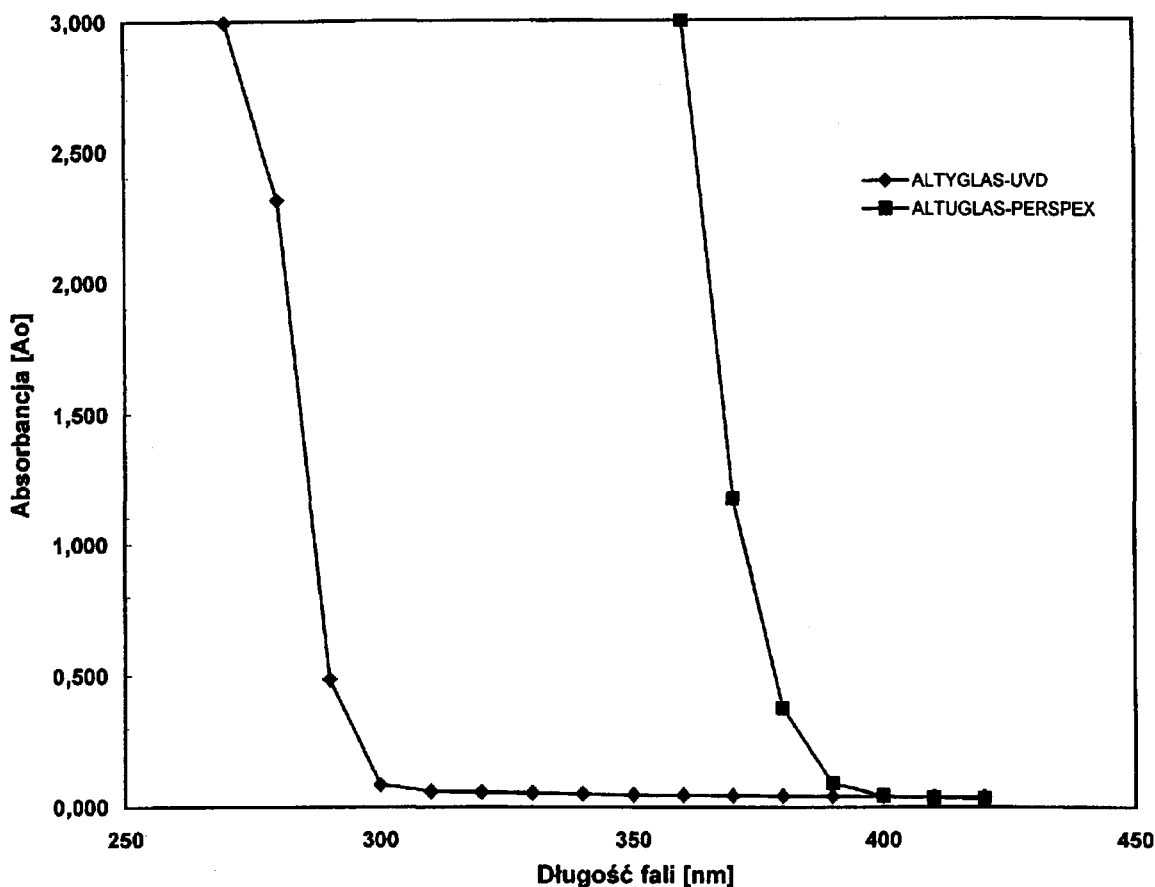
Rys.2. Zależność absorpcji od dawki w LAE 13/9 dla próbek ALTRUGLAS-UVD/3mm. Pomiar wykonano po 1 godzinie po napromieniowaniu. Długość fali wynosi 300 nm.

lub dozymetru wtórnego (np. dwuchromianowego) kalibrowanego w źródle wzorcowym. Należy zaznaczyć, że absorpcja mierzona jest około trzy razy wyższa niż przedstawiona na rys.1 i 2 (grubość próbek wynosi około 3 mm), co ze względu na ograniczenia aparaturowe winno być brane pod uwagę przy ewentualnych próbach pomiaru dawek wyższych niż 20 kGy.

