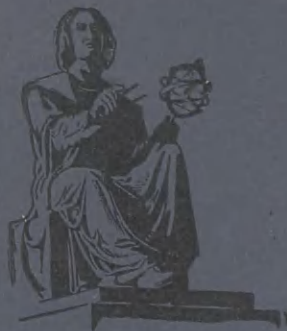


Polskie Towarzystwo Przyrodników
im. KOPERNIKA

KOSMOS

Seria B
PRZYRODA NIEOŻYWIONA



ROK IV

ZESZYT 1 (13)

WARSZAWA 1958

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

POLSKIE TOWARZYSTWO PRZYRODNIKÓW
Im. KOPERNIKA

K O S M O S

Seria B: PRZYRODA NIEOŻYWIONA



ROK IV

WARSZAWA 1958

ZESZYT 1 (15)

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

Redaktor Naczelny
LEOPOLD INFELD

Zastępca Red. Naczelnego
KAZIMIERZ MAŚLANKIEWICZ

Członek Komitetu Redakcyjnego
JÓZEF HURWIC

Sekretarz Redakcji
ROMAN ŻELAZNY

Adres Redakcji: Warszawa, ul. Hoża 69



Nr inw. ~~503~~ 504

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE
Warszawa 1, Miodowa 10

Nakład 1000	Oddano do składania 26.XI.57
Ark. druk. 6, Ark. wyd. 7	Podpisano do druku 11.II.58
Papier ilustr. V kl.	Druk ukończono w lutym 1958
Cena zł 15.—	Zamówienie 465 A-15

Warszawska Drukarnia Naukowa, Warszawa, Śniadeckich 8



W. F. Blanton

Leopold Infeld

MOJE WSPOMNIENIA O WŁADYSŁAWIE NATANSONIE¹

W roku 1917, podczas wakacji po pierwszym roku mych studiów w Krakowie, umarł profesor Marian Smoluchowski. W 20 lat później, podczas mego pobytu w Princeton w Stanach Zjednoczonych, dowiedziałem się o śmierci profesora Władysława Natanson'a. Te dwa zgony mych profesorów zestawiam ze zdarzeniami we własnym życiu, aby zaznaczyć na wstępie, że moje wspomnienia o profesorze Natansonie będą miały charakter osobisty. O ile mi wiadomo, to na przestrzeni wielu lat, podczas których Władysław Natanson był profesorem Uniwersytetu w Krakowie, byłem jedynym jego doktorantem. Mój stosunek do mego profesora ulegał zmianom i wahaniom od uwielbienia, niemal od niechęci. Obydwa uczucia były pozbawione obiektywizmu i nie usprawiedliwione. Czas, aby bez bronzownictwa spojrzeć wstecz i ocenić w miarę możliwości obiektywnie mój subiektywny stosunek do mego mistrza.

W roku 1916 wstąpiłem na wydział matematyczno-przyrodniczy Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie. Jakżeż inna była organizacja studiów w monarchii austriacko-węgierskiej, a potem już w Polsce, od tej, jaką ma młodzież dzisiejsza. Istniały podczas mych studiów dwie katedry fizyki: jedna doświadczalnej, druga teoretycznej. Katedrą doświadczalną kierował (po śmierci profesora Witkowskiego) profesor Marian Smoluchowski, teoretyczną zaś profesor Władysław Natanson. Docentem był podówczas profesor Loria. Po śmierci profesora Smoluchowskiego katedrę fizyki doświadczalnej objął profesor R. Zakrzewski ze Lwowa, a jego katedrę z kolei objął Loria. Niemal przez cały pozostały czas mych studiów Zakrzewski i Natanson byli jedynymi profesorami fizyki na Uniwersytecie. Nie było docentów. Co więcej, profesor Natanson nie miał żadnych asystentów, poprzez cały okres mych studiów nie było ani ćwiczeń, ani seminariów; nic prócz wykładów. Na krótko tylko, o ile sobie przypominam, bezpośrednio przed moim doktoratem w roku 1921, zjawił się w Krakowie profesor Czesław Białobrzelski, który wkrótce potem objął katedrę w Warszawie.

Profesor Natanson wykladał 5 godzin tygodniowo od poniedziałku do piątku, zawsze pomiędzy 11 a 12. Zaczynał wykład dokładnie 20 minut po 11, tak punktualnie, że można było nastawiać zegarki z chwilą

¹ Wykład wygłoszony na XV Zjeździe Fizyków Polskich we Wrocławiu 5—9 listopada 1957 r.

jego wejścia na salę; kończył również punktualnie, przy czym każdy wykład był planowaną całością komponowaną dokładnie z góry, jak dzieło sztuki. Nie posługiwał się nigdy notatkami. Ubrany był zawsze uroczyście, zawsze w ten sam sposób: czarny żakiet, który jeszcze dzisiaj Anglicy noszą w dzień, gdy proszeni są do Buckingham Palace, sztywny kołnierzyk, czarny krawat, świetnie wyprasowane spodnie w ciemne prążki. Jako studenci zastanawialiśmy się często, ile też ma takich garniturów identycznych w domu. Przed wykładem służąca przynosiła zawsze w karafce herbatę, którą podczas wykładu popijał. Wykładał spokojnie, z lekkim patosem, wyczuwalnym nie w głosie, ale w treści wykładów. Pisał pięknie mokrą kredą na mokrej tablicy, tak pięknie, że miało się ochotę każdej chwili odfotografować tę tablicę; żal się robiło, że mokra gąbka ściera te piękne wykrętasy przy Q i przy H. Słyszałem w życiu wiele pięknych wykładów, ale nigdy tak technicznie doskonałych jak wykłady profesora N a t a n s o n a.

Cykl wykładów trwał wiele lat. Nie wiem ile, bo potem były zmiany planów studiów; podobno (tak opowiadano) cykl trwał (przed moim wstąpieniem na uniwersytet) 7—8 lat. Kiedy byłem na pierwszym roku, profesor N a t a n s o n wykładał termodynamikę (oczywiście przez cały rok). Przyszedłem na ten wykład kilkakrotnie, zafascynowany pięknością wykładu, z którego nic nie rozumiałem. Dopiero podczas drugiego i trzeciego roku studiów chodziłem systematycznie na wykłady profesora N a t a n s o n a. Na drugim roku wykładał mechanikę teoretyczną. Trafiłem przypadkowo dobrze, bo na początek cyklu. Znałem już podówczas mechanikę z książek P l a n c k a i S c h ä f e r a. Jednakże z dużym zainteresowaniem słuchałem oryginalnego i pięknego ujęcia. Pamiętam jak raz przyszedł z *Principiami Newtona*, założył szkła na oczy i czytał nam po łacinie, komentując ustępy i popijając herbatę. Pamiętam dobrze ostatnie wykłady z mechaniki owego roku. Poświęcił je szczególnej teorii względności, z której zasadami zaznajomiłem się wówczas po raz pierwszy. Usłyszałem tam po raz pierwszy nazwisko Einsteina, którego nazwał N a t a n s o n „nowoczesnym Kopernikiem“, „geniuszem nad geniuszami“.

Zastanawiam się, co dał mi profesor N a t a n s o n jako fizyk i czego mi nie dał. Dał mi rzecz najważniejszą: uczucie piękna związanego z fizyką teoretyczną, rozbudził drzemiące jeszcze zamięłowanie do fizyki teoretycznej. Przez bardzo długi czas byłem tak pod urokiem profesora N a t a n s o n a, że usiłowałem go (nieudolnie) naśladować w swoich wykładach okolicznościowych i w stosunkach z ludźmi. I tak np. w Berlinie, jako student piątego roku, na seminarium profesora Miesessa pisałem na mokrej tablicy mokrą kredą tak, że nikt na pewno nie mógł przeczytać tego, co napisałem. Zacztywałem się w rozprawach popularnonaukowych mego profesora i naśladowałem w różnych swoich popularnych artykułkach jego barokowy piękny styl — zapewne z żalonym skutkiem. .

Nigdy jednak nie miałem żadnej ściśle naukowej dyskusji z moim profesorem. Profesor N a t a n s o n był niesłychanie uprzejmy, przesadnie grzeczny i miły, tak że owa grzeczność trzymała mnie bardziej z dala od niego, niżli dokonałoby tego grubiaństwo. Pamiętam raz np. miałem trudności ze zrozumieniem jego wykładu; sądziłem, że nie z mojej

winy, że coś nie było w tym wykładzie w porządku. Był to zresztą jedyny wypadek tego rodzaju podczas całego okresu studiów u profesora Natansona. Zdarzyło się to na 3 roku, który był całkowicie poświęcony teorii sprężystości i hydromechanice. Profesor Natanson prosił mnie, abym mu uwagi swoje napisał. Napisałem dwie czy też trzy strony cytując swoje notatki i w jaki sposób wykład jego zrozumiałem. Odniosłem owe starannie zapisane kartki na Studencką 3 do domu profesora. Kiedy zgłosiłem się do niego po wykładzie, profesor zaprosił mnie do siebie do domu. Powiedział mi, że moje uwagi są słuszne, że ma „mgliste wspomnienie“ że niedobrze tę sprawę przedstawił. Potem rozmawialiśmy o czymś zupełnie innym: o książkach, o Anglii i o Cambridge, o przyrodzie i trudnościach jej poznania; wszystko co mówił, było niesłychanie pięknie powiedziane, nadawało się wprost do druku, chociaż było bezosobowe i zimne.

Jakżeż dziwny był ten Kraków i jakaż różnica pomiędzy studiami obecnej młodzieży i naszymi! Na matematyce był profesor Zaremba, wielki matematyk, którego jedynym doktorem (o ile mi wiadomo) był docent Hoborski, podówczas nauczyciel gimnazjalny. Później dopiero doktoryzowali się Stożek, Kempisty i Wilkosz. W ciągu całego okresu moich studiów nie zdawałem żadnych egzaminów; tylko kolokwia, ale te były nieobowiązkowe; właściwie zdawali je tylko studenci, którzy reflektowali na stypendia, albo szczególnie pilni studenci, radzi nawiązania bliższych kontaktów z profesorem. Istotnie, ponieważ na fizyce teoretycznej nie było żadnych asystentów i żadnych ćwiczeń i żadnych seminariów, był to jedyny możliwy kontakt z profesorem. Na początku piątego roku mych studiów wyjechałem na krótko (bo tylko na okres półroczny) do Berlina. Przywiozłem stamtąd swą pierwszą pracę, którą zamierzałem się doktoryzować. Profesor Natanson z ogromną uprzejmością i dobrocią, którą mi zawsze okazywał, wysłuchał mnie u siebie na Studenckiej i powiedział, żeby tę pracę, o której powiedziałem mu w jednym zdaniu, wnieść poprzez Dziekanat. Nie mogłem sobie nawet wyobrazić, by pójść później do profesora Natansona i zapytać go, co sądzi o mojej pracy, czy ją przyjął, czy nie. Dowiedziałem się od woźnego, w dwa tygodnie później, że pracę tę zanosił od profesora Natansona do profesora Zakrzewskiego. Teraz już ciekaw byłem obydwóch opinii. Czas, aby się wreszcie przyznać do grzechów młodości. Obecnie oceny czytane są na głos. Student wie, czy jego praca jest przyjęta, czy nie. Nie pamiętam, jak oficjalnie i kiedy dowiedziałem się o tym w Krakowie. Pomógł mi w tym ów woźny, który dał mi potajemnie do przeczytania obydwie recenzje. Były one wyjątkowo dobre i ciepłe.

Pamiętam również mój egzamin doktorski (dwugodzinny) z fizyki. Profesor Natanson bardzo pięknie pytał. Rozpoczął od pytań ogólnych, zagłębiając się w przedmiot coraz bardziej. Pamiętam, pierwsze pytanie dotyczyło teorii drgań. Następnie przeszliśmy do ekwipartycji energii i do innych zagadnień klasycznych. Z teorii względności, której dotyczyła moja praca, nie padło ani jedno pytanie.

Profesor Natanson był oczywiście moim promotorem. Po wypowiedzeniu sakramentalnych słów „spondeo et polliceor“ podałem rękę w przepisanej kolejności: rektorowi, dziekanowi, promotorowi. Profesor

Natanson poprosił mnie, abym go odwiedził. Znowu podczas odwiedzin mówiliśmy o książkach, o perspektywach nauki, o książkach Eddingtona, które właśnie otrzymał z Anglii i o wielu innych sprawach bardzo ogólnych i dalekich od naszego życia osobistego.

