

# Adam Krajewski

---

## Z badań nad zwalczaniem promieniami gamma owadów niszczących zabytki i muzealia : część 1 - odporność różnych stadiów rozwojowych

---

Ochrona Zabytków 49/4 (195), 395-408

---

1996

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej [bazhum.muzhp.pl](http://bazhum.muzhp.pl), gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

# Z BADAŃ NAD ZWALCZANIEM PROMIENIAMI GAMMA OWADÓW NISZCZĄCYCH ZABYTKI I MUZEALIA CZĘŚĆ 1 — ODPORNOŚĆ RÓŻNYCH STADIÓW ROZWOJOWYCH

W przypadku chemicznych środków ochrony różnych materiałów (np. drewna) koła konserwatorskie na ogół nie wyrażają obawy o różną odporność poszczególnych stadiów rozwojowych szkodliwych owadów, czy nawet ich gatunków. Zadowolają się wynikami normatywnych testów, mimo że normy te<sup>1</sup> przewidują badania jedynie na larwach. Zakłada się przy tym, że wyniki badań są miarodajne w stosunku do wszystkich pozostałych stadiów. Z praktyki autora wynika, że przy prezentacji rezultatów badań fizycznych metod zwalczania owadów<sup>2</sup> będących szkodnikami zabytków, każdorazowo padają pytania o to, czy dany czynnik dezynsekcji oprócz larw niszczy również jaja, poczwarki i chrząszcze.

W niniejszej publikacji autor skoncentrował się na zagadnieniu wrażliwości różnych stadiów rozwojowych owadów na promienie gamma oraz na wpływie temperatury na skuteczność dezynsekcji, pozostawiając odrębnemu opracowaniu porównanie wrażliwości poszczególnych gatunków<sup>3</sup>. W badaniach założono, że poznanie odporności poszczególnych stadiów rozwojowych na ten czynnik zwalczania pozwoli na sprecyzowanie jednoznacznych zaleceń dotyczących kryteriów oceny skuteczności zabiegu dezynsekcji. Przydatność promieni gamma w konserwacji zabytków oraz istniejące w tym zakresie w kraju możliwości techniczne zostały szeroko omówione wcześniej w dwóch publikacjach<sup>4</sup>.

## Skrócony przegląd piśmiennictwa

Zwalczanie owadów uznanych za szkodniki może opierać się na dwóch sposobach działania<sup>5</sup>:


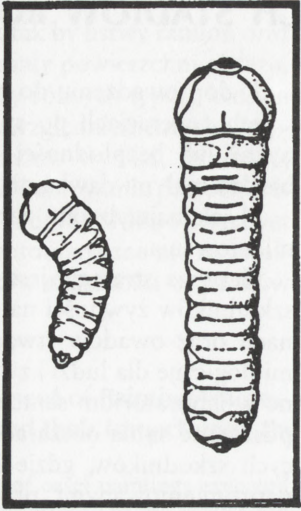



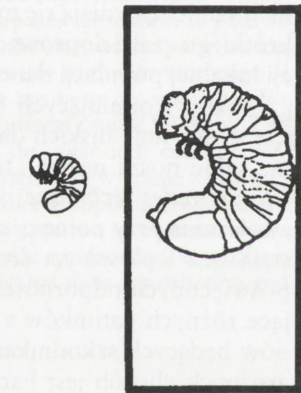

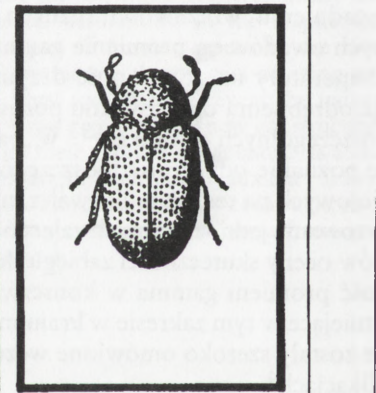




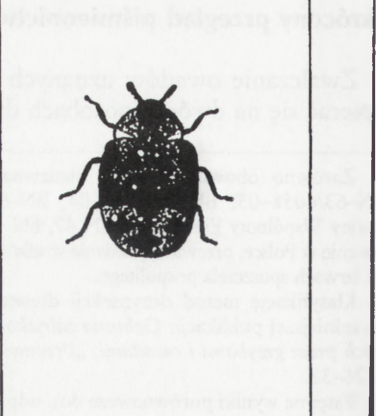
1. Zarówno obowiązujące do niedawna u nas polskie normy BN-63/6058-03, BN-63/6058-04, BN-63/6058-02, jak również normy Wspólnoty Europejskiej EN 47, EN 46 i EN 22 obowiązujące obecnie w Polsce, przewidują badanie środków ochrony drewna jedynie na larwach spuszczela pospolitego.
2. Klasyfikację metod dezynsekcji drewna autor przedstawił we wcześniejszej publikacji: *Ochrona zabytkowych obiektów drewnianych przez grzybami i owadami*, „Przemysł Drzewny” 1992, nr 3, s. 26-32.
3. Wstępne wyniki porównawcze dot. odporności owadów niszczących drewno autor przedstawił we wcześniejszych opracowaniach: *Zwalczanie owadów-szkodników technicznych drewna za pomocą promieni gamma* (w:) *Materiały XV Sympozjum „Ochrona Drewna”, Rogów 26-28 września 1990*, Warszawa 1990, s. 23-29, oraz *Ochrona zabytkowych obiektów...*

1) doprowadzeniu do wymarcia szkodnika w przyszłych generacjach po spowodowaniu mutacji letalnych<sup>6</sup> lub bezpłodności poprzez napromieniowanie bardzo małymi dawkami,

2) jak najszybszym zabiciu dużymi dawkami promieniowania.

Pierwsza strategia jest stosowana przy zwalczaniu szkodników żywności na polach, w sadach i magazynach oraz owadów stwarzających zagrożenie epidemiologiczne dla ludzi i zwierząt. Masowo wyhodowane w laboratorium samce po napromieniowaniu wypuszczane są na obszarach występowania dziko żyjących szkodników, gdzie konkurują skutecznie z nie napromieniowanymi przedstawicielami swojej płci. Wśród potomstwa napromieniowanych samców i dzikich samic ujawniają się mutacje letalne, które w ciągu krótkiego czasu doprowadzają do bardzo silnej redukcji lokalnej populacji danego szkodnika. W przypadku gatunków kopulujących tylko raz w życiu opłacalne jest stosowanie niskich dawek sterylizujących. Działania takie noszą nazwę „techniki sterylnych samców” (*sterile males technique*) i pozwalają na rezygnację ze zwalczania przy pomocy chemikaliów, które nie pozostają bez wpływu na środowisko. Liczba publikacji poświęconych odporności na promieniowanie jonizujące różnych gatunków i stadiów rozwojowych owadów będących szkodnikami żywności lub nosicielami groźnych chorób jest bardzo duża<sup>7</sup>, lecz mniej przydatna w ochronie dóbr kultury, gdyż (pomijając rozbieżną, poza pewnymi wyjątkami, listę gatunków) zwalczanie opiera się tu na drugim sposobie działania. W tym przypadku piśmiennictwo jest bardzo skąpe.

4. D. Mączyński, *Zastosowanie promieni gamma w dziedzinie konserwacji zabytków*, „Ochrona Zabytków” 1985, nr 4, s. 311-314; A. Krajewski, *Wykorzystanie promieni gamma do ochrony zabytków*, „Ochrona Zabytków” 1991, nr 2, s. 104-111.
5. Oba sposoby zostały szerzej omówione przez autora we wcześniejszej publikacji: *Z badań nad dezynsekcją drewna za pomocą promieniowania jonizującego, prowadzonych w PP PKZ*, „Informacje Bieżące Wydawnictwa PKZ” 1989, nr 22, s. 1-5.
6. W wyniku mutacji letalnej powstaje gen lub genotyp, który w przypadku ujawnienia się w fenotypie (tj. w strukturalnych lub funkcjonalnych właściwościach organizmu) powoduje niezdolność do życia i śmierć.
7. Zainteresowany czytelnik znajdzie bardzo interesujące publikacje o charakterze przeglądowym w języku polskim, np. S. Ignatowicz, *Możliwość zwalczania szkodników magazynowych za pomocą promieni jonizujących*, „Postępy Nauk Rolniczych” 1983, nr 2, s. 97-116.

	A	B	C	D
HYLOTRUPES BAJULUS L.				
STEGOBIUM PANICEUM L.				
ANTHRENUS MUSEORUM L.		 		