### 3.2. Polimetakrylan metylu ALTUGLAS-PERSPEX

Sposób postępowania z tym polimerem był identyczny jak z ALTRUGLAS-UVD (pkt. 3.1.). Długość fali wybrana w tym przypadku do oceny przydatności do pomiaru dawek technologicznych wynosiła 390 nm. Wynika to z różnicy w położeniu widm absorpcyjnych obydwu polimerów, co obrazują ich fragmenty przedstawione na rys.3 (maksymalna wartość absorpcji, którą można zmierzyć za pomocą spektrofotometru HITACHI U-1100 wynosi 3).

Wstępne napromieniowania próbek ALTUGLAS-PERSPEX wykazały, że znaczący wzrost absorpcji tego polimeru występuje dopiero po dawce 30 kGy. W dalszych badaniach próbki napromieniowano dawkami od 30 do 150 kGy, przy czym ze względów technicznych, głównie z powodu znacznego wzrostu temperatury materiału, w jednym przejściu pod wiązką próbki nie mogły otrzymać dawki większej niż 30 kGy; dawki wyższe są zatem krotnością tej wartości. Wzrost temperatury próbek podczas napromieniowania dużymi dawkami jest szczególnie istotny w przypadku dozymetrów umieszczanych wewnątrz opakowania, gdyż ich chłodzenie w czasie krótkich przerw pomiędzy kolejnymi przejściami pod wiązką elektronów jest o wiele gorsze niż dozymetrów znajdujących się na powierzchni. Wynika stąd konieczność przeprowadzenia dwóch serii doświadczeń: z próbkami umieszczonymi w matrycy ze styropianu utrudniającej wymianę ciepła z otoczeniem oraz bez wierzchniej warstwy styropianu. Wyniki tych doświadczeń przedstawiono na rys.4-7. Odchylenie standardowe w tej serii badań wynosiło dla poszczególnych dawek od 1,77 do 3,90% dla próbek nie wygrzewanych i od 0,77 do 3,20% dla próbek wygrzewanych.



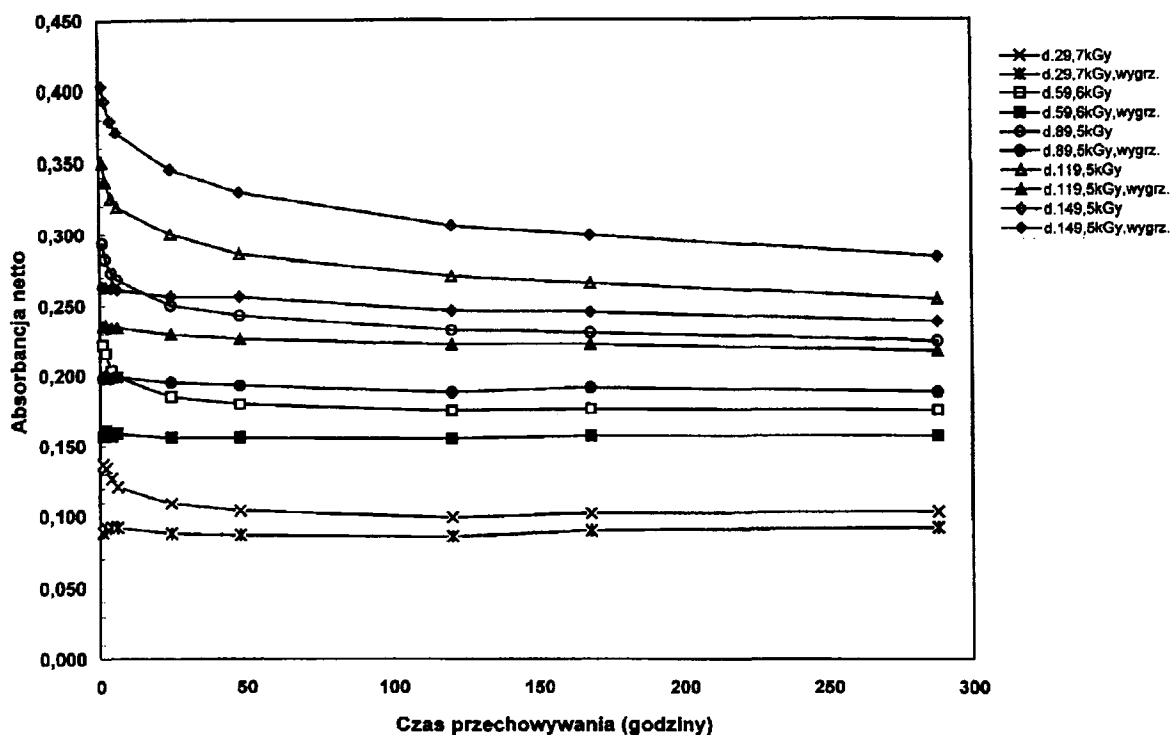
Rys.3. Zależność absorbancji od długości fali dla nienapromieniowanych próbek dwóch rodzajów polimetakrylanu metylu (grubość próbek: ALTUGLAS-UVD – 3,3 mm; ALTUGLAS-PERSPEX – 3,05 mm).