W ciągu kilku następnych lat byłem nauczycielem gimnazjalnym, najpierw na prowincji, potem w Warszawie. Kontakt osobisty z profesorem Natansonem w tym okresie był z początku bardzo nikły. Nie wiedziałem, czy mój profesor pamięta swego ucznia. Dla mnie był w tym okresie niewidzialnym i nieosiągalnym ideałem, bożyszcem z Olimpu. Zacztywałem się jego artykułami, wydanymi w postaci książek. Pamiętam, jak niemal ze łzami w oczach czytałem wspomnienie o Potkańskim, o Smoluchowskim; wspomnienia pełne poczucia samotności i tęsknoty za śmiercią. Mój profesor nigdy nie wiedział i nigdy się nie dowiedział o uwielbieniu, jakie dla niego czułem.

W tym okresie, podczas mego pobytu w Warszawie, ukazały się moje pierwsze prace. Z początku dydaktyczne, potem naukowe. Posłałem je wszystkie memu profesorowi. Natychmiast otrzymałem odpowiedź. Profesor Natanson odpisywał na wszystkie listy w tym samym dniu, w którym je otrzymał. Niestety tej cnoty nie nauczyłem się od mego mistrza. Listy te pisane pięknym pismem, wyraźnym i dużym, były stylistycznie tak doskonałe, że każde słowo nadawało się do druku. Jakżeż żałuję, że spośród tych wielu listów, które otrzymałem, nie mam dzisiaj ani jednego.

Listy te na ogół zawierały kilka zdań przychylnych o mojej ostatniej pracy oraz słowa zachęty; dołączone były zawsze odbitki jego własnych prac naukowych i popularnych. O ile zaczytywałem się w popularnych pracach profesora Natansona, o tyle znałem dobrze tylko niewiele jego prac naukowych. I tak np. studiowałem jego świetną monografię (około 80 stron) o promieniowaniu, w Pracach Matematyczno-Fizycznych, w tomie poświęconym pamięci Augusta Witkowskiego. Poza tym posiadałem i posiadam dotychczas jego już podówczas bardzo przestarzały, ale pięknie napisany „Wstęp do fizyki teoretycznej“.

Podczas tego okresu 8-letniej mej belferki widziałem się z moim profesorem (o ile sobie przypominam) tylko dwa razy i to już tylko w ostatnich 2 latach, gdy wróciłem po długiej przerwie do pracy naukowej. W szkole, w której uczyłem, uczniowie moi i uczennice posługiwali się podręcznikiem szkolnym profesora Natansona i Zakrzewskiego. Podręcznik ten wydawał mi się podówczas niezwykle pięknym. Pisany stylem barokowym, był książką teoretyka, ujmującego głęboko — zbyt głęboko chyba — jak na niedojrzałe umysły uczniów — zasady fizyki. Nie wiem, dlaczego, ale podręcznik ten był rzadko używany w szkołach średnich. Należałoby się przyjrzeć mu uważnie dzisiaj i zobaczyć, w jakim stopniu udałoby się ocalić go jeszcze. Pamiętam żywo wstępne uwagi dotyczące pojęcia pracy. Zawierały one literackie ujęcie analizujące to pojęcie i jego rolę w naszym życiu. Z jaką przyjemnością odczytywałem te wzniosłe słowa mego mistrza na głos, niepomny, że młodzież lekko traktowała niektóre zbyt liryczne zwroty. Opowiedziałem memu profesorowi w jednej z dwóch rozmów w tym okresie, że uczniowie moi posługują się jego książką. Żalił się, że książka zabrała mu tyle czasu, że wspólnie z rektorem oderwała go od pracy naukowej, że

były to ciężkie lata jego życia. Gdy dzisiaj wspominam nasze rozmowy, podziwiam artyzm profesora, który potrafił nadać im cechy osobiste, ale cechy czysto zewnętrzne. Nigdy nie padło z jego ust żadne osobiste pytanie. Nasze rozmowy toczyły się wokół problemów naukowych, nigdy zaś nie dotyczyły samych problemów naukowych.

W miarę jak rozwijała się moja własna praca naukowa, wpływ osobisty mego profesora malał coraz bardziej. Oddalałem się od niego i adoracja dość nagle zmieniła się w niechęć. Dzisiaj mówię o tym szczerze, bo wiem, że byłem niesprawiedliwy. Miałem prawdopodobnie za złe memu profesorowi, że nie dał mi tego, czego mi przy najlepszych chęciach dać nie mógł, że nie nauczył mnie techniki pracy naukowej i nie dał mi warunków do tej pracy. Niepomny byłem tego, że podówczas w Europie istniały prawdopodobnie tylko trzy ośrodki szkolenia: *Sommerfelda*, *Bohra* i *Borna*; że poznałem go w tym okresie jego życia, w którym ludzie z trudnością się zmieniają. Jego kariera naukowa rozwijała się w czasach cesarza Franciszka Józefa I. W tym okresie były tylko dwa uniwersytety z językiem wykładowym polskim: w Krakowie i we Lwowie. Kraków patrzył z góry na Uniwersytet Lwowski. Raz profesor *Natanson* powiedział mi: „jeżeli coś wiedzą na świecie o nauce polskiej, to wiedzą tylko o Krakowie“. A więc właściwie był jeden uniwersytet, który naprawdę coś znaczył. Na tym uniwersytecie istniała tylko jedna katedra fizyki teoretycznej. Starać się o uczniów, kształcić ich, uchodziło w dawnym Krakowie za coś wulgarnego, co pachniało freblówką. Trzeba było sobie wybrać jednego ucznia w ciągu całego życia, dać mu docenturę i niechaj czeka w spokoju na emeryturę swego profesora lub na jego śmierć. Aby nie czekał zbyt niecierpliwie, powinien to być raczej człowiek niezależny majątkowo, politycznie pewny, to znaczy z konserwy krakowskiej i z dobrej rodziny. Gdy jeden się taki znajdzie, to wówczas obowiązuje zasada Pauliego. Stan jest zajęty i już inny nie może stanu tego zająć. Należało raczej innych kandydatów do pracy naukowej odstraszyć i zniechęcić.

Może w tym, co tutaj powiedziałem, jest nieco przesady. Niewiele jednak. Gdy powstała Polska, nie dziwnego, że nie było dostatecznie wielu profesorów dla obsady licznych katedr. Katedra fizyki teoretycznej we Lwowie była przez długi czas nie obsadzona. Obsada katedry fizyki teoretycznej w Poznaniu była głośnym skandalem. W tych warunkach, widzę to obecnie wyraźnie, zmiana — czysto wewnętrzna — mojego stosunku do profesora *Natansona* była niesprawiedliwą, gdyż nie brałem pod uwagę tych warunków, w których żył i rozwijał się jego talent naukowy i talent pisarski.

Po ośmioletniej pracy w szkole średniej objąłem, dzięki staraniom profesora *Lorii*, asystenturę we Lwowie i habilitowałem się później na tymże uniwersytecie. Profesor *Natanson* pomógł mi w tej habilitacji przychylną krytyką moich prac. Gdy przesłałem mu moją pierwszą książkę popularnonaukową *Nowe drogi nauki*, otrzymałem natychmiast piękny list, z którego wynikało, że już zdążył książkę przeczytać. Wyrażał się o niej bardzo pochlebnie. Pamiętam z listu tego część jednego zdania, które nadaje się szczególnie dobrze do charakterystyki fizyki współczesnej: „teorie wędną i giną szybciej niż kwiaty“. Kiedy później z Cambridge posłałem memu profesorowi naszą pierwszą wspólną pracę

z B o r n e m, która zawierała nową stałą, którą nazwaliśmy *b*, otrzymałem list, z którego znowu pamiętam jedno zdanie: „zapadła mi głęboko w duszę Pana *b*“.

Z Cambridge wróciłem do Krakowa na Zjazd. Cieszyłem się, że zobaczę profesora N a t a n s o n a, że będzie na moim ogólnym wykładzie o pracy wspólnej z B o r n e m. Niestety profesor N a t a s o n był chory. Odwiedziłem go w domu. Rozmawialiśmy o Cambridge. Martwił się, że dzikie wino obcięto ze słynnej bramy Trinity College. Był zawsze pełen wdzięku, uroku; rozmowa nasza była jak zawsze nieosobowa. Widziałem go podówczas po raz ostatni.

Dzisiaj dopiero oceniam lepiej skomplikowany charakter mego profesora. Widzę w nim człowieka niezdolnego do intryg, rycerskiego i szlachetnego. Człowieka wychowanego w dobrobycie, który obawia się kontaktu z życiem i jego brutalnością i bezwzględnością. Człowieka samotnego, tak w nauce jak i w życiu, dla którego bezosobowość w stosunku z ludźmi była pancerzem ochronnym; takim pancerzem była jego niesłychana grzeczność, posunięta do upokarzającej przesady. Naukowo był blisko, bardzo blisko wielkich odkryć, np. sformułowania statystyki Bosego. Z powodu izolacji naukowej braku osobistych kontaktów nie rozwinął w pełni swych zdolności naukowych; rozwinął natomiast w pełni swe zdolności pisarskie. Nie miał uczniów, ale miał duży wpływ na kulturę narodową. W pierwszych latach naszego wieku był jedynym fizykiem teoretycznym w Polsce. Historia fizyki teoretycznej w Polsce zaczyna się od profesora N a t a n s o n a. Jest on jej chlubnym początkiem. Obecnie, w 20 lat po jego śmierci, mamy już młodych fizyków, którzy dzieło zaczęte przez profesora N a t a n s o n a poprowadzą dalej. Nie ma obawy dzisiaj, że fizyka teoretyczna w Polsce zamrze. Włączyć się musi ona silniej niż dotychczas w nurt światowy, unikać izolacji lat przeszłych i błędów dogmatyzmu. Z życia i działalności profesora N a t a n s o n a młodzi naukowcy mogą nauczyć się wiele; przede wszystkim humanistycznego podejścia do nauki, pięknego wyrażania myśli; szacunku dla pracy naukowej; skromności i zrozumienia, że w nauce staramy się nieudolnie znaleźć odzwierciedlenie piękna przyrody; że nauka jest pomocą i pożytkiem dla ludzi.

Leopold Infeld

GENEALOGIA SPUTNIKA

W sierpniu 1945 roku świat dowiedział się poprzez zniszczenie Hiroszimy o odkryciu, które podekscytowani publicyści amerykańscy porównywali z odkryciem ognia. Jedna bomba atomowa zniszczyła całe miasto. Około 200 000 ludzi poniosło śmierć.

Czwartego września br. świat dowiedział się, że wokół ziemi krąży dwie planety. Księżyc tak stary, jak stara jest ziemia, i Sputnik, twór uczonych i techników radzieckich, tak młody, jak odległą jest chwila obecna od 4 września. Księżyc będzie żył tak długo, jak długo będzie życie na ziemi. Życie Sputnika będzie krótkotrwałe. Ale po nim przyjdą inne księżyce, inne rakiety, inne wyprawy na inne planety. Zaczęła się nowa era.

Wiemy jednak, że nowe pomysły naukowe, nowe wynalazki techniczne nie wyskakują nagle jak Atena z głowy Jowisza, że mają one swoją długą historię powolnego rozwoju, że to, co my uważamy za odkrycie, jest ostatecznym, często decydującym krokiem długiej i trudnej wędrówki.

Jak wobec tego przedstawia się genealogia owych dwóch najważniejszych wyczynów technicznych naszego stulecia? Bomby atomowej, która doprowadzi, mamy nadzieję, nie do setki razy powiększonej Hiroszimy, ale do zużytkowania energii jądrowej na naszej ziemi i wypuszczenia pierwszego satelity na naszej planecie, czego konsekwencją niewątpliwie będą podróże międzyplanetarne w przyszłości.

Historia bomby atomowej zaczyna się w roku 1905, w którym Einstein wygłosił swoje słynne prawo wyrażające związek pomiędzy masą a energią. Oczywiście można byłoby cofnąć się wstecz, ale na ogół zadawałamy się tą genealogią: rozwojem 40 lat, w których to latach poznajemy coraz lepiej wnętrze atomu, w których to latach zamieniamy w drobnej bodaj części masę na energię ruchu i ciepła, aż do wybuchu bomby atomowej. W niej tak wielka część masy uranu przechodzi na energię promieniowania i ciepła, że całe miasto staje się w ciągu kilku chwil cmentarzyskiem. Droga tych 40 lat odbywa się pod przewodnictwem wielu bardzo uczonych, że wymienię bodaj obok Einsteina nazwiska Rutherforda, Bohra, Fermiego.