1. Gatunki owadów, które wykorzystano w badaniach. Stadia rozwojowe użyte w doświadczeniach obwiedziono grubą ramką. Oznaczenia: A — jaja, B — larwy, C — poczwarki, D — postaci doskonałe

1. Species of insects used for purposes of tests. Development stages employed in experiments marked with a thick outline. A — eggs, B — larvae, C — chrysalides, D — mature forms

Jak zaznaczyłem już we wstępnej publikacji<sup>8</sup>, wrażliwość owadów zwalczanych promieniami gamma zależy od szeregu warunków, a przede wszystkim od stadium rozwojowego i od temperatury otoczenia. J. D. Bletchly<sup>9</sup> stosując dawki różnej wielkości stwierdził, że przeżywalność larw miazgowca (*Lyctus brunneus* Steph.) była odwrotnie proporcjonalna do wielkości dawki. Po napromienianiu dawką 1,5 kGy larwy żyły jeszcze 5 tygodni, co świadczy o potrzebie użycia stosunkowo dużych dawek w celu uwolnienia drewna od tego gatunku. Zauważył jednak, że niższe dawki mogą sterylizować owady już na etapie larw i powstrzymać ich dalszy rozwój. Dodatkowo przeprowadził badania na larwach i jajach tykotka pstrego (*Xestobium rufovillosum* Deg.) i kołatka domowego (*Anobium punctatum* Deg.). Stwierdził wzrost odporności jaj na promieniowanie wraz z ich rozwojem. Do zabicia dojrzałych jaj tykotka potrzebna była dawka 0,24–0,32 kGy. Nie stwierdził natomiast różnic skuteczności promieni gamma przy stosowaniu dwóch odmiennych wartości mocy dawki. Dawkę 0,04–0,06 uznał za sterylizującą postacie doskonale wspomnianych trzech gatunków. J. D. Bletchly i R. C. Fisher<sup>10</sup> skrótno omówili wpływ promieni gamma na różne stadia rozwojowe miazgowca, tykotka i kołatka domowego. Za dawkę zabijającą starsze jaja kołatka domowego uznali 0,48–0,68 kGy.

J. D. Bletchly<sup>11</sup> podał też wyniki wpływu promieni gamma na miazgowca. Stwierdził, że świeżo złożone jaja są bardziej wrażliwe na promieniowanie niż starsze. Taką samą prawidłowość zaobserwował w stosunku do larw — młodsze były bardziej wrażliwe niż starsze. Śmierć napromienionych larw następowała na ogół w czasie linienia. Uznał, że podwyższona temperatura powoduje szybsze działanie promieni gamma. Ustalił, że poczwarki przeżywały nawet działanie daw-

ki 1,2 kGy, ale powstałe z nich dojrzałe postacie składały mniejszą liczbę jaj (już od dawki 0,6 kGy), przy czym poczynając od dawki 1,0 kGy wszystkie były bezpłodne. Za przydatną do zwalczania owadów niszczących drewno uznał dawkę 0,1 kGy.

J. D. Bletchly<sup>12</sup> badał również wpływ napromieniania larw miazgowca dawką 0,004 kGy na przyszłe generacje. Stwierdził, że napromienianie larw dawkami mniejszymi niż zatrzymujące rozwój ma niewielką wartość jako metoda dezynsekcji drewna. Powodem jest możliwość regeneracji szkodników na poziomie przyszłych pokoleń.

W. Beck, D. Grosswandler i K. Kaindl<sup>13</sup> podali dawkę 2–3 kGy jako niezbędną do unicestwienia owadów niszczących drewno, nie określając ich gatunków ani stadiów rozwojowych.

A. Michajłow<sup>14</sup> uznał, że dawka 3,2 kGy powstrzymuje rozwój larw spuszczała pospolitego (*Hylotrupes bajulus* L.).

B. Detanger i współautorzy<sup>15</sup> opisali praktykę dezynsekcji i strukturalnego wzmocnienia drewna przy zastosowaniu promieni gamma w Muzeum Sztuki Oceanii i Afryki w Paryżu w ramach programu NUCLEART. Uznali, że dawka 0,25 kGy niszczy larwy, powstrzymuje wykluwanie się ich z jaj i sterylizuje postacie doskonale tęgopokrywych niszczących drewno. Nie sprecyzowali czasu wymierania larw potraktowanych tą dawką. Za śmiertelną dla poczwerek tych chrząszczy uznali dawkę 0,11 kGy, a dawkę 0,3 kGy za śmiertelną dla termitów.

Również w innych publikacjach francuskich (Detanger i współautorzy 1976) oraz H. Hours<sup>16</sup> dawkę 0,25 kGy uznano za wystarczającą do dezynsekcji drewna. Także w artykułach czeskich<sup>17</sup> powtórzono teorię uznającą dawkę 0,25 kGy za przydatną do dezynsekcji drewna bez rozróżnienia gatunków szkodników.

8. A. Krajewski, Wykorzystanie promieni gamma...

9. J. D. Bletchly, *Some laboratory Investigations on the Eradication of Wood-Boring Insects by Gamma Radiation* (w:) *Proceeding Xth International Congress (Montreal)*, 1956, s. 385–389.

10. J. D. Bletchly, R. C. Fisher, *Use of Gamma Radiation for the Destruction of Wood Boring Insects*, „Nature” 4561/1957, s. 670.

11. J. D. Bletchly, *The effect of gamma-radiation on some wood-boring insects*, „Annals of applied Biology” 1961, nr 49, s. 362–370.

12. J. D. Bletchly, *Effects on subsequent generations after gamma-irradiation of larvae of Lyctus brunneus (Steph.) (Coleoptera, Lyctidae)*, „Annals of applied Biology” 1962, nr 50, s. 661–667.

13. W. Beck, *L'emploi des radiations ionisantes pour l'assainissement du bois ancien* (w:) *Symposium on the Weathering of Wood, Ludwigsburg-Germany 8–11.06.1969*, s. 53–68; W. Beck, D. Gesswagner, K. Kaindl, *Beiträge zur Konservierung von Holz und Papier. Die Frage Einsatzes ionisierender Strahlen zur Sanierung alter Hölzer und Papiere*, Wien — Köln — Graz 1969.

14. A. Michajłow, *Conservation of wooden works of art in Bulgaria* (w:) *Preprints of the Contributions to the New York Conference on Conservation of Stone and Wooden Objects 10 June 1970*, second edition 1971, vol. 2, s. 115–122.

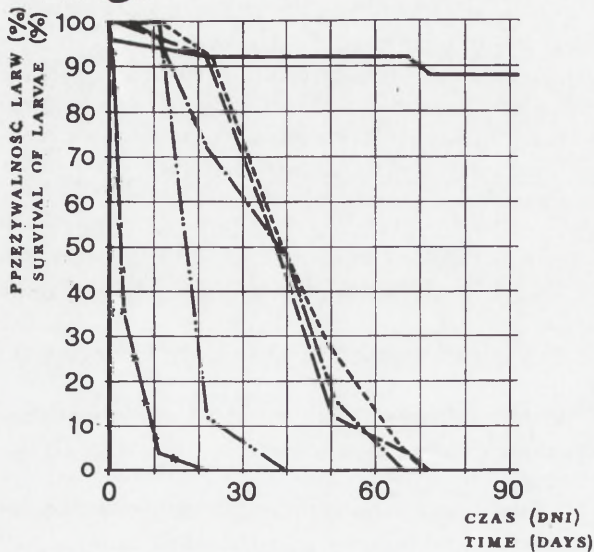
15. B. Detanger, R. Ramiere, C. De Tassigny, R. Eymery, L. De Nadaillac, *The treatment of wooden objects*, „Revue bois et Forets des Tropique” 1974, nr 154, s. 59–62.

16. B. Detanger, R. Ramiere, C. De Tassigny, R. Eymery, L. De Nadaillac, *Application des techniques de polymerisation au traitement des objets en bois* (w:) *Application of Nuclear Methods in the Field of Works of Art*, Roma 1976, s. 661–668; H. Hours, *Etat des recherches en matière de conservation des biens culturels en bois*, „Mus. Coll. Publ. France” 129/1975, s. 7–11.

17. J. Urban: *Použití radiační techniky v památkové péči*, „Nucleon”, 1/1974, s. 10–13; tenże, *Activities of the NRI's Consultation-center for ionizing radiation applications* (w:) *Proceeding of the scientific and technical of the NRI's foundation*, Rež — Czechoslovakia, 10–12.06.1975, s. 226–229; J. Urban, J. Santar, J. Sedlačkova, J. Pipota, *Use of gamma radiation for conservation purposes in Czechoslovakia* (w:) *ICOM Committee for conservation, 5th Triennial Meeting, Zagreb 1978*; J. Urban, P. Justa, *Conservation by gamma radiation: the Museum of Central Bohemia in Roztoky*, „Museum” 1986, nr 151, s. 165–167.

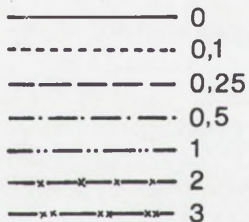


## STEGOBIUM PANICEUM L.



TEMPERATURA  
TEMPERATURE 21-25°C

OZNACZENIA (DAWKĄ W KGY):  
KEY (DOSE IN KGY):



2. Wpływ różnych dawek promieni gamma na przeżywalność wyrosniętych larw żywiaka chlebowca (*Stegobium paniceum* L.). Pod rysunkiem podano temperaturę powietrza, w której hodowano larwy po napromieniowaniu

2. Impact of different doses of gamma rays on the survival rate of grown *Stegobium paniceum* L. larvae. Under the drawing — temperature of the air in which the larvae were bred after radiation

M. Bär i współautorzy<sup>18</sup> przetestowali urządzenie HWK-3, przeznaczone do dezynsekcji drewnianego wystroju jednego z pomieszczeń Neues Palais w Pocz-

damie. W odróżnieniu od urządzeń stosowanych we wcześniej wymienionych publikacjach, zawierających kobalt <sup>60</sup>Co urządzenie to oparte było na czie <sup>137</sup>Cs.