Na rys.4 przedstawiono wpływ czasu przechowywania próbek ALTUGLAS-PERSPEX napromieniowanych różnymi dawkami w akceleratorze elektronów na ich absorbancję. Próbkę nie były przykryte płytą ze styropianu. Punkty pełne i puste o takim samym kształcie dotyczą, odpowiednio, próbek wygrzewanych i nie wygrzewanych, napromieniowanych tą samą dawką. Jak widać na rysunku, kierunek zmiany absorbancji w czasie po napromieniowaniu (w postefekcie) jest tu przeciwny niż w polimerze ALTUGLAS-UVD. Mianowicie, następuje spadek absorbancji a nie wzrost w pierwszych godzinach po napromieniowaniu w próbkach nie wygrzewanych oraz stabilizacja po wygrzaniu na znacznie niższym poziomie.

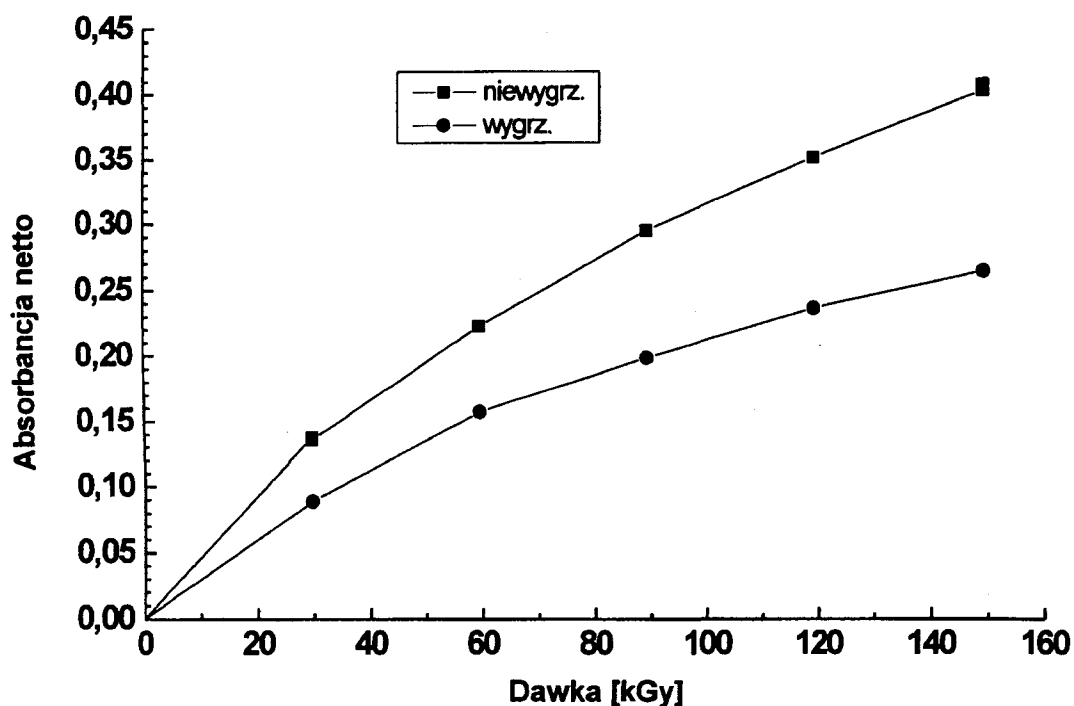
Zależność absorbancji od dawki w próbkach nie wygrzewanych i wygrzewanych przedstawiono na rys.5. W przypadku ALTUGLAS-PERSPEX nie przeliczano absorbancji na 1 mm drogi optycznej, gdyż rozrzuty grubości płyty, z której wycinano próbki były bardzo małe (odchylenie standardowe od wartości średniej dla 15 próbek wyciętych z różnych miejsc płyty nie przekraczało 0,5%).