Jakżeż odmienną jest genealogia Sputnika.

Historia jego zaczyna się chyba od Kopernika, a już na pewno nie można jej przesunąć bliżej naszych czasów aniżeli do roku 1687, roku, w którym ukazują się *Principia* Newtona. Zaczniemy i my od Newtona, to znaczy od owego okresu, w którym już wiadomo było,

że ziemia krąży dookoła słońca, a księżyc dookoła ziemi, to znaczy do owego okresu, w którym prawdy kopernikowskie potępione przez Kościół znalazły jednak drogę do umysłów ludzi myślących.

Newton na naszej ziemi pierwszy zrozumiał, że przyciąganiem kamienia, ruchem księżyca, planet, słońca, gwiazd, mgławic rządzi jedno wspólne prawo: prawo powszechnego ciążenia. Newton pierwszy zrozumiał, że księżyc krąży dookoła ziemi dlatego, bo ziemia przyciąga ów księżyc; że kamień spada na ziemię, bo ziemia go przyciąga. To znaczy, że Newton zrozumiał, że ta sama siła może powodować rzeczy tak różne jak ruchy księżyca i kamienia. Na czym więc polega różnica pomiędzy ruchem księżyca i kamienia? Nie na sile działającej. A więc na czym? Odpowiedź jest prosta: na prędkości początkowej.

Każdy uczeń w szkole średniej pamięta na pewno zadanie następujące: z jaką prędkością należy wystrzelić poziomo pocisk z armaty, aby on krążył po kole dookoła ziemi. Bardzo prosty rachunek, dla którego wystarczy znajomość tylko najbardziej podstawowych newtonowskich zasad praw ruchu i prawa powszechnego ciążenia newtonowskiego, daje wynik, który zapisać możemy:

prędkość $\times$ prędkość = przyspieszenie ziemskie $\times$ promień ziemi.

Ponieważ zarówno przyspieszenie ziemskie jak i promień ziemi były znane w czasach newtonowskich, odpowiedź na to pytanie mogła już być dana w XVII wieku. Prędkość ta wynosi 8000 metrów na sekundę. Z taką prędkością wystrzelona poziomo kula już nie wróci na ziemię. Z taką prędkością wyrzucona kula stanie się sztucznym satelitą ziemi. Obliczyć można również na podstawie znajomości zasad newtonowskich ruchu i praw powszechnego ciążenia, z jaką prędkością należy wyrzucić ciało, aby nie tylko na ziemię nie wróciło, ale na zawsze zniknęło nam z oczu, to znaczy aby krążyło nie po drodze zamkniętej (jak koło lub elipsa), ale mogło odbyć swą podróż w nieskończoność. I tutaj matematyczna formuła jest niemal tak prosta jak ta podana poprzednio. Odpowiedź brzmi: ciało wyrzucone z prędkością co najmniej 11 000 metrów na sekundę nie tylko na ziemię już nie wróci, ale będzie się od niej oddalało w nieskończoność — dopóki nie wpadnie w pole przyciągania księżyca lub słońca, lub też innych planet.

W zasadzie więc wiedziano już 270 lat temu, że podróże międzyplanetarne są możliwe; że łatwiejsze jest stworzenie sztucznego księżyca od podróży międzyplanetarnej; że łatwiejsze od stworzenia sztucznego księżyca jest wyrzucenie ciała tak, aby ono spadło na ziemię. A jednak trzeba było 270 lat, aby ten pierwszy krok zrobić, aby wykazać, że można ciało odedrzeć od ziemi! Trzeba było 270 lat rozwoju technicznego, aby tego czynu dokonać.

Jak wielką była tęsknota ludzkości do oderwania się od ziemi, o tym świadczy literatura. Nie mówię już o powodzi książek o podróżach międzyplanetarnych, ale o książkach Vernégo, Wellsa, Żuławskiego o wyprawie na księżyc. Albo te wiecznie trwające dyskusje, czy życie istnieje na Marsie? Czy ziemia nasza jest jedyną planetą, na której życie rozkwita i ginie?

Na pewno już następne pokolenie znajdzie odpowiedź na te pytania. Ale czy to są pytania istotne. Czy odpowiedź na nie posunie naprzód znajomość fundamentalnych praw rządzących światem? Wąt-

pię. O księżycu wiemy wiele i podróż mało nam odsłoni rzeczy nowych. Chyba, że będziemy mogli eksploatować np. złoża złota, które się tam znajdują i spowodować kryzys ekonomiczny na ziemi. Jeżeli chodzi o Marsa, to albo tam jest życie, które zapłatać nas może w przykrą awanturę kolonizacyjną, albo nie ma tam cywilizacji i w tym wypadku nie mamy tam czego szukać, gdyż podróż na Marsa będzie w najlepszym wypadku bardzo długa i kosztowna. Wydaje się bardzo wątpliwym, abyśmy kiedykolwiek w przyszłości mogli wyjść poza obręb naszego układu planetarnego. Najbliższa gwiazda naszego układu odległa jest o 4 lata świetlne od nas. To znaczy, gdybyśmy podróżowali z tą prędkością, z jaką pędzi światło, to znaczy z największą możliwą prędkością, to i tak taka podróż trwałaby lat 4. A z prędkością Sputnika? Taka podróż trwałaby lat 40 000! Tak więc zamknięci jesteśmy już na wieki w obręb naszego układu planetarnego, ale wydobyliśmy się już z ziemi, albo jesteśmy raczej na drodze przezwyciężenia siły grawitacyjnej ziemi.

Owe podróże międzyplanetarne, owe podróże na księżyc wydają się niesłychanie interesujące dla poszukiwaczy przygód. Dla fizyków Sputnik ma olbrzymie znaczenie, ale nie z tego powodu, że umożliwi nam podróże na księżyc i inne planety. Znaczenie jego polega na tym, że daje on nam nadzieję odpowiedzi na nowe fundamentalne pytania, dotyczące na przykład promieni kosmicznych w obszarach, do których dotychczas nie dotarliśmy. Mamy nadzieję, że informacje tę rzuca nowe światło na zasadniczy problem cząstek elementarnych; poza tym wiadomość o tym, co się dzieje w przestrzeniach międzyplanetarnych, jakie są tam pola magnetyczne, jak gęsta, a raczej jak rzadka jest atmosfera, jaką jest gęstość spotykanych meteorytów.

Ruch Sputnika jest oczywistym dla każdego, kto zna teorię newtonowską. Ale wiemy, że teoria względności ogólna wraca do problemu grawitacji i opisuje pole grawitacyjne w sposób nowy, odmienny od newtonowskiego. Wiemy również, że rezultaty teorii względności są na ogół zgodne z rezultatem teorii newtonowskiej. Ale są i rozbieżności. W wypadku ruchu po elipsie (np.) teoria względności ogólna przewiduje tzw. ruch perihelionowy, to znaczy, że owa elipsa wynikająca z ruchu newtonowskiego powinna się, według teorii względności, bardzo powoli obracać w kierunku ruchu. Ów efekt okazał się zgodny z przewidywaniami teorii względności w wypadku Merkurego, planety najbliższej słońca. Otóż według teorii względności ogólnej nawet gdyby ziemia była doskonałą kulą, to ruch księżycy po elipsie wokoło niej wykazałby obrót owej elipsy zgodnie z ogólną teorią względności. Czy doświadczenie wykonane ręką ludzką potwierdzi ten wniosek ogólnej teorii względności? Oto jedno z pytań dotyczących fundamentów naszej nauki o świecie. Tak jak w przeszłości, tak i dzisiaj fundamentalne pytania, na które dadzą odpowiedź sztuczne księżyce, stworzą w przyszłości nowe narzędzia techniki — bogatsze aniżeli fantazja ludzka.

Olgierd Wołczek

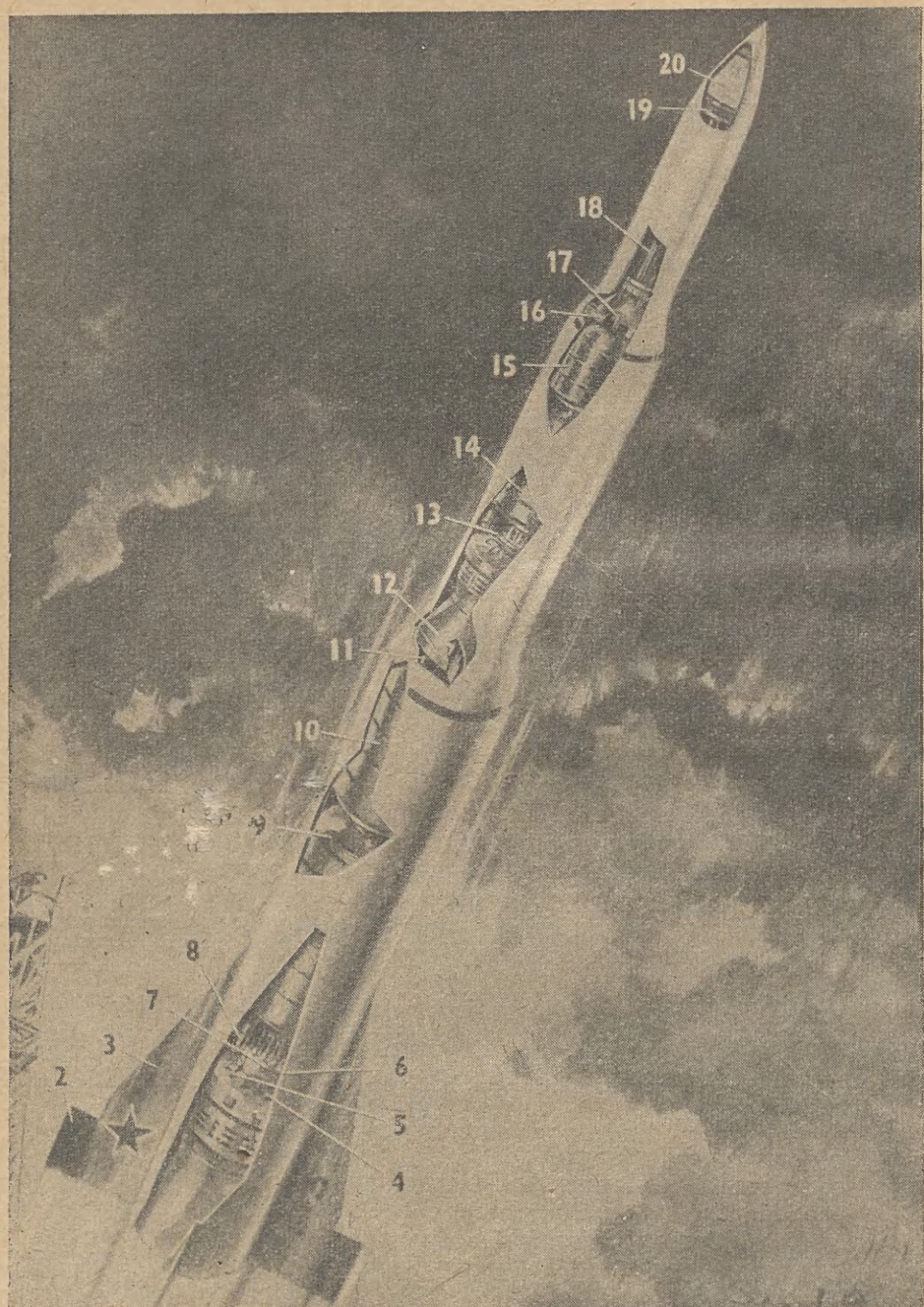
SZTUCZNE SATELITY ZIEMI

Ponad 80 projektów sztucznego satelity Ziemi i ponad 500 różnych odmian tych projektów opublikowano dotychczas na całym świecie. Dopiero jednak w ostatnim mniej więcej dziesięcioleciu zagadnieniem sztucznych księżyców Ziemi zajęto się „urzędowo” w USA i ZSRR. W toku kilkuletnich prac wstępnych naukowcy obu tych państw uzyskali pewność, że stworzenie nowych satelitów naszej planety jest rzeczą całkowicie osiągalną. Miało to donieść wpływ na dalszy przebieg wypadków. Już latem i jesienią 1954 roku trzy światowe organizacje naukowe: Międzynarodowa Unia Geodezyjna i Geograficzna oraz Komitet Specjalny dla spraw Międzynarodowego roku Geofizycznego, wyłoniony przez CSAGI, czyli przez Międzynarodową Radę Unii Naukowych, po raz pierwszy w historii człowieka w specjalnych rezolucjach uznały potrzebę wyrzucenia sztucznych satelitów. Uchwała CSAGI brzmiała: *Ze względu na wielką doniosłość długookresowych obserwacji promieniowań pozaziemskich i zjawisk geofizycznych w górnych warstwach atmosfery, a także biorąc pod uwagę współczesne postępy techniki rakietowej, CSAGI zaleca opracowanie wyrzucenia w przestrzeń małych satelitów, wyposażenia ich w przyrządy naukowe oraz rozwiązanie nowych problemów, które wyłaniają się w związku z doświadczeniami z satelitami, takich jak zasilanie w energię, telemetria czy umieszczenie satelity na orbicie.*

Na apel CSAGI odpowiedziały dwa wielkie państwa: Stany Zjednoczone i Związek Radziecki. W ZSRR budową sztucznych satelitów zajął się specjalny komitet Akademii Nauk. W Stanach Zjednoczonych zagadnienie to podjął Narodowy Komitet dla Spraw Międzynarodowego Roku Geofizycznego.