Doświadczenia te opisała również W. Unger<sup>19</sup>, dokonując przeglądu fizycznych metod dezynsekcji drewna. Za skuteczną, szybko działającą dawkę promieniowania gamma, niszczącą larwy kołatka domowego, uznała 3 kGy. Dawka 0,55 kGy nawet po 17 miesiącach nie spowodowała całkowitego wyćpienia larw kołatka w boazeriach i meblach wspomnianego pomieszczenia Neues Palais.

A. Krajewski<sup>20</sup> stwierdził znacznie większą wrażliwość larw spuszczela niż kołatka domowego i wyschliska grzebykorożnego (*Ptilinus pectinicornis* L.) na promienie gamma emitowane przez kobalt <sup>60</sup>Co. Dawkę 1 kGy uznał za przydatną do zwalczania pierwszego gatunku, a 3 kGy do zwalczania dwóch pozostałych. Stwierdził ponadto zabijanie jaj spuszczela przez dawkę 0,1 kGy. W dalszych publikacjach<sup>21</sup> podał dodatkowe szczegóły dotyczące użycia promieni gamma do dezynsekcji drewna.

W przeglądzie publikacji uwagę zwraca brak badań na owadach będących pospolitymi szkodnikami starych książek i archiwaliów, tkanin, zbiorów zoologicznych oraz innych dóbr kultury.

### Metodyka badań

Doświadczenia przeprowadzono na trzech gatunkach chrząszczy (*Coleoptera*):

a) spuszczelu pospolitym (*Hylotrupes bajulus* L.), szeroko rozpowszechnionym w Polsce szkodniku budowli, mebli i innych zabytkowych obiektów wykonanych z drewna gatunków drzew iglastych<sup>22</sup>,

b) żywiaku chlebowcu (*Stegobium paniceum* L.) będącym szkodnikiem starych książek<sup>23</sup>,

c) mrzyku muzealnym (*Anthrenus museorum* L.), szkodniku zoologicznych kolekcji muzealnych<sup>24</sup>.

Przynależność systematyczną użytych gatunków, liczebność w doświadczeniach danego stadium rozwojowego oraz wielkość i moc dawki przedstawiono w tabeli 1.

Larwy i jaja spuszczela pospolitego hodowano na klockach z bielastego drewna sosny pospolitej (*Pinus silvestris* L.) o wymiarach 1,5 x 2,5 x 5,0 cm. Złożone

18. M. Bär, G. Kerner, W. Kohler, W. Unger, *Die Bekämpfung holzzerstörender Insekten mit ionisierender Strahlung*, „Neue Museums Kunde” 1983, nr 4, s. 208-215.

19. W. Unger, *Möglichkeiten zur Bekämpfung holzzerstörender Insekten durch physikalische Methoden*, „Holztechnologie” 1984, nr 5, s. 264-269.

20. A. Krajewski, *Wykorzystanie promieni gamma...*

21. A. Krajewski, *Ochrona zabytkowych obiektów...*

22. J. Dominik, *Spuszczel szkodnik techniczny drewna*, Warszawa 1952; J. Dominik, J. R. Starzyk, *Ochrona drewna. Owady niszczące drewno*, Warszawa 1983.

23. R. Kowalik, M. Husarska, J. Baranowski, *Zniszczenia papieru zabytkowego i jego konserwacja*, „Ochrona Zabytków” 1952, nr 3, s. 147-155; F. Gallo, *Biological factors in deterioration of paper. Facteurs biologiques de détérioration du papier*, Roma 1985; F. Zacher, *Die Vorrats-, Speicher- und Materialschadlinge und ihre Bekämpfung*, Berlin 1927.

24. M. Mroczkowski, *Skórniki — Dermestidae. Klucz do oznaczania owadów Polski*, cz. XIV, z. 85, Warszawa 1954; N. Pławilszczikow, *Klucz do oznaczania owadów*, Warszawa 1972.

Tabela 1. Zestawienie warunków przeprowadzonych doświadczeń: przynależność systematyczna użytych gatunków, ich liczebność i stadium rozwojowe, wielkość i moc dawki promieniowania gamma oraz temperatura powietrza w hodowli

Rodzina	Gatunek owada	Stadium rozwojowe	Liczba osobników użytych w jednym wariancie doświadczenia	Dawki promieniowania gamma w różnych wariantach doświadczenia (kGy)	Moc dawki (kGy/h)	Temperatura powietrza w hodowli testowych owadów
kózkowate ( <i>Cerambycidae</i> )	spuszczel pospolity ( <i>Hylotrupes bajulus</i> L.)	jaja	25	0 i 0,1	1,82	22°C (w cieplarni)
		starsze larwy	10	0, 0,25, 0,5, 0,75, 1, 1,25, 1,5, 2 i 3	1,82	pierwsze 2 tygodnie 22°C, następnie 28°C (w cieplarni)
kołatkowate ( <i>Anobiidae</i> )	żywiak chlebowiec ( <i>Stegobium paniceum</i> L.)	młode jaja (2–3-dniowe)	powyżej 100	0, 0, 0,25, 0,5, 0,1 i 0,25	1,25	temperatura pomieszczenia (zmienna) 20-26°C
		starsze jaja (7–10-dniowe)	powyżej 100	0, 0,025, 0,05, 0,1, 0,25, 0,5 i 1	1,25	jak wyżej
		starsze larwy	25	0, 0,1, 0,25, 0,5, 1, 2 i 3	1,25	zmienna temperatura pomieszczenia 21-25°C
		poczwarki	13–21	0 i 0,1, 0 i 0,25, 0, 0,5 i 1	9,6	zmienna temperatura pomieszczenia 20-26°C
		postacie doskonałe	powyżej 40	0, 0,025, 0,05, 0,1, 0,25, 0,5, 1, 2 i 3	9,8	zmienna temperatura pomieszczenia 20-26°C
skórnikowate ( <i>Dermestidae</i> )	mrzyk muzealny ( <i>Anthrenus museorum</i> L.)	jaja	20	0, 0,1 i 0,25	9,8	przebieg temperatury zgodnie z rys. 4
		młodsze larwy (10-dniowe)	25	0 i 0,5	9,8	przebieg temperatury przedstawiono na rys. 4
		starsze larwy (kilkumiesięczne)	25	0 i 0,5	9,8	przebieg temperatury przedstawiono na rys. 4

na powierzchni drewna jaja można było obserwować pod szkłem powiększającym (pow. 10x) bez specjalnych przygotowań. Larwy obsadzono w specjalnie przygotowanych klockach, tj. klocki te były wcześniej połupane na cienkie warstwy drewna i ściśnięte taśmą klejącą, dzięki czemu można było łatwo je co kilka dni rozkładać w celu oceny stanu larw.

Wszystkie stadia rozwojowe żywiaka chlebowca hodowano na suchym pieczywie<sup>25</sup>. Ze względu na to, że

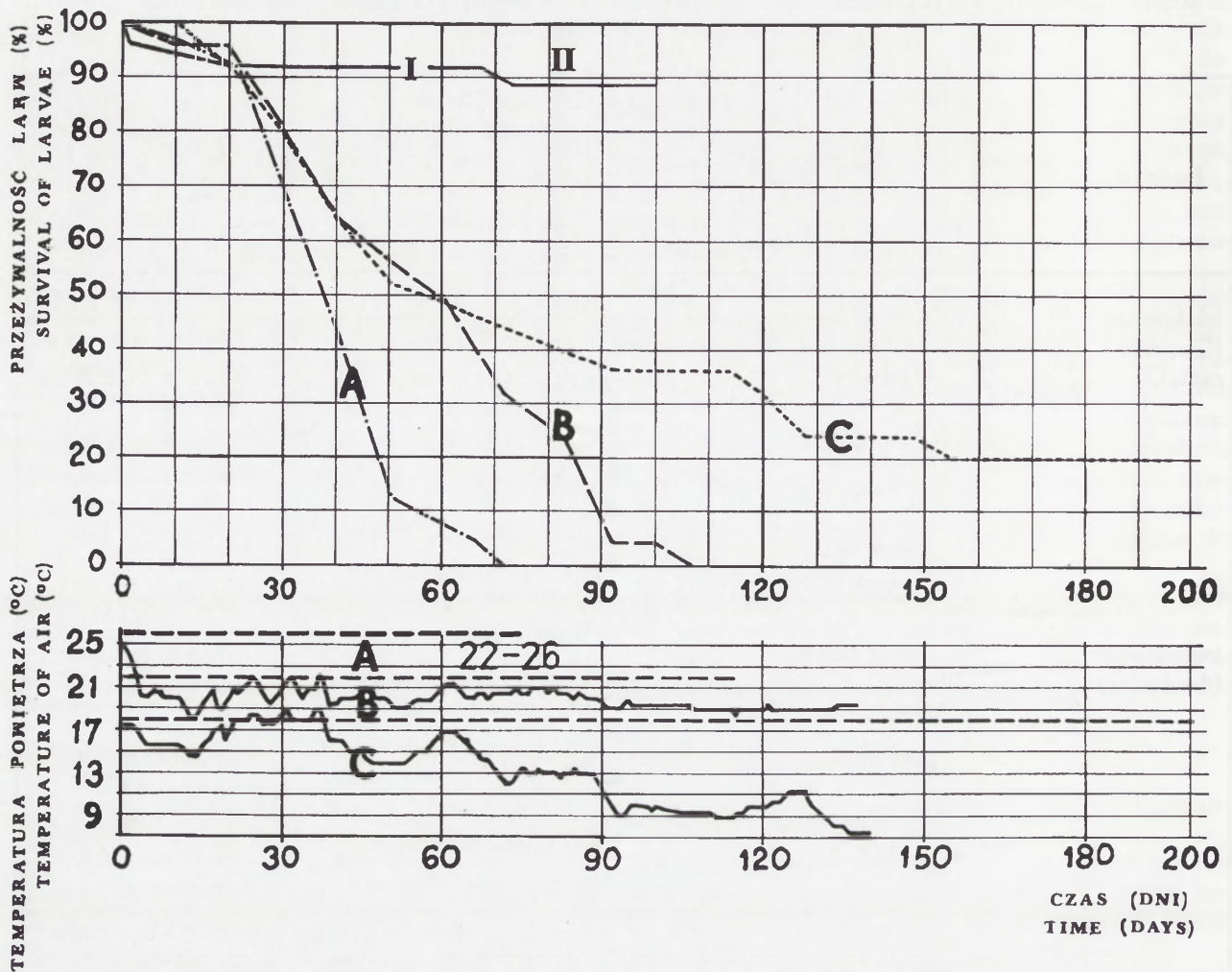
jaja złożone zostały w głębi pożywki nie można było ich bezpośrednio obserwować ani dokładnie określić ich liczebności. Wiadomości o ich stanie uzyskiwano jedynie na podstawie obecności lub braku larw po 4 i po 12 tygodniach od napromieniowania.