Z rys.5 wynika, że ALTUGLAS-PERSPEX może być używany, po uprzednim sporządzeniu krzywej wzorcowej, do pomiaru dawek powyżej 30 kGy na powierzchni materiałów napromieniowanych. Górna granica stosowalności jest wyższa niż 150 kGy, należy ją jednak ustalić w dalszych badaniach.

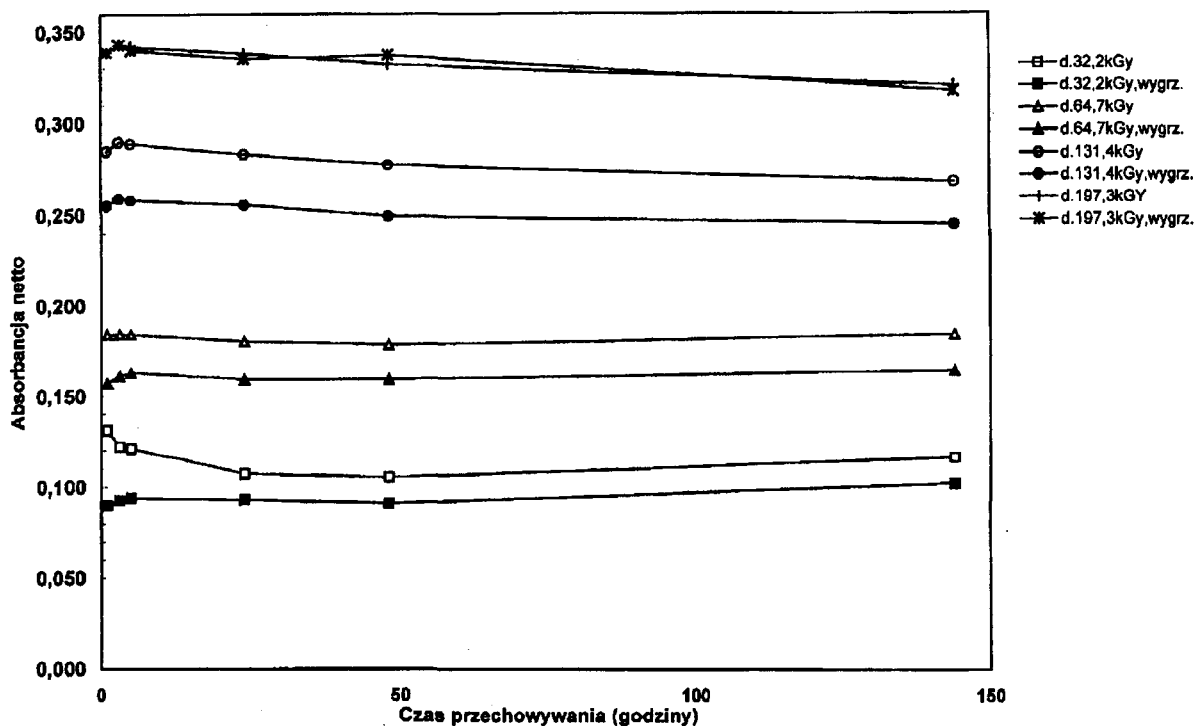
W drugiej serii badań próbki napromieniowano w matrycy ze styropianu, w warunkach termicznych zbliżonych do wnętrza opakowania zbiorczego zawierającego materiał poddawany obróbce radiacyjnej (zła wymiana ciepła z otoczeniem). Podobnie jak w poprzedniej serii, dawki wyższe były dostarczane w porcjach po około 30 kGy. Wyniki doświadczeń przedstawiono na rys.6 i 7.