I oto po upływie zaledwie trzech lat, dosłownie w przeddzień VIII Międzynarodowego Kongresu Astronautycznego, który odbył się w Barcelonie w dniach od 6 do 12 października 1957 r., nastąpiła historyczna chwila, którą dzienniki Hiszpanii i Ameryki Łacińskiej porównały do chwili odkrycia Nowego Świata przez Krzysztofa Kolumba. W dniu 4.X.1957 nastąpił w Związku Radzieckim start pierwszej rakiety trójstopniowej, unoszącej w swym ostatnim członie sztucznego satelitę Ziemi.

Można ocenić, że masa początkowa tego statku wynosiła ponad 80 ton, a silnik rozwijał moc rzędu kilku milionów koni mechanicznych. Rakieta satelitarna wystartowała pionowo, lecz później kierunek lotu zaczął się stopniowo zmieniać. Po zużyciu paliwa odpadł pierwszy stopień stat-



Rys. 1. Schemat ideowy radzieckiej rakiety nośnej „sputnika“ nr 1

1. stopień — 1 wieża startowa, 2 — ster, 3 — statecznik, 4 — doprowadzenie paliwa, 5 — doprowadzenie utleniacza, 6 — pompy, 7 — turbina, 8 — silnik pierwszego stopnia, 9 — zbiornik utleniacza, 10 — zbiornik paliwa, 11 — układ sterujący
2. stopień — 12 — stery, 13 — silnik drugiego stopnia, 14 — zbiornik utleniacza, 15 — zbiornik paliwa, 16 — układ sterujący
3. stopień — 17 — stery, 18 — paliwo stałe, 19 — układ sterujący, 20 — głowica z satelitą

ku, a zaczął działać silnik drugiego stopnia. Skoro i w tym członie zużyty został materiał napędowy, człon ten odpadł i nastąpiło uruchomienie silnika trzeciego stopnia. Na odpowiedniej wysokości nad Ziemią oddzielił się automatycznie stożek ochronny, osłaniający satelitę w dolnych, gęstszych warstwach atmosfery, a sam sztuczny księżyc został wyrzucony z trzeciego członu. Wszystkie trzy wymienione elementy uzyskały jednak tak dużą prędkość, że nie mogły już od razu spaść na Ziemię. W rzeczywistości stały się one jej sztucznymi satelitami. Tak więc nasza planeta, dosłownie „za jednym zamachem“ uzyskała nie jeden, lecz trzy dodatkowe księżyce, wykonane ręką ludzką.

Oczywiście do swej niecodziennej roli najlepiej był przygotowany właściwy sztuczny satelita, tak ze względu na swą prędkość, ściśle określoną i wynoszącą około 8 km/sek., i swą orbitę, po jakiej zaczął on krążyć, jak i przyrządy, które on zawierał. Wspomniana orbita miała kształt elipsy. Jej punkt przyziemny położony był początkowo w odległości około 220 km od powierzchni naszego globu, a punkt odziemny — około 930 km nad Ziemią. Okres obiegu dookoła naszej planety wynosił pierwotnie 96,2 minuty.

Wkrótce też w prasie ukazały się pierwsze zdjęcia „małego księżyc“, wykonane jeszcze przed jego wypuszczeniem w niebieską wędrowkę. Okazało się, że jest to kula, wykonana ze stopu aluminium, polerowana z zewnątrz i poddana specjalnej obróbce. Średnica jej wynosiła 58 cm, a masa wraz z wyposażeniem aż 83,6 kg, a więc znacznie więcej niż wyniosą masy satelitów amerykańskich, które zostaną wypuszczone w ramach obecnego Roku Geofizycznego. Do kuli „sputnika“, jak nazwano sztuczny księżyc w języku rosyjskim, przymocowane zostały stycznie 4 anteny radiostacji, o długości od 2,4 do 2,9 m. Anteny te, złożone do transportu, po „wyzwoleniu“ satelity wysoko nad Ziemią uległy automatycznie wyprostowaniu. Sama kula satelity została wykonana pod postacią hermetycznej powłoki. Wnętrze jej przed startem wypełniono azotem — gazem taniem i nieczynnym pod względem chemicznym.

Azot ten odgrywał prawdopodobnie z jednej strony rolę pewnego rodzaju atmosfery ochronnej dla przyrządów, zawartych w „sputniku“, a z drugiej — stanowił rodzaj wskaźnika uszkodzeń powłoki sztucznego księżyc przez meteoryty. Na skutek takich uszkodzeń gaz musi bowiem uciekać na zewnątrz, w przestrzeń kosmiczną, co powoduje oczywiście spadek ciśnienia we wnętrzu „sputnika“. Taki spadek ciśnienia łatwo może mierzyć odpowiedni przyrząd.

Zgodnie z wypowiedziami uczonych radzieckich w pierwszym satelicie znajdowały się także przyrządy mierzące temperaturę, gęstość i ciśnienie środowiska zewnętrznego, ładunek elektryczny, gromadzący się na powierzchni sztucznego księżyc, skład i energię promieniowania słonecznego i kosmicznego oraz natężenie pola magnetycznego Ziemi.

Wszystkie dane, zarejestrowane przez aparaturę sztucznego księżyc, były przekazywane przez dwa nadajniki radiowe, każdy o mocy 1 wata. Jeden z nich pracował na fali o długości około 15 metrów (20,005 megacykli), a drugi — na fali około 7,5 m (40,002 megacykli). Te „pospolite“ długości fali zostały obrane w tym celu, aby sygnały satelity radzieckiego mogli odbierać również radioamatorzy.

Sygnały z obu radiostacji „sputnika“ nadawane były na ziemię. Przypominały one zupełnie sygnały radiowe, nadawane kluczem Morse'a. Do ich odczytania potrzebna była jednak znajomość specjalnego klucza, znanego na razie tylko uczonym radzieckim.

Pierwsze sygnały radiowe satelity odebrane zostały przez Biuro Nasłuchu Polskiego Radia dopiero 5 października o godzinie 9.55. Tymczasem w Londynie zdołano je zarejestrować już o godzinie 00.05, po czym BBC nadało je rano jako „dodatek“ do wiadomości. W Barcelonie, gdzie odbyć się miał właśnie Kongres Astronautyczny, sygnały „sputnika“ zostały w nocy rozgłoszone przez sieć megafonów na wspaniałym Placu Cataluna. Po upływie trzech tygodni od chwili startu, w dniu 26.X.1957 wyczerpały się jednak baterie, zasilające radiostacją satelity i „mały księżyc“, jak go nazwano na Zachodzie, zamilkł.

Od pierwszej chwili wypuszczenia „sputnik“ był obserwowany w ZSRR przez całą sieć stacji, wyposażonych w odpowiednie przyrządy optyczne lub odbiorniki krótkofalowe. Do 66 radzieckich stacji optycznych i 26 klubów krótkofalowych dołączyli się liczni amatorzy a także około 30 zagranicznych obserwatoriów astronomicznych oraz ośrodki naukowe i indywidualni „ciekawscy“ na całym świecie. Obserwacje były o tyle ułatwione, że satelita poruszał się po orbicie, nachylonej do równika pod dużym kątem, wynoszącym aż 65 stopni. Dlatego też ów sztuczny obiekt niebieski można było obserwować dosłownie na całym świecie, z wyjątkiem obszarów Arktyki i Antarktydy. Poza tym radio moskiewskie z góry podawało „rozkład jazdy“ satelity, tak iż można się było zawsze dobrze przygotować do obserwacji. Rzecz ciekawa, że ze względu na to, iż zarówno „sputnik“ jak i trzeci człon jego rakiety nośnej zbliżały się periodycznie do Ziemi na odległość bliską 200 km, przy sprzyjających warunkach atmosferycznych można je było zauważyć nawet gołym okiem.

Jest rzeczą ciekawą, że satelita, wbrew ostrożnym ocenom, tak długo utrzymywał się na swej orbicie. Świadczy to, jak się wydaje, o znacznie mniejszej gęstości atmosfery na dużych wysokościach nad Ziemią, niż dotychczas sądzono. Dlatego też okres „życia“ pierwszego „sputnika“ wyniesie prawdopodobnie około trzech miesięcy i ciało to powinno zakończyć swój żywot z końcem 1957 lub na początku 1958 roku. Przyczyną zaniszczenia satelity stanie się opór naszej atmosfery. Opór ten powoduje bowiem, że po każdym obiegu Ziemi okres obiegu sztucznego księżyca skracą się.

W wypadku pierwszego „sputnika“ skrócenie okresu obiegu wynosiło 0,3 sekundy na dobę, a odpowiednia utrata wysokości — średnio 1 km. Orbita satelity uległa więc stopniowemu zacieśnieniu, zbliżając się nieuchronnie do powierzchni naszej planety.

Zdaniem znanego astronoma amerykańskiego dra A. Hynka, wicedyrektora obserwatorium w Cambridge (USA), zmiany orbity „sputnika“ nie można wytłumaczyć jedynie oporem atmosfery, a dotychczasowe obliczenia wykazały, że istnieje jeszcze prawdopodobnie jakaś nieznaną siłą, wpływającą na zmianę toru tego sztucznego ciała niebieskiego. W każdym jednak wypadku ostatecznie satelita na skutek posiadania ogromnej prędkości rozpał się na skutek tarcia o powietrze i ulegnie rozpadowi, a jego szczątki prawdopodobnie wyparują.

Pierwszy satelita Ziemi uzyskał swoisty rekord długości lotu. Już do godziny 16.00 dnia 11 października przebył on 4 400 000 km, dokonując 100 okrążeń Ziemi. Do godziny 6.00 dnia 29 października przebyta odległość wzrosła do 15 841 000 km, co odpowiada ponad 364 okrążeniom naszej planety. Do tej samej godziny 3-ci człon rakiety nośnej, poruszający się niżej i odpowiednio szybciej niż sam „sputnik“, przegonił sztuczny księżyc o 1 okrążenie Ziemi i jeszcze 5650 km.

Reakcja opinii światowej na wypuszczenie 1 sztucznego księżyca Ziemi była nadspodziewanie żywiołowa. Ludzie dojrzewają już do epoki prawdziwych lotów kosmicznych. Zainteresowanie satelitą i entuzjazm



Rys. 2. Uczni radzieccy, którzy współdziałali przy budowie satelitów: od lewej dr Połoskow, prof. Błagonrawow, dr Kasatkin

z powodu udanego doświadczenia były jednakowe na całym świecie — we wszystkich państwach, bez względu na przekonania polityczne. Na Zachodzie, zwłaszcza zaś w USA, świetne interesy porobili sprzedawcy i fabrykanci lunet i lornetek. Pomysłowy kupiec z Agnosine we Włoszech upłynnił remanent ... starych płaszczy, chroniących rzekomo przed promieniowaniem (!?) satelitów — jak widać, naiwność ludzi nie zmniejszyła się nawet w naszym wieku „atomowym“. W Nowym Yorku inżynierowie znanego przedsiębiorstwa amerykańskiego RCA wykorzystali satelitę radzieckiego do celów... reklamowych. Sygnały wysyłane przez „sputnika“ i odbierane w laboratorium firmy RCA przekazywano, po wzmocnieniu, kablem do wielkiej reklamy whisky, o rozmiarach 25×12 m, umieszczonej na rogu 12 Alei i 57 Ulicy. Sygnały „małego księżyca“ w odpowiedni sposób zapalały i gasiły pomyslową reklamę.