Larwy żywiaka umieszczono w probówkach na niewielkich kawałkach suchego pieczywa<sup>26</sup> tak, że po ukruszeniu kawałka pożywki można było bezpośrednio obserwować stan owadów.

25. Żywiak chlebowiec jest znany przede wszystkim jako szkodnik żywności.

26. Żywiak chlebowiec jest owadem o stosunkowo niewielkich wymaganiach dotyczących wilgotności pożywienia i powietrza. W celu

## STEGOBIUM PANICEUM L.



3. Wpływ różnych wielkości temperatury powietrza na długość życia wyrosniętych larw żywiaka chlebowca (*Stegobium paniceum* L.) poddanych działaniu dawki 0,25 kGy promieni gamma. U góry: krzywe przeżywalności napromieniowanych (A, B i C) i nie napromieniowanych (I i II) larw, u dołu: przebieg odpowiadających im temperatur (B i C) — w przypadku A, gdzie nie prowadzono ciągłej rejestracji pomiarów podano tylko ogólnie zakres temperatury

3. Impact of different air temperatures on the longevity of grown *Stegobium paniceum* L. larvae subject to a 0.25 kGy gamma ray dose. Top: curve of the longevity of radiated (A, B and C) and non-radiated (I and II) larvae, bottom: course of corresponding temperature (B and C) in case A, without uninterrupted registration of measurements and only with a temperature range

Poczwarki wyłożono na bibule filtracyjnej umieszczonej na płytkach Petriego o średnicy 5 cm.

Postacie doskonale hodowane były, podobnie jak jaja, w ćwierćlitrowych słojach na pożywce. Ponieważ poruszały się one swobodnie po całym słoju, można było bezpośrednio kontrolować ich stan. Obserwowano również rozwój pokolenia pochodzącego od chrząszczy z tego doświadczenia.

Mrzyka muzealnego hodowano na szczątkach małych, martwych owadów umieszczonych w próbów-

kach. Pozwoliło to na bezpośrednią obserwację zarówno jaj, jak i larw tego gatunku.

Ogólnie przyjęto zasadę, że każda larwa danego gatunku hodowana jest oddzielnie, ze względu na możliwość wzajemnego uszkodzenia lub nawet kanibalizm. Pozostałe stadia w ramach poszczególnych gatunków hodowane były zbiorowo.

Po napromieniowaniu obserwacje prowadzono w kilkudniowych odstępach (z wyjątkiem wcześniej omówionego przypadku jaj żywiaka chlebowca).

eliminacji strat wilgotności w suchym pieczywie żeruje otaczając się swojego rodzaju kokonem z resztek pożywki, odchodów i wydzielin. Konieczność oceny stanu larw zmusiła do otwierania tych kry-

jówek, czego niestety nie dało się uniknąć przy braku specjalistycznego sprzętu (np. aparatu rentgenowskiego).

Owady testowe zostały napromieniowane, zgodnie z warunkami sprecyzowanymi w tabeli 1, w komorze jonizacyjnej „Issledowatiel” w Zakładzie VII Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie<sup>27</sup>.

Źródłem promieni gamma był kobalt <sup>60</sup>Co.

Doświadczenia przeprowadzono nie jednorazowo, ze względu na konieczność wyhodowania odpowiedniej liczby osobników badanych gatunków w potrzebnym stadium rozwojowym. Stąd duże różnice w mocy dawki i w temperaturze otoczenia hodowanych owadów.

Owady hodowano w pomieszczeniach mieszkalnych, jednak ze względu na brak klimatyzacji w budynku, warunki termiczne w różnych porach roku niekiedy znacznie się różniły od zwyczajowego rozumienia terminu „temperatura pokojowa”, tj. 18–22°C. W związku z tym od pewnego czasu trwania badań prowadzono codzienne, systematyczne pomiary temperatury powietrza w pomieszczeniach hodowlanych<sup>28</sup>.

Ze względu na sygnalizowany w piśmiennictwie znaczny wpływ temperatury na skutki zwalczania gryzbów i owadów doświadczenia na larwach żywiaka chlebowca przy dawce 0,25 kGy powtórzono trzykrotnie przy różnych zakresach temperatury w pomieszczeniu hodowlanym. Doświadczenia te przeprowadzono w dwóch etapach wykorzystując różnice w przebiegu temperatury powietrza miesięcy letnich w 1989 i 1990 r. oraz odmienne warunki termiczne w różnych pomieszczeniach tego samego budynku. Przy wspomnianym braku klimatyzacji nie udało się zapewnić stałych wartości temperatur w poszczególnych wariantach doświadczenia, co ilustruje il. 3.

## Wyniki doświadczeń

### Skutki napromieniowania jaj owadów.

#### a) *Hylotrupes bajulus* L.

Spośród 25 jaj spuszczela pospolitego napromieniowanych dawką 0,1 kGy, nie wylęła się żadna larwa. W wariantcie kontrolnym larwy wykluły się. Hodowane przez rok wykazywały normalną ruchliwość i drążyły drewno.

#### b) *Stegobium paniceum* L.

W przypadku żywiaka chlebowca nie można było śledzić rozwoju jaj na bieżąco. Kontrole przeprowadzone po miesiącu i po trzech miesiącach od napromieniowania pożywki z jajami nie wykazały obecności larw przy wszystkich wariantach dawki napromieniowania. W wariantcie kontrolnym stwierdzono obecność licznych (ok. 120 osobników) larw. Wszystkie

wykazywały normalną ruchliwość i prawidłowy rozwój.

#### c) *Anthrenus museorum* L.

Jaja mrzyka muzealnego można było bezpośrednio obserwować, jako że pożywką były wysuszone szczątki małych owadów. W wariantcie z dawką 0,25 kGy nie wykluła się żadna larwa. W wariantcie z dawką 0,1 kGy zaobserwowano początkowo bardzo nieliczne, świeżo wylęgnięte larwy. Wykazywały one bardzo słabą ruchliwość, głównie przy mechanicznym drażnieniu i zginęły przed upływem dwóch tygodni. Nie można wykluczyć, że larwy te wykluły się w trakcie przewozu materiału testowego do komory jonizacyjnej, tj. jeszcze przed napromieniowaniem.

### Skutki napromieniowania larw.

#### a) *Hylotrupes bajulus* L.

We wszystkich wariantach napromieniowane larwy zginęły przed upływem 20 dni. Największe larwy (wyraźnie najstarsze) zginęły później niż wszystkie pozostałe, znacznie mniejsze. Wyniki doświadczenia zostaną przedstawione w sposób graficzny w następnej publikacji w celu porównania z wynikami doświadczeń na różnych gatunkach kołatków niszczących drewno. Wszystkie larwy w wariantcie kontrolnym hodowane przez 12 miesięcy wykazywały dobry stan i bardzo silnie zniszczyły klocki, w których zostały obsadzone.

#### b) *Stegobium paniceum* L.

We wszystkich wariantach napromieniowane larwy żywiaka chlebowca zginęły, przy czym — ogólnie rzecz biorąc — im większa była dawka promieniowania, tym szybsze było tempo wymierania i tym krótszy czas wymarcia napromieniowanej grupy. Wyniki doświadczenia przedstawiono na rys. 2 w celu porównania z wynikami napromieniowania innych stadiów rozwojowych tego gatunku. Larwy ginęły najczęściej przed wylinką lub w czasie linienia<sup>29</sup>. Śmiertelność nie napromieniowanych larw kształtowała się na poziomie 12%.