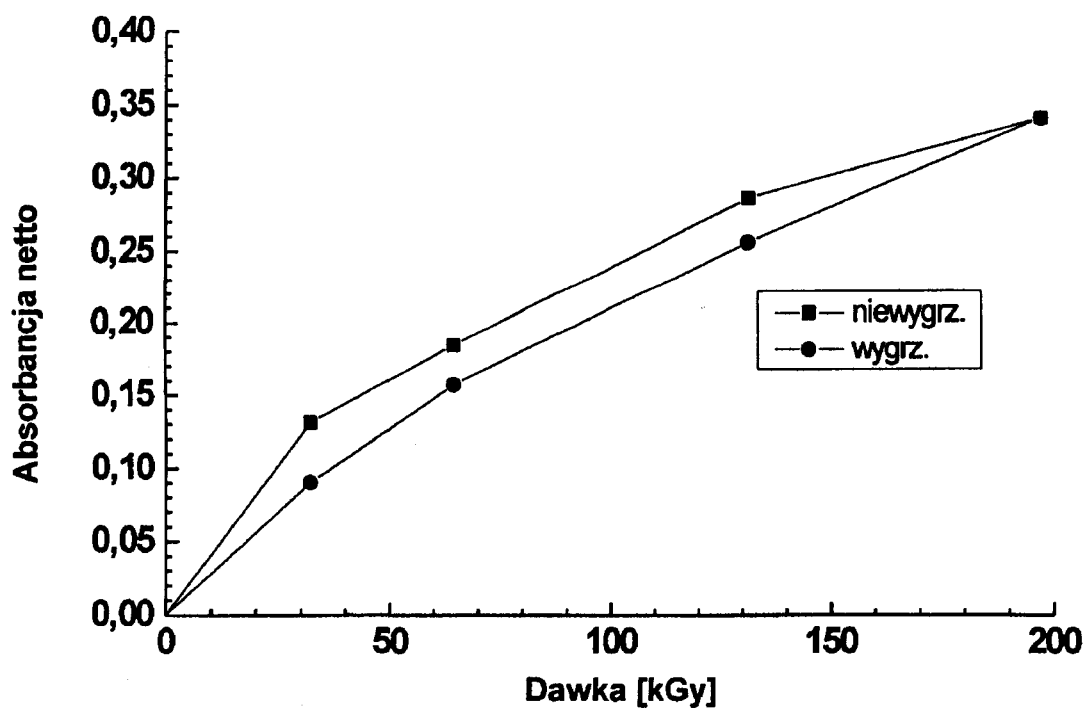
Rys.4. Wpływ wygrzewania oraz czasu przechowywania po napromieniowaniu w LAE 13/9 na absorbancję próbek ALTUGLAS-PERSPEX/3mm. Pomiar absorbancji wykonano po 1 godzinie po napromieniowaniu. Długość fali wynosi 390 nm.



Rys.5. Zależność absorbancji od dawki dla próbek ALTUGLAS-PERSPEX/3mm napromieniowanych w LAE 13/9. Pomiar absorbancji wykonano po 1 godzinie po napromieniowaniu. Długość fali wynosi 390 nm.



Rys.6. Wpływ wygrzewania oraz czasu przechowywania po napromieniowaniu w LAE 13/9 na absorbancję próbek ALTUGLAS-PERSPEX/3mm. Długość fali wynosi 390 nm. Próbkę napromieniowano pomiędzy płytami styropianu).



Rys.7. Zależność absorbancji od dawki dla próbek ALTUGLAS-PERSPEX/3mm napromieniowanych w LAE 13/9. Próbkę napromieniowano pomiędzy płytami styropianu. Pomiar absorbancji wykonano po 1 godzinie po napromieniowaniu. Długość fali wynosi 390 nm.

Na rys.6 przedstawiono zależność absorbancji od czasu przechowywania po napromieniowaniu próbek nie wygrzewanych i wygrzewanych. Porównanie z rys.4 uwidacznia wpływ sposobu napromieniowania (różna możliwość wymiany ciepła z otoczeniem) na zachowanie próbek w postefekcie. Jedynie w próbkach napromieniowanych najniższą dawką (32 kGy) zmiany absorbancji w czasie są podobne, jak po napromieniowaniu bez osłony z polistyrenu, natomiast przebieg krzywych po dawkach wyższych różni się dość istotnie od przedstawionego na rys.4 dla próbek napromieniowanych w warunkach, w których istnieje dobra wymiana ciepła z otoczeniem.