Są też pierwsze ofiary „sputnika“ i prawo będzie musiało zostać dostosowane do nowych wymagań nadchodzącej ery podróży kosmicznych. W Australii np. pewien pułkownik z Salzburga dostał rozstroju nerwowego, gdyż mieszkańcy tego pięknego miasta omyłkowo telefonowali do niego w sprawach sztucznego satelity.

W Stanach Zjednoczonych znaleźli się nawet kawalarze: radioamatorzy-chuligani, którzy zaczęli nadawać sygnały na tej samej długości fali jak „sputnik“. Na szczęście niefrasobliwi dowcipnisie szybko zostali wykryci przez władze i ze względu na wyjątkowe znaczenie satelity pociągający nawet do odpowiedzialności karnej.

Prawie dokładnie w miesiąc od chwili wyrzucenia pierwszego księżycą, bo dnia 3.XI.1957 roku, również z terenu Związku Radzieckiego wystartował drugi sztuczny satelita Ziemi. Był to 3-ci człon rakiety wielostopniowej. Jego masa okazała się znaczna, wynosiła bowiem 508,3 kg. Można ocenić, że przy zastosowaniu zwykłych paliw dla wyniesienia każdego kilograma masy satelity na jego orbitę potrzeba około 100 kg masy startowej, z czego oczywiście większość stanowi paliwo. W tym więc wypadku masa rakiety wielostopniowej, służącej do transportu „sputnika“ nr 2, powinna była wynosić mniej więcej 500 ton.

Jednakże, jak podali uczeni radzieccy, w rakiecie tej zastosowano nowy rodzaj paliwa, dostarczającego większą ilość energii, niż znane dotychczas materiały napędowe. Można domyślać się, że nowym paliwem były jakieś specjalne środki, może nawet tak zwane borany, czyli połączenia boru z wodorem.

Pomimo to najlepsze nawet paliwa chemiczne nie pozwalają na wydatne zredukowanie masy rakiety wielostopniowej, która w najkorzystniejszym wypadku wynosić musiała ok. 200 ton.

Satelita nr 2 został wyrzucony na swą orbitę z szybkością bliską 8 km/sek. Orbita ta miała znów kształt elipsy, przy czym jej punkt najbardziej oddalony od Ziemi znajdował się na wysokości aż mniej więcej 1700 km nad powierzchnią naszej planety, a najbliższy punkt — około 450 km nad naszym globem. Średnia odległość drugiego „sputnika“ od Ziemi wynosiła 852 km, a więc o około 250 km wyżej niż dla pierwszego satelity. Nachylenie płaszczyzny orbity do płaszczyzny równika było bliskie 65 stopni, podobnie jak dla pierwszego „sputnika“. Umożliwiło to znów obserwowanie tego nowego ciała niebieskiego na obszarze prawie całej Ziemi, z wyjątkiem terenów Arktyki i Antarktydy.

Okres obiegu sztucznego księżycą nr 2 wynosił początkowo około 102 minut. Był on dłuższy niż dla pierwszego „sputnika“, rzecz oczywista, na skutek większej odległości od naszej planety. Pomimo większego oddalenia satelita nr 2 okazał się równie dobrze widoczny z powierzchni naszego globu jak jego poprzednik, ponieważ odpowiednio większe były jego rozmiary. Na skutek krążenia na większej wysokości drugi „sputnik“ mógł być obserwowany w czasie przelotu w ciągu 10—12 min. podczas gdy jego poprzednik był widoczny tylko przez 5—6 min.

Do godziny 4.00 rano dnia 11 listopada 1957 roku nowy sztuczny księżyc okrążył Ziemię 124 razy, przebiegając trasę z górą 2 700 000 km. Do tego czasu satelita nr 1 dokonał już 567 obiegów Ziemi, a trzeci człon jego rakiety transportowej aż 579 okrążeń. Oceniono, że również i drugi „sputnik“ stopniowo zbliża się do powierzchni naszej planety tracąc średnio 1 km wysokości na dobę.

Drugi sztuczny księżyc ze względu na znaczne rozmiary został wyposażony w szereg specjalnych urządzeń. Były to więc przyrządy do badania promieniowania słonecznego i kosmicznego oraz przyrządy, mierzące temperaturę i ciśnienie, a także dwa nadajniki radiowe, wysyłające sygna-

ły znów o częstotliwości 20,055 megacykli i 40,002 megacykli. Główną część aparatury do rejestracji promieniowania naszej gwiazdy dziennej tworzyły trzy tzw. fotopowielacze. Urządzenia te przekształcały padające na nie promieniowanie — w sygnały elektryczne. Fotopowielacze zostały wyposażone w specjalne filtry umożliwiające badanie rozmaitych zakresów widma słonecznego, w tym wypadku — dalszego nadfioletu i części rentgenowskiej. W zależności od natężenia poszczególnych promieniowań Słońca zmienia się charakter sygnałów elektrycznych z fotopowielaczy, które przekazywane były następnie drogą radiową na Ziemię.

Aparatura do badania promieniowania kosmicznego zawierała specjalny układ liczników, przeznaczonych do rejestrowania cząstek kosmicznych. Wyładowania w licznikach pochodzące od tych cząstek, były źródłem impulsów, liczonych następnie przez odpowiednie aparatury elektronowe. Po każdorazowym zarejestrowaniu określonej ilości wymienionych cząstek aparatury te wysyłały na Ziemię za pośrednictwem nadajnika radiowego odpowiedni sygnał.

Ogromne znaczenie naukowe i praktyczne miało umieszczenie we wnętrzu „sputnika“ nr 2 specjalnego zasobnika z żywym zwierzęciem — psem „Łajką“. Zasobnik ten, o kształcie walca, wykonany został ze stopu aluminium. Był on hermetycznie zamknięty i zawierał, oprócz żywego „pasażera“, złożoną aparaturę. W skład jej wchodziły między innymi:

1) aparat do odświeżania powietrza, dostarczający tlen, a pochłaniający wydychany przez psa dwutlenek węgla i parę wodną,

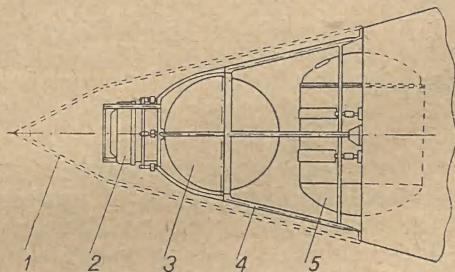
2) urządzenie wentylacyjne, umożliwiające krążenie powietrza, gdyż w warunkach „nieważkości“, panujących w sztucznym księżycu, brak jest ruchów konwekcyjnych,

3) aparatura cieplna, utrzymująca automatycznie temperaturę wnętrza zasobnika w określonych granicach, niezbędnych dla podtrzymania życia zwierzęcia,

4) specjalne urządzenie do karmienia psa wysokokalorycznym pokarmem ciekłym, w warunkach nieważkości,

5) aparaty do pomiaru tętna i ciśnienia krwi, rytmu oddechowego oraz prądów czynnościowych serca — sygnały z tych aparatów przekazywane były za pośrednictwem nadajników radiowych na Ziemię.

Pies „Łajka“ przeszedł przed wyrzuceniem w „sputniku“ specjalną tresurę. Wraz z innymi psami wylatywał on w rakietach na wysokość 100 km a następnie 200 km. W czasie tych lotów przy pomocy odpowiednich przyrządów, przymocowanych do jego ciała, zbadano reakcje jego organizmu na warunki panujące w czasie lotu, między innymi także na zanik działania siły ciężenia. Zanik działania tej siły, uzewnętrzniający się w zaniku ciężaru ciała, trwał w spadającej rakiecie zaledwie przez



Rys. 3. Schemat rozmieszczenia aparatury w „sputniku“ nr 2

1 — stożek ochronny, 2 — miernik promieniowania słońca, 3 — zbiornik z aparaturą i radiostacjami, 4 — wspornik, 5 — zasobnik z psem

kilka minut. W „sputniku“ zanik działania siły ciężenia jest jednak zjawiskiem trwałym. Tutaj bowiem siła ta jest dokładnie równoważona przez siłę odśrodkową, która powstaje na skutek obiegu satelity dookoła Ziemi. „Sputnik“ stworzył więc jedyną możliwość doświadczeń z żywymi organizmami przy braku siły ciężenia przez długie okresy czasu. Doświadczenia takie są szczególnie cenne z punktu widzenia przyszłych lotów kosmicznych, gdyż właśnie astronauta narażeni będą na stan nieważkości przez długie okresy czasu w przestrzeni, z dala od większych ciał niebieskich.

Dane przekazane przez aparaturę radiową drugiego „sputnika“ wykazały, że pies „Łajka“ zniósł pomyślnie trwający przez kilka dni stan nieważkości. Stan tego zwierzęcia był w okresie przebiegu doświadczenia zupełnie zadowalający. Klimatyzacja zasobnika zdała egzamin. Świadczy o tym to, że kabina tego rodzaju nadaje się również dla człowieka. Co więcej, zachowanie się psa wskazuje na to, że prawdopodobnie i człowiek zniósłby dobrze brak siły ciężenia trwający nawet przez szereg dni.

Uczeni radzieccy pragnęli zasobnik z psem po kilkudniowym locie sprowadzić z powrotem na Ziemię. Istniały bowiem pewne uzasadnione nadzieje, iż uda się psa odzyskać w stanie żywym. Trzeba jednak pamiętać, że zasobnik początkowo miał prędkość około 8 km/sek. Było więc konieczne znaczne zahamowanie kabiny z psem. To wymaga znów albo zastosowania specjalnego silnika i dużego zapasu paliwa, które nie sposób pomieścić nawet w półtonowym satelicie, albo wykorzystania tarcia o atmosferę, a to znów grozi nadmiernym rozgrzaniem zasobnika i jego zniszczeniem. Przy automatycznym oddzielaniu kabiny z psem od satelity i przy jej spadaniu nie ma też żadnej swobody manewrowania, co nadzwyczaj utrudnia prawidłowe obranie drogi powrotnej dla kabiny wraz jej cennym ładunkiem. Wydaje się, że operacja oddzielenia zasobnika z psem nie udała się. Komunikat oficjalny stwierdza, że w każdym razie 7-dniowy program badań naukowych, które miały być przeprowadzone przy pomocy drugiego „sputnika“, został wykonany. Po upływie wymienionego okresu wyczerpały się baterie elektryczne zasilające aparaturę satelity i zamilkły jego nadajniki radiowe. Pies wraz z ostatnią porcją pożywienia połknął podobno truciznę, dzięki czemu zaoszczędzono mu męczarni, związanych ze zużyciem powietrza i pokarmu.

W Związku Radzieckim zapowiedziano wyrzucenie całego jeszcze szeregu dalszych satelitów, m. in. także z żywymi zwierzętami. Należy się więc spodziewać, że w roku 1958 na niebie pojawi się wiele takich obiektów, tym bardziej że dołączą się tutaj również amerykańskie sztuczne księżyce. Zgodnie z pierwotnym planem USA zamierzały wyrzucić 6 takich obiektów w czasie trwania Międzynarodowego Roku Geofizycznego. Ze względu na sukcesy radzieckie postanowiono jednak trzy dodatkowe satelity, o rozmiarach mniejszych od pierwotnie projektowanych, „zawiesić“ na niebie jeszcze przed końcem 1957 roku. Jednocześnie zadecydowano wyrzucenie obiektów przy pomocy rakiet typu „Jupiter“, opracowanych przez wybitnego specjalistę W. von Braun'a. Jak wiadomo rakiety te należą do najlepszych, jakimi dysponują obecnie Stany Zjednoczone, i bez trudności osiągną pułap 1000 km.