Wysokość temperatury otoczenia po napromieniowaniu miała bardzo duży wpływ na wymieranie larw potraktowanych dawką 0,25 kGy. Wyniki tych doświadczeń przedstawiono na il. 3. Śmiertelność larw w wariantach kontrolnych kształtowała się na poziomie 0–11%. Krzywej śmiertelności A odpowiada kontrola oznaczona symbolem I a krzywymi B i C wariant kontrolny oznaczony jako II. Im większa była temperatura otoczenia larw po dezynsekcji, tym szybsze tempo wymierania oraz tym krótszy czas całkowitego unicestwienia napromieniowanych grup larw.

27. Autor pragnie złożyć serdeczne podziękowania za ceną współpracę kierownikowi Zakładu VII IChTJ, panu dr inż. W. Stachowiczowi, i jego współpracownikom, a w szczególności śp. panu J. Pachelskiemu, pani T. Wrońskiej oraz pani A. Drązewskiej. Bez ich pomocy niniejsze badania nie mogłyby zostać wykonane.

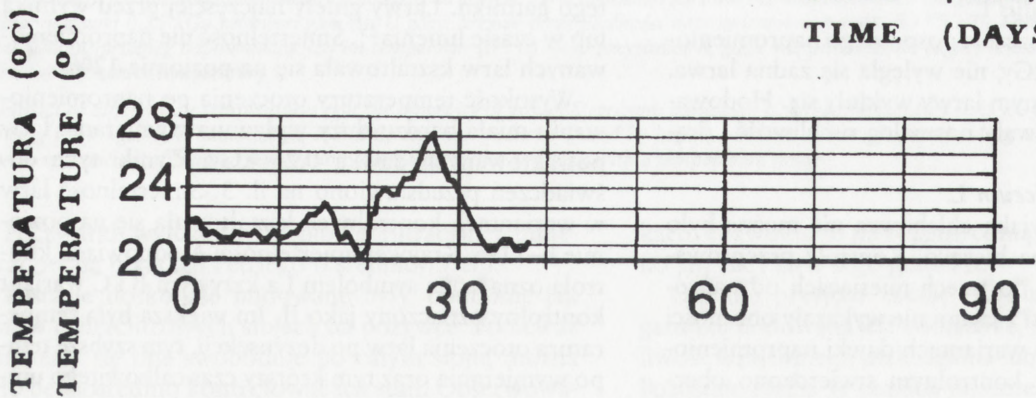
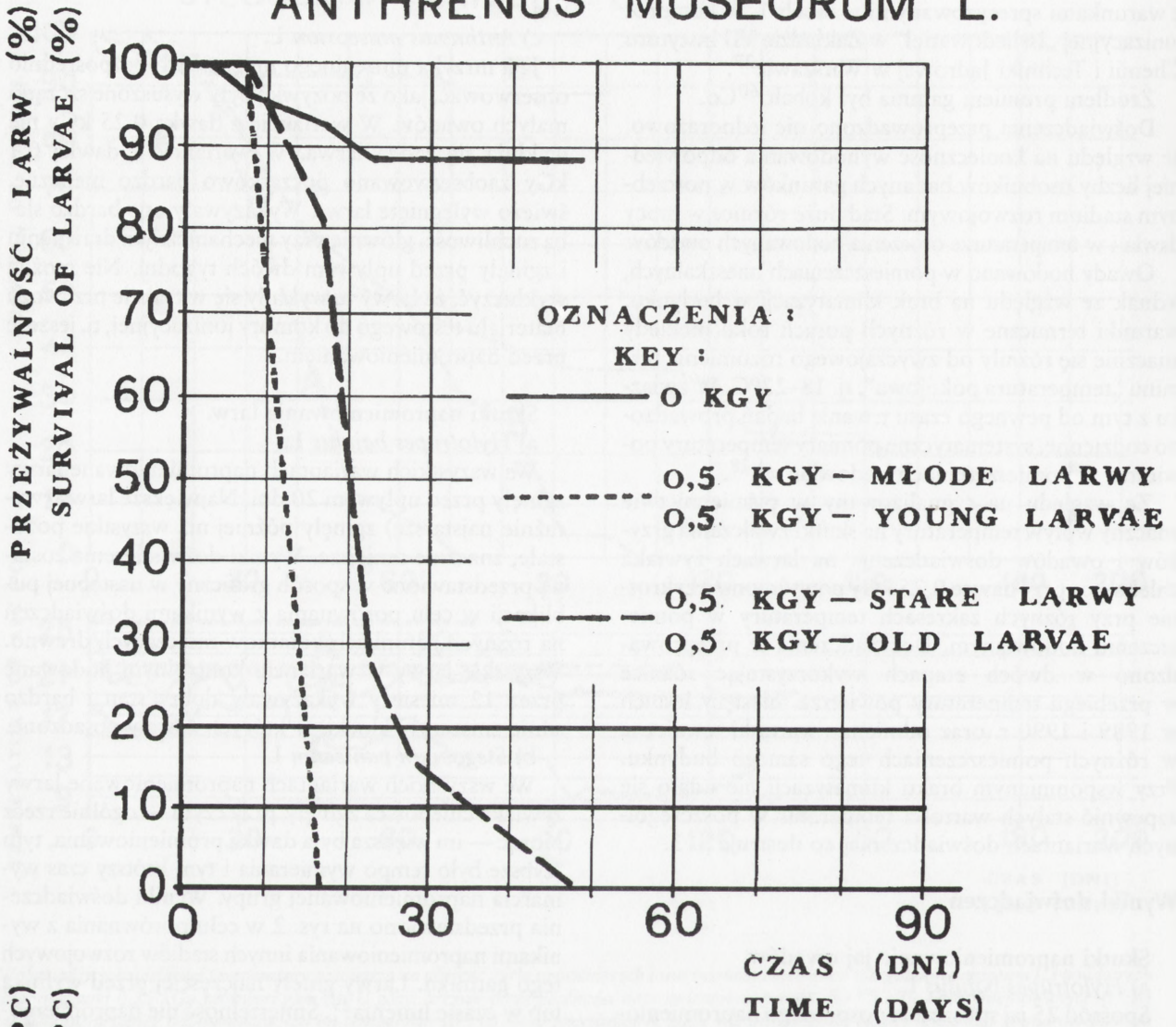
28. Uśrednione wyniki tych pomiarów prowadzonych codziennie

o godz. 7, 14 i 19 przedstawiono na rys. 3, 4 i 5, ilustrujących skutki napromieniowania owadów. W pozostałych doświadczeniach temperaturę mierzono tylko wyrętkowo, a jej orientacyjny zakres wysokości podano pod rys. 2 i 6.

29. Zjawisko to było obserwowane już znacznie wcześniej, np. J. D. Bletchly, *The effect of gamma-radiation...*



# ANTHRENUS MUSEORUM L.



4. Wpływ dawki 0,5 kGy promieni gamma na przeżywalność młodych i wyrosniętych larw mrzyka muzealnego (*Anthrenus museorum* L.).  
U dołu: przebieg temperatury powietrza w hodowli napromieniowanych larw

4. Impact of a 0.5 kGy gamma ray dose on the survival rate of the young and grown *Anthrenus museorum* L. larvae. Under the drawing: course of air temperature in the culture of radiated larvae

c) *Anthrenus museorum* L.

Wszystkie larwy mrzyka muzealnego napromienione dawką 0,5 kGy zginęły w krótkim czasie. Znacznie wcześniej (ponad dwukrotnie szybciej) nastąpiło wymarcie 10-dniowych larw niż larw kilkumiesięcznych, co zilustrowano na il. 4. Również tempo wymierania w pierwszym przypadku miało bardziej gwałtowny charakter. Śmiertelność larw w wariantcie kontrolnym, zawierającym osobniki należące do obu kategorii wiekowych, nie przekraczała 12%.

### Skutki napromieniania poczwarek.

*Stegobium paniceum* L.

Wyniki trzech doświadczeń z napromienianiem poczwarek przedstawiono na il. 5. Śmiertelność owadów w wariantach kontrolnych kształtowała się na poziomie od 0 do 20%.

W wariantcie z dawką 0,1 kGy liczba martwych i kalekich osobników doskonałych, które opuściły napromieniane poczwarki, była nieznacznie większa niż w wariantcie kontrolnym. Okaleczenia jednak mogły być spowodowane także mechanicznymi urazami przy przenoszeniu poczwarek.

W wariantcie z dawką 0,25 kGy liczba martwych osobników wyraźnie odbiegała od wyniku w wariantcie kontrolnym. Dawka ta nie spowodowała zabicia wszystkich osobników — liczba chrząszczy, które opuściły poczwarki przekroczyła tu 60%. Nie zaobserwowano natomiast udziału osobników wykazujących okaleczenia.

W trzecim doświadczeniu dawka 0,5 kGy pozwoliła przeobrazić się w chrząszcze ponad 40% napromienionych poczwarek, jednak liczba nie uszkodzonych osobników nie przekroczyła 10%. Okaleczenia polegały głównie na deformacji pokryw skrzydłowych. Dopiero dawka 1 kGy spowodowała zabicie wszystkich napromienionych poczwarek.

W żadnych wariantcie doświadczeń nie zaobserwowano opóźnień w przepoczwarzaniu się napromienionych osobników w stosunku do kontroli.