Wyniki te wskazują, że podczas napromieniowania w matrycy (utrudniona wymiana ciepła) dawkami powyżej około 50 kGy następuje równoczesne wygrzewanie próbek i stabilizacja w polimerze zmian odpowiedzialnych za wzrost absorbancji. Widać to również na rys.7, na którym przedstawiono wartości absorpcji w funkcji dawki dla próbek nie wygrzewanych i wygrzewanych. Wpływ wygrzewania po napromieniowaniu maleje tu wraz ze wzrostem dawki i praktycznie zanika przy dawce około 200 kGy, podczas gdy w serii napromieniowań bez matrycy (rys.5) procentowe obniżenie absorbancji w wyniku wygrzania było w zasadzie jednakowe w całym zakresie dawek i wynosiło około 35%.

Podsumowując można stwierdzić, że badany ALTUGLAS-PERSPEX nadaje się do pomiaru dawek na powierzchni oraz ich rozkładu wewnątrz opakowań zbiorczych materiałów napromieniowanych dużymi dawkami (powyżej 50 kGy), jeśli zarówno przy sporządzaniu krzywej wzorcowej, jak i podczas kontroli dawek technologicznych kształtki polimeru zostaną po napromieniowaniu wygrzane (przez 30 minut w temperaturze 70°C). Dawkę na powierzchni oraz jej rozkład wewnątrz opakowania można wówczas odczytywać z tej samej krzywej wzorcowej (tabela).

Tabela. Wartości absorpcji w funkcji dawki w wygrzanych próbkach ALTUGLAS-PERSPEX, napromieniowanych bez matrycy styropianowej i w matrycy.

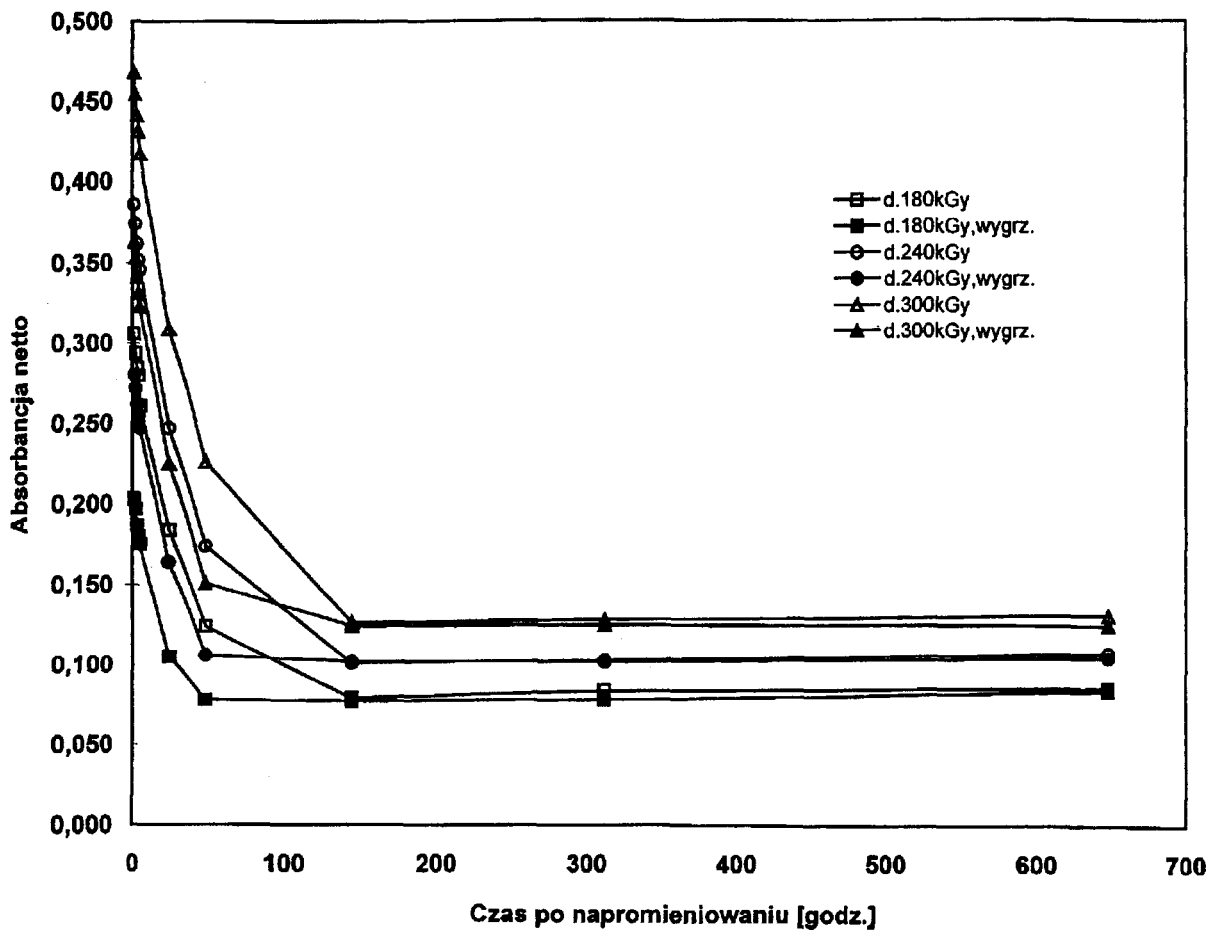
Dawka [kGy]	Absorbancja	
	bez matrycy	z matrycą
50	0,140	0,130
100	0,210	0,210
150	0,270	0,280