Zasadniczy jednak program wyrzucenia satelitów amerykańskich, noszący nazwę „Awangarda“, przewiduje wykorzystanie rakiet innego ty-

pu — raket stanowiących modyfikację używanych typów. Sam start tych statków nastąpi z bazy Patrick lotnictwa amerykańskiego, mieszczącej się na przylądku Canaveral na Florydzie. Będą to rakity trzystopniowe o łącznej długości 22 metrów. Średnica każdego z tych statków w najgrubszym miejscu wyniesie tylko 1,14 m. Masa rakiety trójstopniowej będzie też raczej skromna, bo tylko około 10 170 kg, z czego 7650 kg przypadnie na paliwo.

Jako materiały konstrukcyjne omawianych raket zastosuje się przeważnie lekkie metale. Zbiorniki paliwa pierwszego stopnia zmodyfikowanej rakiety „Viking” wykonane są z aluminium. Z tego samego metalu zrobiono wewnętrzną konstrukcję wspornikową. Powłokę pierwszego członu stanowią natomiast arkusze blachy ze stopu magnezu.

Zbiorniki paliwa w drugim stopniu zmodyfikowanej rakiety „Aerobee” wyjątkowo musiały zostać wykonane ze stali nierdzewnej. Przyczyny odstępstwa od ogólnie przyjętej zasady szukać należy w utleniaczu — kwasie azotowym, służącym do spalania materiału pędnego.

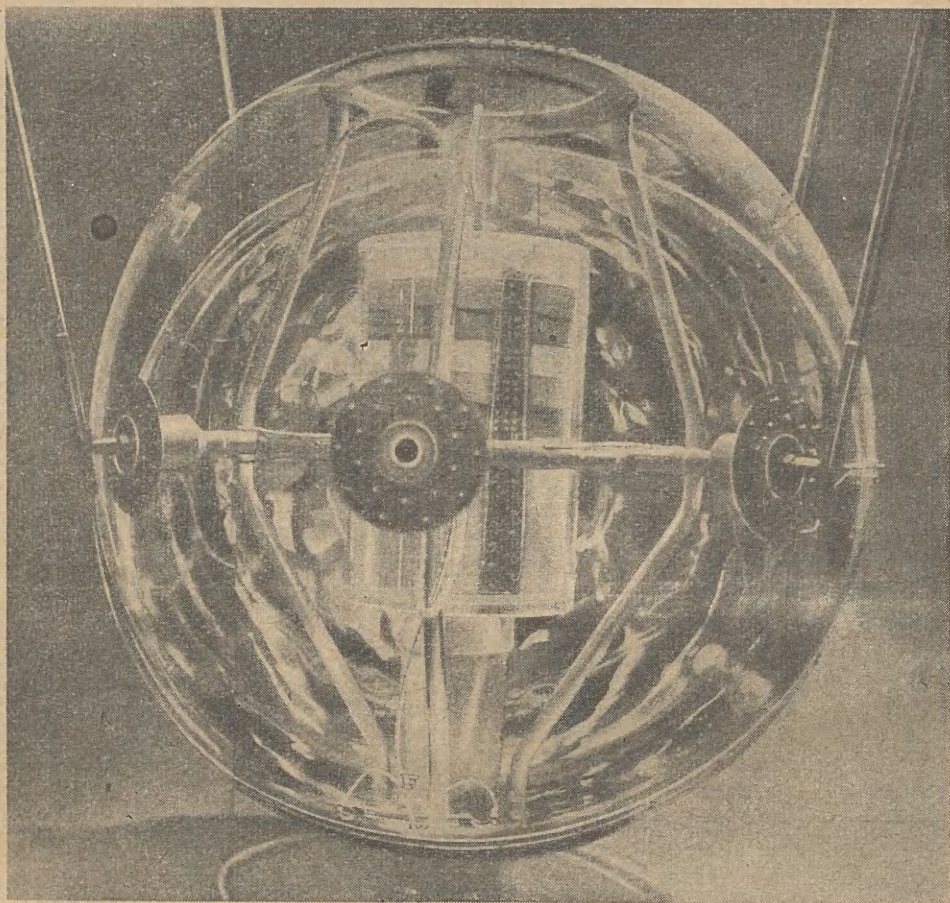
Ostatni, najwyższy człon rakiety satelitarnej projektu „Awangarda” — to raketa na paliwo stałe. W przedniej jej części, pod metalowym stożkiem ochronnym mieścić się będzie sztuczny księżyc. Reszta trzeciego stopnia to jedynie cienka powłoka, wykonana prawdopodobnie z łatwo-palnego stopu magnezu z aluminium, i wypełniona mocno sprasowanym materiałem pędnym.

Cały statek trzystopniowy stanowi pewną osobliwość konstrukcyjną. Jest on bowiem pierwszą wielką rakietą, nie posiadającą w ogóle stateczników. Konstrukcja taka jest bardzo celowa, ponieważ przyczynia się do znacznej oszczędności na masie.

Jak przebiega więc sterowanie takim statkiem? Otóż silnik pierwszego stopnia wraz z komorą spalania i dyszą wylotową umocowany jest na tzw. zawieszeniu Cardana. Może więc on wykonywać ruchy wahadłowe i dzięki temu zmieniać kierunek lotu rakiety. Układ sterowania umieszczony jest w drugim członie, przed zbiornikami paliwa. „Mózgiem” tego układu jest tak zw. automatyczny pilot. Urządzenie to połączone jest z mechanizmami, utrzymującymi stały kurs rakiety — układem giroskopów. Te baki wirujące nie pozwalają zmienić kursu rakiety i przy wszelkich odchyleniach, spowodowanych np. uderzeniem wiatru, przywracają pierwotny kierunek lotu. Z drugiej strony automatyczny pilot może zmienić ustawienie giroskopów w przestrzeni. Pociąga to wtedy za sobą odpowiednią zmianę kursu, zgodnie z „wołą” pilota i instrukcją, jaką drogą radiową „otrzymał” on z bazy naziemnej.

Giroskopy raket projektu „Awangarda” są nadzwyczaj precyzyjne. O ich precyzji świadczyć może między innymi fakt, że zawierają one łożyska różniące się od siebie wymiarami liniowymi co najwyżej o 1/400 000 części milimetra. Dzięki ogromnej dokładności wykonania giroskopy te umożliwią w czasie najważniejszej początkowej drogi przez najgęstsze warstwy atmosfery, które rakiecie stawiają największy opór, zachowanie wyznaczonego kursu w granicach zaledwie 1/2 stopnia.

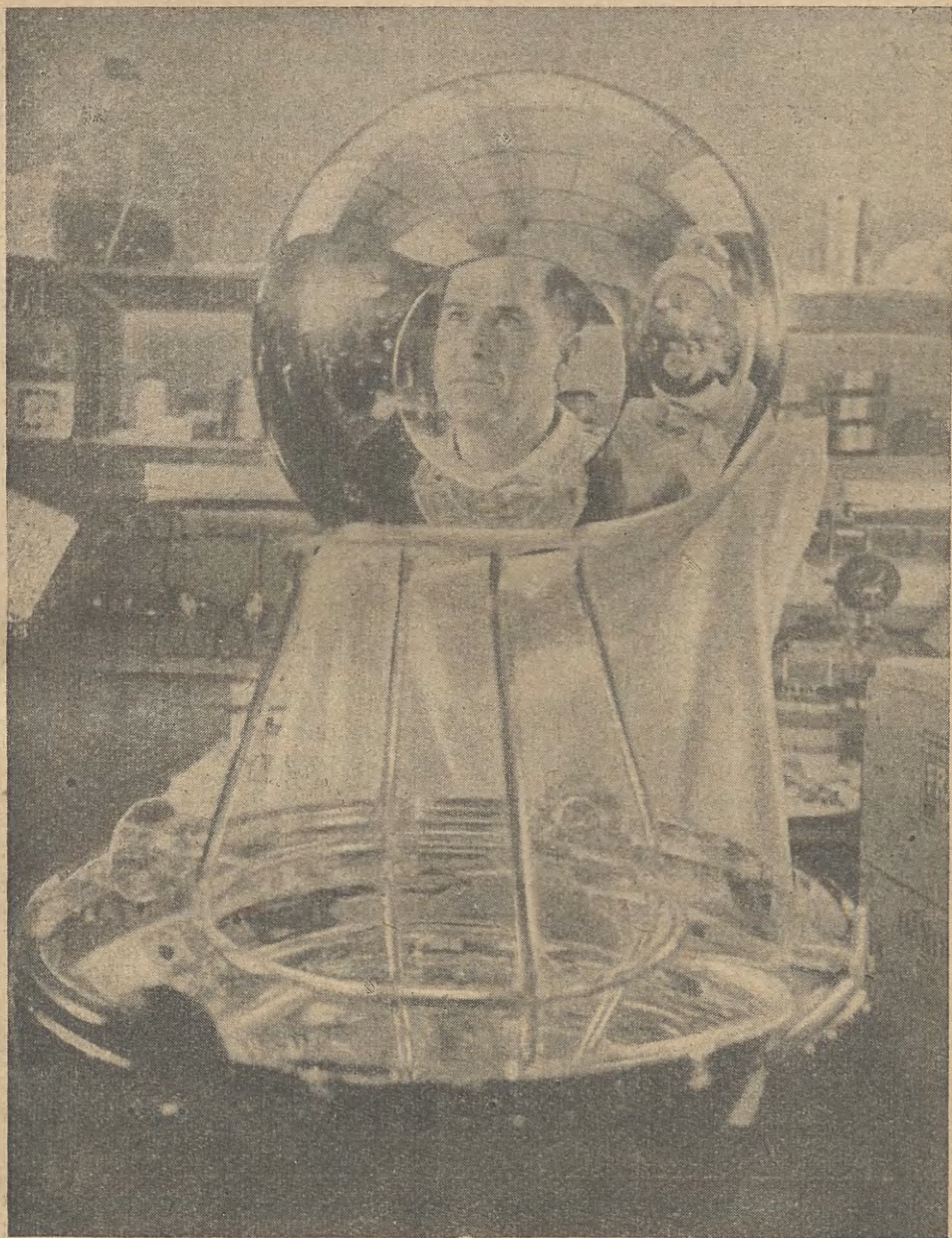
Na tej właśnie drodze nastąpi zużycie większości paliwa. Jest to materiał pędny pierwszego stopnia statku: tlen i mieszanina, której główny składnik stanowi nafta. Substancje te umożliwiają osiągnięcie przez statek satelitarny wysokości około 60 km już po upływie dwu minut, przy



Rys. 4. Model satelity projektu „Awangarda“ w powłoce z plastiku

prędkości końcowej przeszło 6 tysięcy km/godz. Wtedy materiał napędowy pierwszego członu wyczerpie się, a pusty człon odpadnie. Nastąpi wówczas włączenie silnika drugiego stopnia. Tutaj materiałem pędym będzie niesymetryczna dwumetylohydrazyna oraz biały dymiący kwas azotowy. Na wysokości około 210 km paliwo ulegnie wyczerpaniu. Pod naciskiem niewidocznego mechanizmu oddzieli się stożek ochronny satelity. Oba ostatnie stopnie rakiety polecą jednak siłą bezwładności aż na wysokość 480 km, gdzie dopiero odpadnie pusty drugi człon. Na krótki czas przedtem trzeci stopień zostanie wprowadzony w ruch obrotowy dookoła osi podłużnej, dzięki małym rakietkom pomocniczym. Ma to na celu jego stabilizację.

Oczywiście statek projektu „Awangarda“ nie będzie przez cały okres lotu wznosić się pionowo. Zatoczy on łagodny łuk, tak iż sam trzeci stopień poleci już równolegle do powierzchni Ziemi. Prędkość tego stopnia, która początkowo będzie mniejsza od 15 000 km/godz., w ciągu kilku minut wzrośnie do 27 560 km/godz. Wtedy, po blisko 10 minutach od chwili



Rys. 5. Złożony satelita amerykański

startu, rakiety pomocnicze oddziela trzeci człon od samego satelity, nadając temu członowi słaby napęd w kierunku wstecznym do kierunku lotu sztucznego księżyca.

Za satelitą wyskoczy z trzeciego stopnia jeszcze mały zbiornik z plastiku, zawierający nieznaczna ilość helu. Zbiornik ten w prawie pustej przestrzeni rozszerzy się, przekształcając się w balonik o średnicy 50 cm, zwany podsatelitą. Powleczone on będzie cienką warstwą aluminium, silnie odbijającą światło. Krążąc nad Ziemią jako „sobowtór” właściwego satelity, ułatwi on śledzenie ruchu sztucznego księżyca.