Dalsza hodowla chrząszczy przeobrażonych z napromienionych poczwarek wykazała, że były one niepłodne. Nie uzyskano potomstwa od osobników hodowanych wspólnie w ramach poszczególnych wariantów dawek. W trakcie kontroli po 4 i 12 tygodniach stwierdzono natomiast bardzo liczne larwy, pochodzące od chrząszczy przeobrażonych z poczwarek z wariantu kontrolnego.

### Skutki napromieniania chrząszczy.

*Stegobium paniceum* L.

Wymieranie grup chrząszczy napromienionych różnymi dawkami oraz wymieranie kontroli przedstawiono na il. 6. Jedyne dawka 3 kGy, podobnie jak w przypadku larw trzech badanych gatunków owadów, spowodowała natychmiastowe zabicie wszystkich osobników, a dawka 2 kGy ich śmierć w ciągu kilku dni. Mniejsze dawki powodowały mało zauważalny efekt w stosunku do wariantu kontrolnego.

Wszystkie napromienione chrząszcze, nawet w przypadku dawki 0,1 kGy, były bezpłodne — nie uzyskano od nich potomstwa. Chrząszcze z wariantu kontrolnego rozmnażały się normalnie, pozostawiając bardzo liczne potomstwo.

### Omówienie wyników

Poszczególne stadia rozwojowe danego gatunku owada wykazują różną odporność na promieniowanie gamma, ogólnie rzecz biorąc znacznie wyższą niż w przypadku ssaków. Istnieje kilka teorii wyjaśniających to zjawisko. Letalne dawki promieniowania pod względem specyfiki działania można podzielić na powodujące śmierć owadów w wyniku zakłóceń podziału komórkowego oraz powodujące natychmiastową lub bardzo szybką śmierć w wyniku innych silnych zakłóceń fizjologicznych, będących skutkami zjonizowania materii komórek. Np. dawka 3 kGy powodowała natychmiastową śmierć wszystkich badanych stadiów rozwojowych owadów, a dawka 2 kGy w czasie od kilku do dwudziestukilku dni, w zależności od gatunku i jego stadium rozwojowego.

Poniżej tych wielkości dawek wymieranie napromienionych grup owadów jest znacznie wolniejsze, przy czym czas wymierania jest odwrotnie proporcjonalny do wielkości dawki. O szybkości tego zjawiska decyduje obecność komórek będących w trakcie podziału, a więc:

1. gamet w okresie mejozy<sup>30</sup>,
2. komórek somatycznych<sup>31</sup> w okresie mitozy.

Wysoką odporność owadów na promieniowanie jonizujące w zakresie dawek powodujących zakłócenia podziału komórek tłumaczy teoria Sulivana i Groscha<sup>32</sup>. Duża żywotność napromienionych owadów doskonałych wynika wg niej z pełnej dyferencjacji komórek somatycznych (u owadów dojrzałych komórki te już nie dzielą się). Przy pomocy tej teorii łatwo jest wyjaśnić różną odporność na promieniowanie gamma

30. Mejoza: dwa kolejne podziały jąder komórkowych poprzedzające tworzenie się gamet, tj. dojrzałych komórek rozrodczych męskich (spermatogonia → spermatocyty 1 i 2 rzędu → spermatozoidy → plemniki) i żeńskich (oogonia → oocyty 1 i 2 rzędu → jaja). W procesie mejozy liczba chromosomów redukowana jest do połowy.

31. Komórki somatyczne — komórki ciała nie będące komórkami tzw. szlaku płciowego. W okresie ich podziału (mitozy) zachowana zostaje podwójna liczba chromosomów.

32. Zob. A. E. Klimpinia, *Jonizirujuszcze izluczenija w borbie s wriednymi nasiekomyimi*, Riga 1971.

poszczególnych stadiów rozwojowych owadów. Można uogólnić, że odporność danego gatunku wzrasta wraz z rozwojem osobniczym, przy czym zależność ta nie ma charakteru funkcyjnego — zależy od intensywności podziału komórkowego.

Najbardziej wrażliwe są świeżo złożone jaja, gdzie podziały materiału genetycznego zygoty<sup>33</sup> są bardzo intensywne. W przypadku wszystkich trzech badanych gatunków stosunkowo niewielkie dawki promieniowania uniemożliwiły dalszy rozwój napromieniowanych jaj.

Wrażliwość ta po krótkim okresie gwałtownie spada, jak wynika z rezultatów niektórych doświadczeń wspomnianych w przeglądzie piśmiennictwa. Dobrą ilustracją są tu wyniki uzyskane przez J. D. Bletchly'ego<sup>34</sup>.

Być może ta rosnąca odporność pozwoliła na wyklucenie larw z niektórych starszych jaj w różnowiekowej grupie jaj mrzyka muzealnego napromieniowanych dawką 0,1 kGy, jeśli pominąć wspomnianą możliwość wyklucenia w trakcie przewozu do komory jonizacyjnej.

Opisane zjawisko ma duże znaczenie dla skuteczności zwalczania owadów przy użyciu małych dawek (np. w przemyśle spożywczym), gdyż w przypadku nie utrafienia w krótki okres wrażliwości jaj nie uzyskuje się zakładanego efektu<sup>35</sup>.

Wzrost owadów odbywa się w stadium larwalnym. Można tu dodać, że proces rośnięcia wykazuje duże różnice w stosunku do wzrostu ssaków<sup>36</sup>. Wspomniana teoria dobrze tłumaczy także stopniowe wymieranie napromieniowanych grup larw, gdzie część osobników będąca w momencie dezynsekcji w okresie wzrostu (a więc intensywnego podziału komórkowego) szybko ginie, podczas gdy u innych, nie będących w tej fazie, proces ten uruchamia się wraz z dojrzewaniem do linienia. Oczywiście im większa jest dawka promieniowania, tym szybsze i bardziej intensywne wymieranie.

Larwy napromieniowane nawet znacznie niższymi dawkami niż powodującymi natychmiastową lub szybką śmierć, wykazują słabsze żerowanie, zatrzymanie wzrostu ciała i przedłużenie fazy larwalnej<sup>37</sup>. Już samo to może powodować pewną śmiertelność larw jak

i częstsze porażenia różnymi chorobami, będącymi dodatkowymi efektami uszkodzeń spowodowanych przez promienie gamma.

Stwierdzona w niniejszych doświadczeniach większa wrażliwość młodych (10-dniowych) niż starszych (kilkumiesięcznych) larw mrzyka muzealnego poddanych działaniu dawki 0,5 kGy, była wcześniej wykazywana na innych gatunkach owadów<sup>38</sup>. Zjawisko to w przypadku niejednorodnego wiekowo materiału doświadczalnego w różnych wariantach testu może sprawić, że krzywe śmiertelności larw napromieniowanych różnymi (ale podobnego rzędu wielkości) dawkami przecinają się, zamiast tworzyć swojego rodzaju modelowy „wachlarz”, czego typowym przykładem może być il. 2. Doskonałymi ilustracjami tego zjawiska są wyniki uzyskane przez J. D. Bletchly'ego<sup>39</sup> na larwach miazgowca oraz wyniki uzyskane przez autora<sup>40</sup> na larwach wyschlika grzebykowego. Korzystniejsze z tego względu wydaje się operowanie nie wynikami uzyskiwanymi na larwach (czy innych postaciach rozwojowych danego gatunku) przy użyciu pojedynczych dawek, ale krzywymi narastania śmiertelności w czasie po napromieniowaniu, przy użyciu kilku dawek, tak jak to zrobili np. P. B. Cornwell, L. J. Crook i J. O. Bull<sup>41</sup>, badając wrażliwość postaci doskonałych 10 gatunków owadów niszczących produkty zbożowe. Dopiero takie potraktowanie sprawy pozwala na dobór prawidłowych parametrów zabiegu dezynsekcji przy pomocy promieni gamma. Celowe z opisanych względów jest także zamieszczanie dokładnej charakterystyki larw owadów użytych w doświadczeniach<sup>42</sup>.

Czynnikiem przyspieszającym zabicie zwalczanych organizmów, co stwierdzono wcześniej zarówno w stosunku do owadów, jak i grzybów, jest podwyższona temperatura otoczenia. Il. 3, przedstawiająca różne tempo wymierania napromieniowanych kilkumiesięcznych larw żywiaka chlebowca przy trzech różnych zakresach wysokości temperatury, jest wymowną ilustracją tej prawidłowości. Bardzo jednoznaczne wyniki uzyskał również J. D. Bletchly<sup>43</sup> na jajach miazgowca stosując różne wielkości temperatury hodowli. Większa temperatura powoduje bardziej intensywny

33. Zygota — u organizmów rozmnażających się płciowo komórka wytworzona podczas zapłodnienia w wyniku zespolenia gonady męskiej i żeńskiej.

34. J. D. Bletchly, *Some laboratory...*; J. D. Bletchly, R. C. Fisher, *Use of Gamma...*

35. R. Wohlgenuth, *Untersuchungen zur Bekämpfung des Mottenbefalles (Plodia interpunctella — Dorrobstmotte) an Susswarenprodukten*, „Anzeiger für Schädlingskunde” 1976, nr 2, s. 25–30.