Dane podane w tabeli zostały odczytane z krzywych na rys.5 i 7, opisujących wyniki doświadczeń z próbkami wygrzanymi po napromieniowaniu.

### 3.3. Polistyren gładki (PS/2mm)

Jak wspomniano we wprowadzeniu, polimer ten badano pod kątem wykorzystania go do pomiaru bardzo dużych dawek (powyżej 200 kGy). Sposób napromieniowania był podobny jak w przypadku ALTUGLAS-PERSPEX, czyli dawki dostarczane były w porcjach po około 30 kGy w każdym przejściu pod wiązką elektronów. Część próbek po napromieniowaniu wygrzewano, a następnie badano zmiany absorbancji w czasie przechowywania próbek nie wygrzewanych i wygrzewanych. Wyniki wstępnych badań przedstawiono na rys.8.

Jak widać z przebiegu krzywych, spadek absorbancji w czasie pierwszych godzin po napromieniowaniu jest bardzo duży, praktycznie taki sam w próbkach nie wygrzewanych i wygrzewanych. Stabilizacja wartości absorpcji następuje dopiero po około 40-50 godzinach w próbkach wygrzewanych i po ponad 100 godzinach w próbkach nie wygrzewanych. Z punktu widzenia dozymetrii technologicznej są to zbyt długie czasy stabilizacji, a pomiary wcześniej-



Rys.8. Wpływ wygrzewania oraz czasu przechowywania po napromieniowaniu w LAE 13/9 na absorbancję próbek polistyrenu. Długość fali wynosi 390 nm.

szę, w obszarze gwałtownie spadającej wartości absorpcji w funkcji czasu, prowadziłyby do zbyt dużych błędów w określaniu dawki. Dalszych badań z tym materiałem nie prowadzono, gdyż należy go uznać za nieprzydatny do celów dozymetrii technologicznej.

#### 4. PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań można wyciągnąć następujące wnioski:

- Obydwa zbadane rodzaje polimetakrylanu metylu (PMMA) mogą być wykorzystywane do pomiaru dawek technologicznych, każdy w innym przedziale dawek, po uprzednim sporządzeniu krzywych kalibracyjnych wobec dozymetru bezwzględny (np. kalorymetru).
- Bezbarwny PMMA ALTUGLAS-UVD/3mm może być stosowany w napromieniowaniach akceleratorowych, przy energii elektronów 10 MeV, do pomiaru niskich i średnich dawek technologicznych w przedziale od około 2 do ponad 20 kGy. W celu ustalenia górnej granicy stosowalności należy przeprowadzić dalsze badania.
- Bezbarwny PMMA ALTUGLAS-PERSPEX/3mm może być stosowany w napromieniowaniach akceleratorowych, przy energii elektronów 10 MeV, do pomiaru dawek techno-

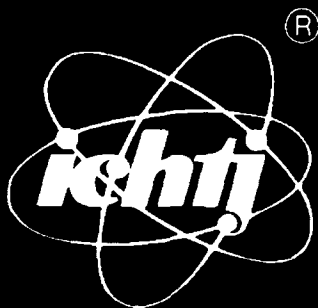
logicznych powyżej 30 kGy. Górną granicę stosowalności (powyżej 200 kGy) należy określić w wyniku dalszych badań.