Same satelity projektu „Awangarda” będą to kule o średnicy 50,8 cm. Każda z nich składa się z dwu połówek, tłoczonych z blachy ze stopu magnezu, o grubości 0,75 mm. Powłoka ta waży zaledwie 1,8 kg, a wraz z wewnętrznym szkieletem z przyrządami — tylko nieco ponad 9,5 kg.

A oto przyrządy itp., przeznaczone jako wyposażenie pierwszych sztucznych księżyców typu „Awangarda”:

1) bateria słoneczna — ogniwo krzemowe, które posłuży do zasilania pewnych elementów we wnętrzu satelity;

2) suche ogniwa rtęciowe, o mocy zaledwie 5 watów, zasilać będą przede wszystkim radiostację, a także różne mierniki, gdyby radiostacja sztucznego księżyca działała bez przerw, ogniwa te wyczerpałyby się w ciągu około dwu tygodni,

3) komora jonizacyjna — do rejestracji promieniowania pozafioletowego słońca,

4) termistory — małe opory, umieszczone w zewnętrznej powłoce satelity — opory te służą jako miniaturowe termometry o wielkiej czułości, mierząc temperaturę w zakresie od minus 130 do plus 150°C.

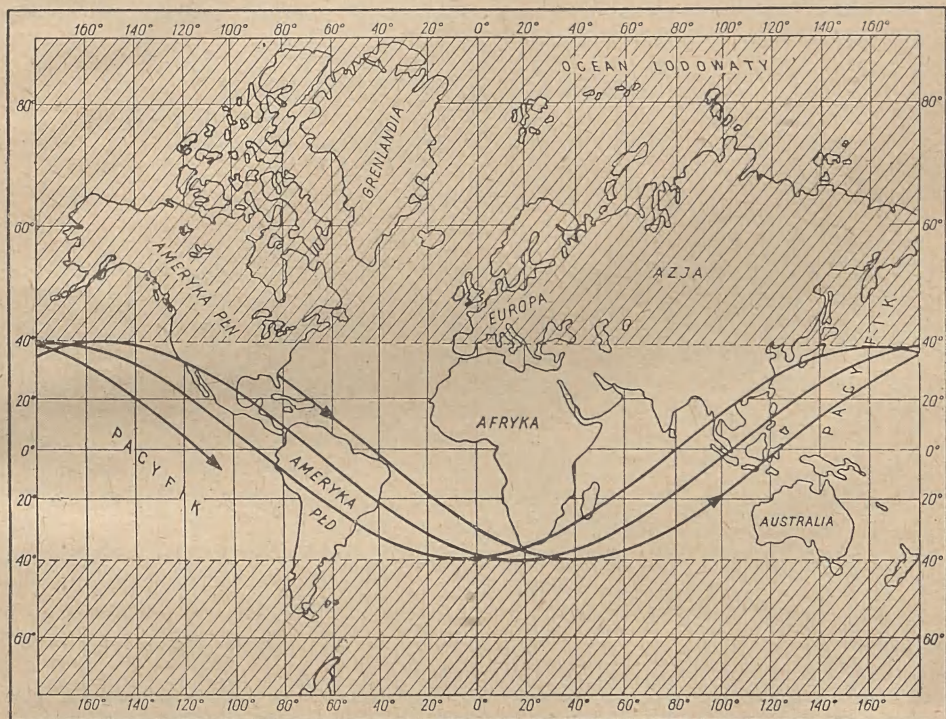
5) miernik erozji — pasek nichromu, czyli stopu niklu i chromu napylonego na płytkę szklaną, o grubości jedynie 1/10 000 mm. Jest on włączony w odpowiedni obwód elektryczny — w miarę bombardowania przez pył meteorytowy pasek ulegnie stopniowemu zniszczeniu, a jego oporność będzie wzrastać, na skutek czego zmaleje natężenie płynącego przez niego prądu;

6) manometr — służyć ma do pomiaru ciśnienia we wnętrzu powłoki satelity;

7) mikrofony — umocowane na powłoce satelity, transmitować będą uderzenia meteorytów i pyłu kosmicznego w sztuczny księżyc. Oprócz wymienionych przyrządów w satelitach projektu „Awangarda” znajdują się w dalszej kolejności jeszcze mierniki światła słonecznego, światła odbitego od powierzchni Ziemi, promieniowania rentgenowskiego słońca, promieni gamma i kosmicznych, strumieni elektronów oraz ciężkich cząstek materii, następnie — wskaźniki natężenia pola magnetycznego i wiele jeszcze innych urządzeń.

Centralne położenie w każdym satelicie projektu „Awangarda” zajmie radiostacja typu „Minitrack”, zaopatrzona nie w lampy elektronowe, lecz w mniejsze i lżejsze elementy krystaliczne, takie jak diody krzemowe i tranzystory. Masa radiostacji wraz z 7 bateriami rtęciowymi wynosi prawie 370 g. Częstotliwość — 108 megacykli, co odpowiada długości fali około 3 m. 4 anteny wystawać będą z powłoki satelity prostopadle do jego powierzchni.

Okres obiegu sztucznych księżyców projektu „Awangarda” wynosić będzie około $1\frac{1}{2}$ godziny. Ponieważ nachylenie płaszczyzny orbity każdego takiego satelity do płaszczyzny równika wyniesie około 20 stopni, widoczność tych ciał będzie ograniczona do pasa ciągnącego się na szerokość niewiele ponad 4000 km z każdej strony równika.



Rys. 6. Tor satelity „Awangarda” na tle mapy Ziemi

Pomimo małych rozmiarów satelity amerykańskie, zdaniem uczonych z USA, spełniać mają dobrze swe zadania.

Naukowcy radzieccy byli innego mniemania i dlatego ich „spatniki” posiadają wydatnie większe masy. Trudno dziś wydać autorytatywną opinię. Jedno jest jednak pewne — satelity radzieckie już od dawna latają nad Ziemią a ich imponujące rozmiary i zawartość, przede wszystkim żywy obiekt — pies, dowiodły raz jeszcze całemu światu, że od najpiękniejszego projektu znacznie ważniejsze jest przeprowadzenie samego doświadczenia.

Maria Massalska, Tadeusz Kowalski

O RADIOAKTYWNOŚCI ATMOSFERY

I. NATURALNE DOMIESZKI RADIOAKTYWNE ATMOSFERY

Wstęp

Obecność radioaktywnych domieszek w powietrzu atmosferycznym stwierdzono zaraz w pierwszych latach po wykryciu ciał promieniotwórczych. Już w roku 1900 C. T. R. Wilson i niezależnie od niego E. Elster i R. Geifel zaobserwowali, że elektroskop naładowany umieszczony w osłonie dobrze uziemionej traci swój ładunek nawet w nieobecności jakichkolwiek preparatów promieniotwórczych czy innych znanych czynników wywołujących lokalną jonizację powietrza.

Okres od roku 1900 do 1935 jest okresem bardzo licznych i długotrwałych badań tego zjawiska na powierzchni ziemi i na różnych wysokościach nad ziemią. Z jednej strony stwierdzono, że źródłem jonizacji powietrza są ciała radioaktywne dyfundujące do atmosfery z ziemi, a równocześnie, że jonizacja ta jest częściowo pochodzenia pozaziemskiego, co zapoczątkowało badania nad promieniowaniem znanym dziś jako promieniowanie kosmiczne.

Od roku 1948 ponownie bardzo intensywnie zaczęto badać radioaktywność atmosfery, do czego przyczynił się rozwój badań jądrowych, rozwój techniki reaktorowej, produkcja broni jądrowej i termojądrowej. Częste próby przeprowadzane z tą bronią wywołały konieczność systematycznego badania zanieczyszczeń ciałami radioaktywnymi powietrza, wód i gleby. Badania te dostarczają:

1) danych, jakie produkty rozpadu i w jakim stopniu zanieczyszczają atmosferę,

2) pozwalają wnioskować o czasie i miejscu eksplozji atomowych,

3) dostarczają cennych informacji o cyrkulacji i układzie górnych warstw powietrza, o sposobie i szybkości ich przenoszenia się itp.

Domieszki radioaktywne spotykane w atmosferze można podzielić na naturalne i sztuczne, związane z wybuchami atomowymi.

2. POCHODZENIE NATURALNYCH DOMIESZEK RADIOAKTYWNYCH

Istnieją dwa źródła naturalnych domieszek radioaktywnych atmosfery:

a) migracja radonu i toronu ze skał i gleby zewnętrznej warstwy skorupy ziemskiej,

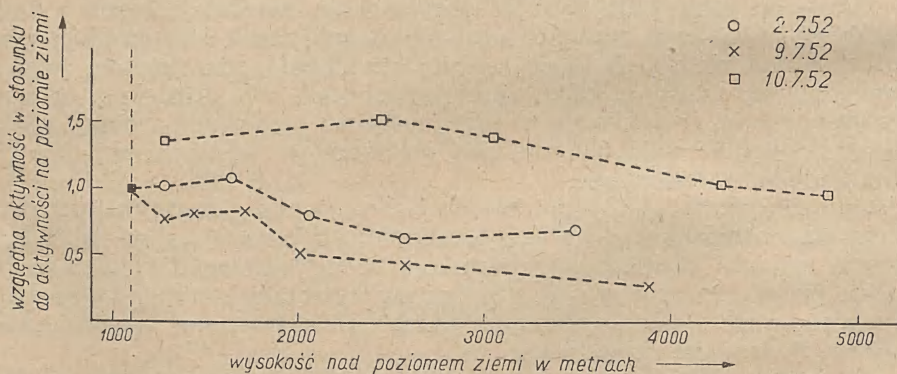
b) oddziaływanie promieni kosmicznych z cząsteczkami powietrza.

Ad a. Skorupa ziemska zawiera takie pierwastki promieniotwórcze jak aktyń, uran, rad, tor z ich produktami rozpadu oraz potas i rubid. Oprócz wymienionych występują w bardzo małych ilościach samaryt i lutece.

Potas jest pierwiastkiem dość pospolitym w skorupie ziemskiej, ale izotopu promieniotwórczego K^{40} jest w stanie naturalnym, podobnie jak rubidu promieniotwórczego Rb^{87} , bardzo mało. Oba pierwastki K^{40} i Rb^{87} nie tworzą rodzin ani szeregów promieniotwórczych, wysyłają promieniowanie beta, dając jako produkty rozpadu wapń i stront. Z powodu dużych okresów połowicznego rozpadu oba pierwastki są słabo promieniotwórcze.

W skałach granitowych znajduje się na tonę skały około 13 gramów toru, 6 gramów uranu i aktynu i 3 gramy potasu. Skały osadowe są uboższe w te pierwastki. Rad i tor ulegając rozpadowi radioaktywnemu są źródłem dyfundujących do atmosfery gazów radonu i toronu rozpadających się przez emisję cząstki alfa. Powstają z nich kolejno RaA, RaB, RaC, RaD oraz ThA, ThB i ThC. Jak wykazały liczne badania, koncentracja tych pierwiastków w atmosferze w określonym miejscu zależy od czasów ich połowicznego rozpadu, od warunków meteorologicznych oraz od koncentracji uranu i toru w podłożu w danej okolicy.

Doświadczenia wykazują, że RaA występuje w powietrzu w postaci jonów dodatnich, przy czym jon RaA posiada przeciętnie podwójny



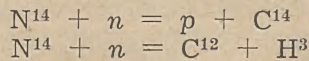
Rys. 1. Wyniki pomiarów radioaktywności atmosfery metodą drutu naładowanego do potencjału — 2000 V, uzyskane z lotów samolotowych nad półpustynniami równinami koło Roswel (New Mexico), przy dobrej pogodzie w godzinach przedpołudniowych i południowych, gdy nie było inwersji temperatury; Winkening (1956)

ładunek dodatni. To samo dotyczy wszystkich atomów odskoku tzn. atomów, które powstają przez emisję cząstki alfa, jak RaB, RaC, RaD, ThC. Posiadają one ładunek dodatni, a jego wielkość zależy od powinowactwa elektronowego i od własności chemicznych atomu. Takie zjonizowane atomy mogą ulegać rekombinacji z jonami ujemnymi, znajdującymi się w powietrzu, których źródłem mogą być np. cząstki alfa emitowane podczas rozpadu.