36. Larwy owadów rosną jedynie w okresie linienia, tj. w okresie zrzućcia twardego oskórka. Jest to proces bardzo intensywny, ustający po stwardnieniu nowego oskórka. Wzrost owada odbywa się zatem tylko w czasie kilkukrotnego (w ciągu całego życia) linienia stadium larwalnego.

37. Zjawisko to zostało wielokrotnie opisane w literaturze przedmiotu; np.: A. E. Klimpinia, op. cit.; S. Ignatowicz, op. cit.

38. Np. S. Ignatowicz, op. cit., przytacza dane dla szkodnika produktów spożywczych, strąkowca fasolowego.

39. J. D. Bletchly, *The effect of gamma-radiation...*

40. A. Krajewski, *Zwalczanie owadów-szkodników...*

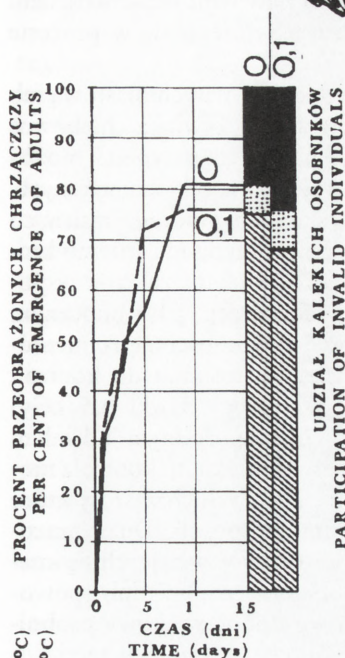
41. P. B. Cornwell, L. J. Crook, J. O. Bull, *Lethal and Sterilizing Effects of Gamma Radiation on Insects infesting Cereal Commodities*, „Nature” 1957, nr 4561, s. 670–672.

42. W cyklu doświadczeń przeprowadzonych przez autora wszystkie larwy badanych gatunków w ramach poszczególnych testów zostały zważone lub zmierzone i pogrupowane w klasy wielkości. Wykonano graficzną charakterystykę każdej grupy testowej w rozbięciu na warianty doświadczenia. Ze względu na konieczność ograniczenia objętości niniejszej publikacji rysunki te nie zostały tu zamieszczone.

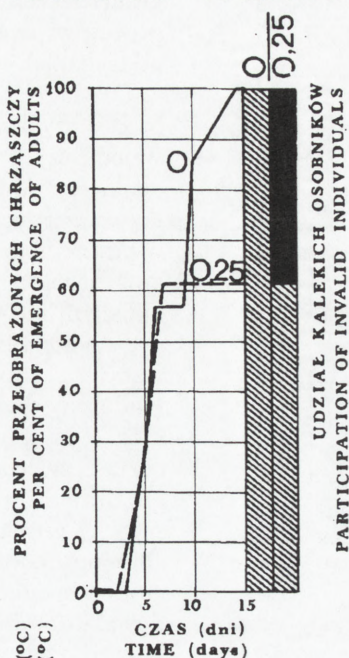
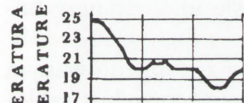
43. J. D. Bletchly, *The effect of gamma-radiation...*



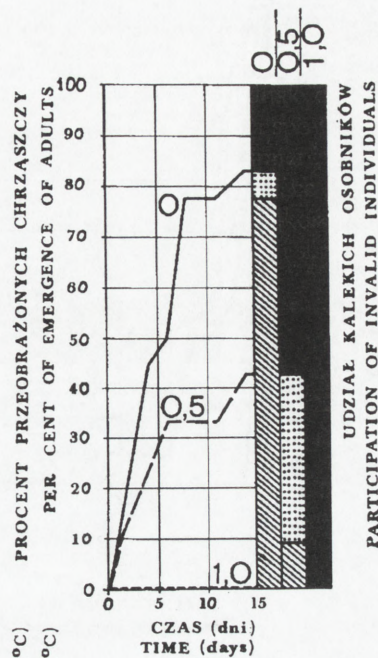
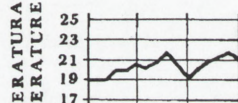
## STEGOBIUM PANICEUM L.



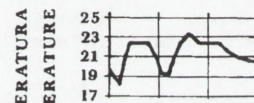
TEMPERATURA (°C)  
TEMPERATURE (°C)



TEMPERATURA (°C)  
TEMPERATURE (°C)



TEMPERATURA (°C)  
TEMPERATURE (°C)



### OZNACZENIA : KEY :

DAWKA NA RYSUNKACH W KGy  
DOSAGE ON THE PICTURES IN KGy

	ZDROWE CHRZĄSZCZE
	HEALTHY ADULTS
	KALEKIE CHRZĄSZCZE
	INVALID ADULTS
	MARTE CHRZĄSZCZE
	DEAD ADULTS

5. Wpływ różnych dawek promieni gamma w trzech doświadczeniach na przeobrażenie poczwarek żywiaka chlebowca (*Stegobium paniceum* L.). U dołu: przebieg temperatury powietrza, w której hodowano poczwarki

5. Impact of different gamma ray doses in three experiments in the transformation of *Stegobium paniceum* L. chrysalides. At the bottom: course of the chrysalides culture air temperature

metabolizm organizmów, a tym samym sprzyja szybszemu ujawnieniu się skutków napromieniowania.

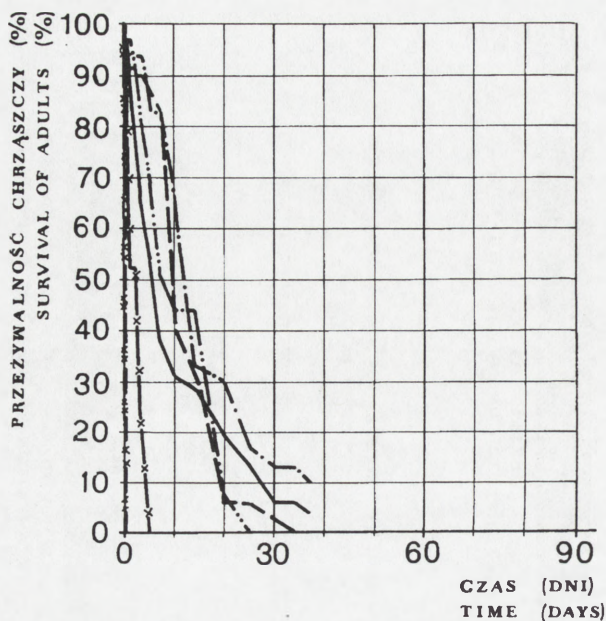
Napromieniowanie poczwarek żywiaka chlebowca dawkami 0,1 i 0,25 kGy spowodowało znacznie mniejszą ich śmiertelność niż w przypadku larw. Ponad 30% udziału kalekich osobników doskonałych (tj. chrząszczy), które powstały z poczwarek napromieniowanych dawką 0,5 kGy związany jest z uszkodzeniami rozwijających się skrzydeł i pokryw skrzydłowych<sup>44</sup>. Wprawdzie u poczwarek nie występuje zjawisko wzrostu, ale w pewnym okresie odbywa się bardzo intensywny podział komórek, prowadzący do wytworzenia organów i części ciała w kształcie właściwym

dla dojrzałych osobników. Zjawisko większej przeżywalności napromieniowanych poczwarek (w stosunku do larw) oraz spadek liczby przepoczwarczających się owadów po napromieniowaniu znane jest również z wcześniejszych doświadczeń na szkodnikach upraw i zmagazynowanej żywności<sup>45</sup>.

Chociaż postacie doskonałe owadów są najbardziej odporne na promienie jonizujące, to jednak dawki wielkości potrzebnej do zabicia larw mogą spowodować znacznie szybszą śmierć imagines niż śmierć naturalna. Dawki promieniowania nie powodujące natychmiastowej śmierci przy wystarczającej wielkości obniżają aktywność życiową dojrzałych postaci i skracają

44. Opisy takich uszkodzeń zawiera praca E. Kunze-Mühl, *Physiologische und genetische Strahlenschädigungen bei Insekten*, „An-

zeiger für Schädlingskunde” 1956, nr 4, s. 53–57.  
45. Np. S. Ignatowicz, op. cit.



TEMPERATURA 20-26 °C  
TEMPERATURE

OZNACZENIA (DAWKĄ W KGy):  
KEY (DOSE IN KGy):

— 0  
- - - 0,25  
- · - · - 0,5  
- · · · - 1  
- x - x - x - 2  
- x x - x x - x x - 3

6. Wpływ różnych dawek promieni gamma na przeżywalność chrząszczy żywiaka chlebowca (*Stegobium paniceum* L.). U dołu: zakres temperatury powietrza w hodowli chrząszczy

6. Impact of different gamma ray doses on the survival rate of *Stegobium paniceum* L. beetles. Under the drawing: range of air temperature in beetle culture

długość ich życia<sup>46</sup>. Należy tu wspomnieć o dwóch dalszych teoriach wyjaśniających stosunkowo dużą odporność owadów na promienie gamma.

Fritz-Niggli<sup>47</sup> dużą odporność owadów na promieniowanie jonizujące wiązał z obecnością w ich organizmach katalazy, enzymu rozkładającego nadtlenek wodoru, powstający w wyniku napromieniowania; Kałmykow<sup>48</sup> natomiast dużą odporność tych organizmów

na promieniowanie jonizujące tłumaczył (oprócz braku dzielących się komórek) pewnymi właściwościami procesów przemiany materii (szczególnie w procesie oddychania).