- W przypadku obydwu badanych rodzajów PMMA wygrzanie po napromieniowaniu przez 30 minut w temperaturze 70°C znacznie przyspiesza stabilizację wartości absorpcji i poprawia dokładność określenia dawki.
- W przypadku PMMA ALTUGLAS-PERSPEX (duże dawki) wygrzanie kształtek po napromieniowaniu pozwala na korzystanie z jednej krzywej kalibracyjnej do określania dawek zarówno na powierzchni, jak i wewnątrz materiału napromieniowanego (opakowania zbiorczego).
- Polistyren gładki, bezbarwny (firmy BARLO) nie spełnia wymogów materiału dozymetrycznego do pomiaru dawek technologicznych ze względu na zbyt duży i gwałtowny spadek wartości absorpcji w czasie po napromieniowaniu. Wygrzanie go nie stabilizuje absorpcji i nie zmniejsza w znaczącym stopniu zmian w postefekcie.

## LITERATURA

- [1]. Bulhak Z.: Stosowanie dozymetrów foliowych w eksploatacji wielkiego źródła promieniowania – liniowego akceleratora elektronów LAE 13/9. Praca doktorska wykonana w IBJ, 1976.
- [2]. ASTM E 1261-00 Standard Guide for Selection and Calibration of Dosimetry Systems for Radiation Processing.
- [3]. McLaughlin W.L., Miller A., Uribe R.M.: Radiation dosimetry for quality control of food preservation and disinfection. *Radiat. Phys. Chem.*, **22** (1983) 21-29.
- [4]. Levine H., McLaughlin W.L., Miller A.: Temperature and humidity effects on the gamma-ray response and stability of plastic and dyed plastic dosimeters. *Radiat. Phys. Chem.*, **14** (1979) 551-574.
- [5]. Khan H.M., Ahmad G., Sattar A.: Effects of humidity and light on dosimetric properties of clear polymethylmethacrylate. *J. Radioanal. Nucl. Chem., Letters*, **135** (1989) 237-246.
- [6]. Sohrabpour M., Kazemi A.A., Mousavi H., Solati K.: Temperature response of a number of plastic dosimeters for radiation processing. *Radiat. Phys. Chem.*, **42** (1993) 783-787.
- [7]. Birramontri S., Haneda N., Tachibana H., Kojima T.: Effect of low irradiation temperature on the gamma-ray response of dyed and undyed PMMA dosimeters. *Radiat. Phys. Chem.*, **48** (1996) 105-109.
- [8]. ASTM E 1276-96 Standard Practice for Use of a Polymethylmethacrylate Dosimetry System.
- [9]. Barret J.H.: Dosimetry with dyed and undyed acrylic plastic. *Int. J. Appl. Radiat. Isot.*, **33** (1982) 1177-1187.
- [10]. Glover K.M., Plested M.E., Watts M.F., Whittaker B.: A study of some parameters relevant to the response of Harwell PMMA and electron irradiation. *Radiat. Phys. Chem.*, **42** (1993) 739-742.
- [11]. Whittaker B., Watts M.F.: The influence of dose rate, ambient temperature and time on the radiation response of Harwell PMMA dosimeters. *Radiat. Phys. Chem.*, **60** (2001) 101-110.
- [12]. McLaughlin W.L., Miller A., Abdel-Rahim F., Preisinger T.: Plastic film materials for dosimetry of very large absorbed doses. *Radiat. Phys. Chem.*, **25** (1985) 729-748.





**INSTYTUT CHEMII  
I TECHNIKI JĄDROWEJ  
INSTITUTE OF NUCLEAR  
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**

Dorodna 16, 03-195 Warszawa, Poland  
tel.: (+48 22) 811 06 56, fax: (+48 22) 811 15 32,  
e-mail: [sekdyrn@orange.ichtj.waw.pl](mailto:sekdyrn@orange.ichtj.waw.pl)