Dawki 3 i 2 kGy spowodowały natychmiastową lub bardzo szybką śmierć chrząszczy żywiaka chlebowca w niniejszych doświadczeniach, co przypisać można ogólnemu zjonizowaniu treści komórek somatycznych. Przy mniejszych dawkach skutek był niezauważalny, co w pewnej mierze można było przypisać zarówno brakowi dzielących się komórek somatycznych i wspomnianym możliwościom regeneracji, jak i ubocznym przyczynom. Efekt większej żywotności napromienionych chrząszczy żywiaka w stosunku do kontroli (widoczny zwłaszcza w przypadku dawki 0,5 kGy) mógł być spowodowany niejednorodnym udziałem chrząszczy będących w różnym wieku, tj. kontrola mogła zawierać większą liczbę starszych chrząszczy które szybciej wymarły w naturalny sposób. Duża pracochłonność codziennego odłowu pojawiających się imago (chrząszcze były pobierane co 3-7 dni) spowodowała dosyć przypadkowy dobór wiekowy osobników użytych w poszczególnych wariantach tego doświadczenia<sup>49</sup>, czego nie udało się uniknąć przy hodowli materiału testowego.

Dawki pozwalające przeżyć napromienionym poszczególnym stadiom rozwojowym powodują zakłócenia w rozmnażaniu osobników dojrzałych. L. E. LaChance i współautorzy<sup>50</sup> wyróżnili kilka typów takich zakłóceń, zależnych od wielkości dawki promieni gamma i od typu gamet obecnych aktualnie w ciele owada. Należy tu zaznaczyć, że cykl powstawania komórek rozrodczych u owadów odbiega od tego procesu u ssaków. Np. spermatogeneza u owadów rozpoczyna się już u świeżo wyklutych larw i trwa przez cały rozwój osobniczy. W poszczególnych stadiach rozwojowych obecny jest (w ogóle lub w dominującej większości) jeden typ gamety, przy czym poszczególne typy są w różnym stopniu wrażliwe na promieniowanie gamma<sup>51</sup>.

Napromieniowanie stadiów owada, które wykazują obecność najwrażliwszego typu komórek rozrodczych, może spowodować aspermię. Napromieniowanie zaś poczwarek i postaci doskonałych (zawierających odpowiednio spermatydy i plemniki lub jedynie plemniki) wywołuje dominujące mutacje letalne.

We wszystkich wariantach doświadczeń, gdzie napromieniano poczwarki lub chrząszcze żywiaka chlebowca, nie wyhodowano pochodnych pokoleń,

46. L. E. LaChance, C. H. Schmidt, R. C. Bushland, *Radiation induced sterilization* (w:) *Pest Control*, New York 1967; A. E. Klimpinia, op. cit.; S. Ignatowicz, op. cit.

47. Zob. A. E. Klimpinia, op. cit.

48. Por. A. E. Klimpinia, op. cit.

49. Łatwo uzyskać taki efekt zważywszy na fakt, że długość życia chrząszczy żywiaka chlebowca jest niewielka. W ogrzewanych pomieszczeniach w ciągu roku mogą rozwinąć się cztery pokolenia, przy czym przeważająca część życia przypada na larwy.

50. L. E. LaChance i in., op. cit.

51. Tamże.

podczas gdy w wariantach kontrolnych proces ten przebiegał normalnie.

W doświadczeniach z larwami spuszczała pospolitego, żywiaka chlebowca i mrzyka muzealnego wszystkie napromieniowane osobniki wymarły łącznie z wariantami, gdzie dawki były najmniejsze, tj. na poziomie dziesiętnych części kGy. Nie można było zatem obserwować zakłóceń w rozmnażaniu pochodzących od nich postaci doskonałych. Jednak J. D. Bletchly<sup>52</sup>, badający wpływ dawek na poziomie tysięcznych części kGy ostrzegał przed możliwością regeneracji zakłóceń w rozmnażaniu wywołanych przez promienie gamma. Larwy napromieniowane stosunkowo niewielkimi dawkami mogą zachować zdolność żerowania przez pewien czas, odwrotnie proporcjonalny do wielkości dawki. Wielkość zastosowanej dawki dezynsekcyjnej jest więc bardzo istotna, zwłaszcza że pole elektromagnetyczne wytwarzane przez promieniotwórcze izotopy jest bardzo niejednorodne<sup>53</sup>. Celowe jest stosowanie do dezynsekcji takich dawek promieniowania, które eliminują możliwość dalszego żerowania larw. Wyniki doświadczeń nad doborem dawek potrzebnych do szybkiego uśmiercenia larw wybranych gatunków owadów, będących szkodnikami materialnych dóbr kultury, zostaną przedstawione w drugiej części opracowania.

## Wnioski

Wyniki doświadczeń oraz przegląd piśmiennictwa pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Poszczególne stadia rozwojowe gatunków owadów notowanych jako szkodniki zabytków i muzealiów są w różnym stopniu odporne na promieniowanie gamma. Można uogólnić, że odporność ta wzrasta wraz z zaawansowaniem rozwoju osobniczego, chociaż zależność ta nie ma charakteru funkcji.

2. Im większa jest zastosowana dawka promieniowania, tym szybsze tempo wymierania i tym krótszy czas całkowitego wymarcia napromieniowanej grupy owadów.

3. Czynnikiem przyspieszającym wymieranie owadów po napromieniowaniu, a tym samym zwiększającym skuteczność dezynsekcji poprzez skrócenie czasu ewentualnego żerowania owadów po małych dawkach, jest podwyższona temperatura otoczenia (tym samym temperatura ciał owadów).

4. Najniższe dawki promieniowania powodujące śmierć starszych larw zabijają również jaja i świeżo wylęte larwy oraz wywołują bezpłodność pozostałych postaci rozwojowych danego gatunku, które ewentualnie nie zostały zabite.

5. Celowe jest stosowanie do dezynsekcji takich dawek promieniowania, które eliminują możliwość dalszego żerowania larw gatunków będących szkodnikami materiałów, stanowiących tworzywo zabytków i muzealiów.

52. J. D. Bletchly, *Effects on subsequent...*

53. Zagadnienie to poruszali już M. Bär i in., op. cit. oraz W. Unger, op. cit. Wynika ono również z rysunku i fotografii w publikacji J. Urbana i P. Justy, op. cit. W celu eliminacji tego problemu dezynsekcję można wykonywać w kilku etapach, zmieniając orientację obiektu poddawanego zabiegowi w stosunku do źródła, tj. w przerwach pracy urządzenia zmieniając położenie obiektu (urządzenia

stacjonarne i przenośne) lub położenie źródła promieni gamma (np. w wypadku przenośnego urządzenia HWK 3). W niektórych ośrodkach zajmujących się konserwacją żywności równomierność napromieniowania zapewniano poprzez umieszczenie obiektów w pojemnikach krążących na wyciągu wokół źródła i obracających się wokół własnej osi.

## From Research into Gamma Ray Destruction of Insects Damaging Historical Monuments and Museum Exhibits. Part 1 — the Resilience of Various Development Stages

A number of experiments was conducted on various stages in the development of insects which cause damage to historical monuments and museum exhibits: the *Hylotrupes bajulus* L., the *Stegobium paniceum* L. and the *Anthrenus museorum* L. The development stages used in the experiments were marked with thick outlines in fig. 1. The conditions of the experiments i.e. the size of the doses of gamma rays, the strength of the doses, the number of insects in test groups, and the temperature of the air in the cultures of the radiated insects are presented in table 1. Radiation was performed in Section VII of the Institute of Chemistry and Nuclear Technology in Warsaw, using the „Issliedovatiel” ionisation chamber. The radiation source was cobalt 60 Co.

The purpose of the experiments was to define resilience to gamma radiation by particular development stages of the

insects which cause damage to historical monuments and museum exhibits, as well as the impact of temperature upon the effectiveness of the operation. Results concerning the resistance of particular development stages of the insects are shown in fig. 2, 4, 5 and 6, while the impact of temperature on the effectiveness of combating the larvae of *Stegobium paniceum* L. are presented in fig. 3. The results are commented against the backdrop of the outcome of earlier research and functioning theories.

The following regularities have been found, and an ultimate postulate has been formulated as a directive for further research:

1. The resilience of the development stages grows together with the progressing development of the insects, without, however, assuming the form of a functional dependence.

2. The larger the applied radiation dosage, the more rapid the tempo of extinction, and the shorter the time of the total extinction of the radiated group of insects.

3. The factor which accelerates the extinction of the insects is the raised temperature of the surrounding environment. It improves the effectiveness of desinsection with small doses of gamma rays by reducing the time of the eventual feeding by the dying larvae.

4. The lowest examined doses causing the death of the older larvae also destroy the eggs and freshly hatched larvae,

and cause the infertility of the remaining, and eventually surviving, development forms of the given species.

5. It is advised to use such doses of gamma rays for combatting insects that cause damage to historical monuments and museum exhibits, which eliminate the possibility of further feeding by the larvae.

The outcome of experiments on the selection of such doses for combating various species of insects recognised as pests, will be presented in a future publication.