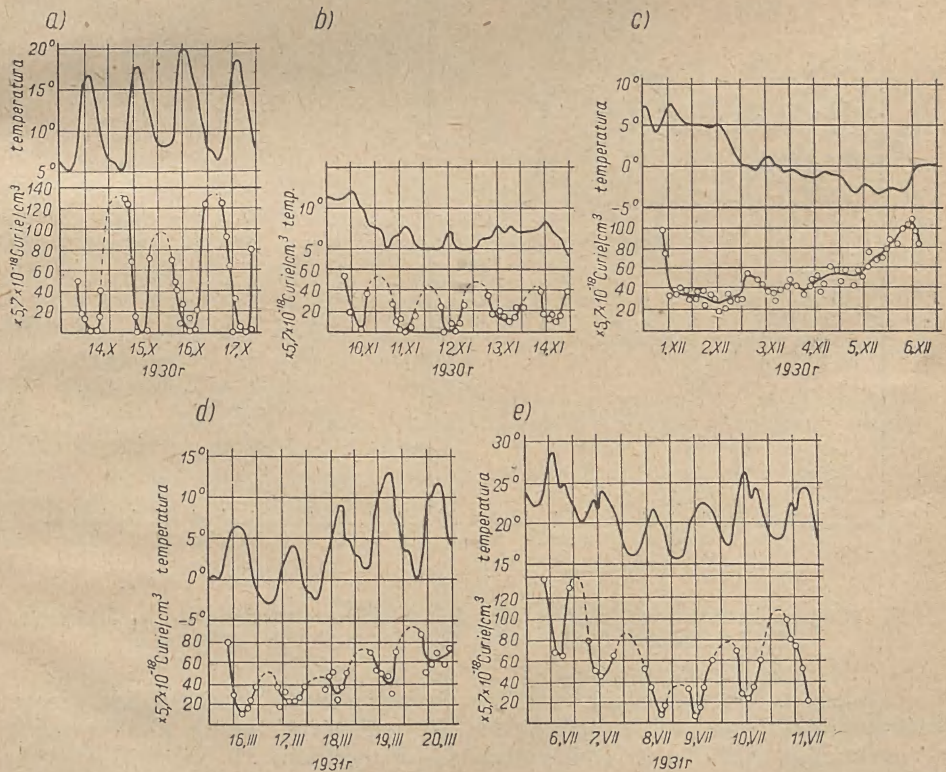
Ilość radonu dyfundującego z ziemi do atmosfery zależy w dużej mierze od takich czynników lokalnych jak rodzaj warstw powierzchniowych

skorupy ziemskiej, temperatura, nasłonecznienie, ciśnienie barometryczne. Ogólnie stwierdzono, że koncentracja naturalnych zanieczyszczeń radioaktywnych atmosfery zmienia się z czasem i zależy od układu warstw powietrza oraz wzniesienia chmur ponad powierzchnię ziemi i od ich struktury.

Ad b. Pierwotna składowa promieniowania kosmicznego w oddziaływaniach jądrowych z drobinami powietrza daje początek kaskadom elektronowo jądrowym, w skład których wchodzi elektrony, fotony, mezony, neutrony i protony. Na skutek oddziaływania neutronów z atomami azotu atmosferycznego powstają w górnych warstwach atmosfery promieniotwórczy izotop węgla C^{14} i tryt H^3 (W. F. Libby, 1946; S. Kautman i W. F. Libby, 1954) w reakcjach:



Oba pierwiastki mają długie okresy połowicznego rozpadu, węgiel 5000 lat, tryt 12,5 lat, dzięki czemu dostają się do dolnych warstw atmosfery,

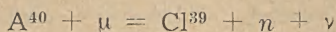


Rys. 2a. Zmiany radioaktywności atmosfery i zmiany temperatury

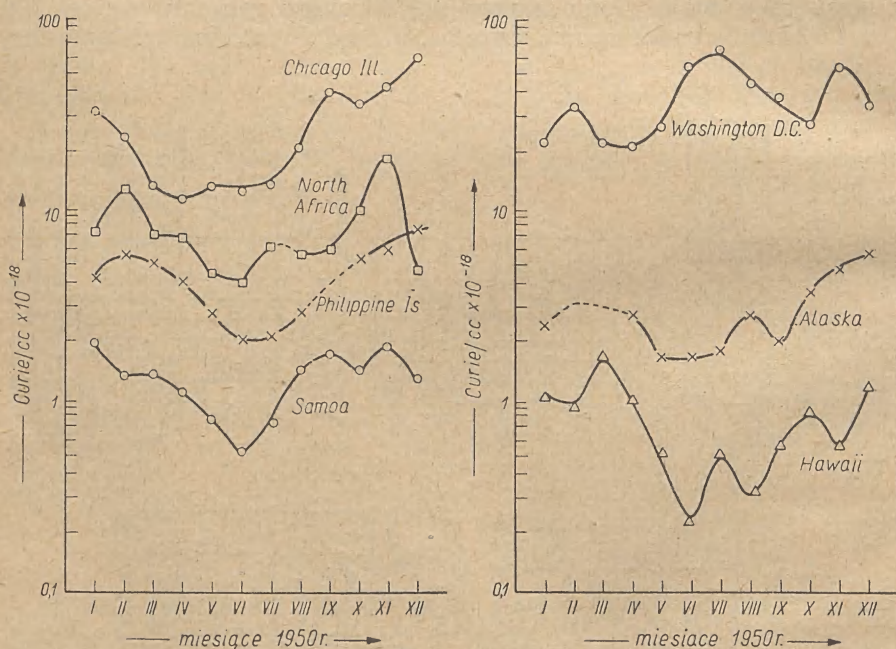
- a) od 14.X. do 17.X.1930 r.
 b) od 10.XI. do 14.XI.1930 r.
 c) od 1.XII. do 6.XII.1930 r.

- d) od 16.III. do 20.III.1931 r.
 e) od 6.VII. do 11.VII.1931 r.
 wg Messerschmidta

gdzie ulegają utlenianiu i są wykrywane w opadach atmosferycznych. W opadach atmosferycznych stwierdzono również małe ilości promieniotwórczych izotopów chloru Cl^{39} , Cl^{34} , Cl^{38} , które ze względu na swoje krótkie okresy połowicznego rozpadu (56 minut, 33 min. i 31 min) powstają raczej w dolnych warstwach atmosfery. Cl^{39} powstaje wg Winsberga (1955) z oddziaływania powolnych ujemnych mezonów promieniowania kosmicznego z argonem przy równoczesnej emisji neutronu i neutrina według reakcji.



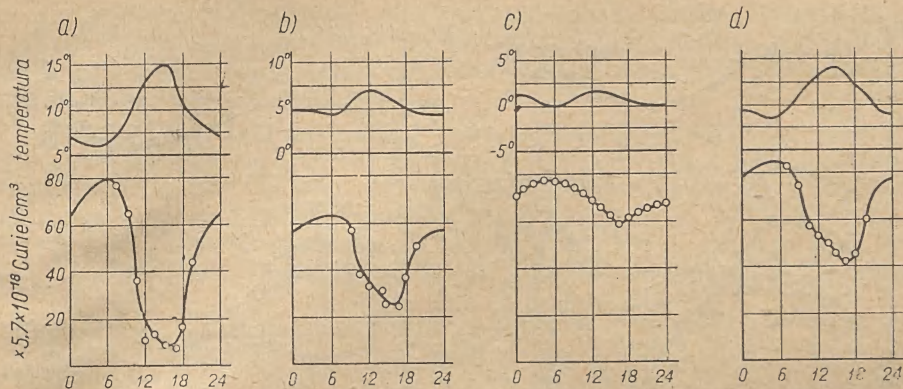
Reakcje jądrowe wywołane przez promieniowanie kosmiczne w górnych warstwach atmosfery są również źródłem izotopów radioaktywnych berylu Be^{10} i Be^7 . Be^{10} , o długim okresie połowicznego rozpadu 2,7 milionów



Rys. 2b. Zmiany koncentracji radonu w roku 1950 wg pomiarów I. H. Blifforda, H. Friedmana, L. B. Lockharta i R. A. Bausa (1956)

lat, jest trudny do wykrycia i jeszcze dotychczas nie został wydzielony. W wodzie deszczowej znaleziono natomiast małe ilości (rzędu 2400 atomów w 1 cm^3) izotopu Be^7 o okresie połowicznego rozpadu 53 dni (P. S. Goel, 1956).

Ilość pierwiastków promieniotwórczych, których źródłem jest oddziaływanie promieni kosmicznych z drobinami powietrza, jest uwarunkowana natężeniem promieniowania kosmicznego i zależy silnie od warunków meteorologicznych w czasie i miejscu pomiaru.



Rys. 3. Dobowe zmiany natężenia radioaktywności atmosfery i zmiany temperatury

a) w październiku 1930 r.

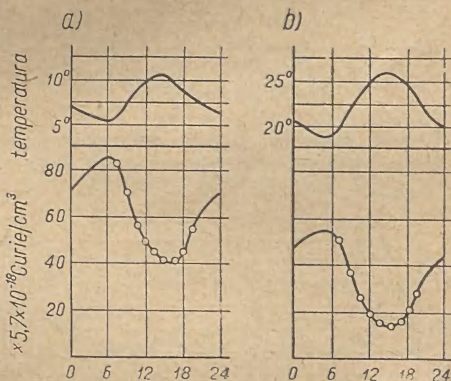
c) w grudniu 1930 r.

b) w listopadzie 1930 r.

d) w lipcu 1931 r.

wg Messerschmidta

Radon i toron występują w atmosferze w bardzo małych ilościach (tab. 1), przy czym ich ilość nad lądem stałym, z dala od brzegów, jest dużo większa niż nad wyspami czy nad morzami. Messerschmidt, (1932) Blifford (1952) i wielu innych badaczy stwierdza wyraźne zmiany sezonowe koncentracji radonu i toronu w powietrzu atmosferycznym (rys. 2a i 2b) oraz zmiany dobowe związane z inwersją temperatury w warstwach atmosfery (rys. 3, 4, 5, 6, 7). Koncentracja naturalnych domieszek w powietrzu maleje z wysokością (tab. 1). Ilość radonu w powietrzu wzrasta z obniżką ciśnienia, gdy nie ma deszczów, a maleje bardzo silnie przy długotrwałych deszczach.



Rys. 4. Dobowe zmiany natężenia radioaktywności atmosfery i zmiany temperatury w sierpniu 1931 r.

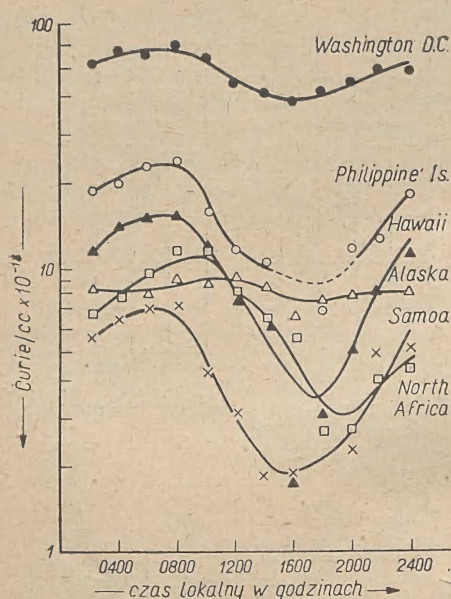
a) na wysokości 18 m n.p.m.

b) na wysokości 37 m n.p.m.

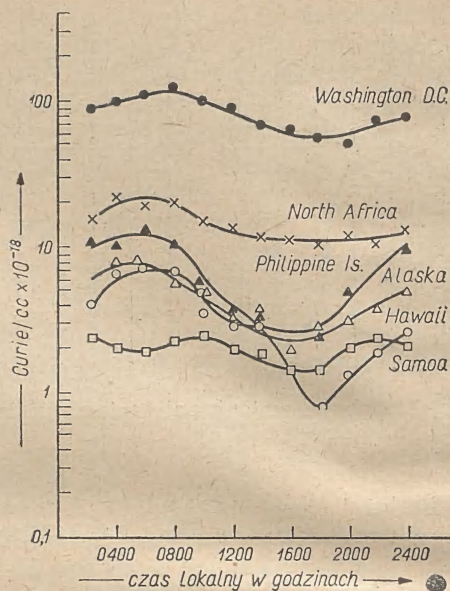
wg Messerschmidta

Tabela 1
Zawartość radonu w atmosferze

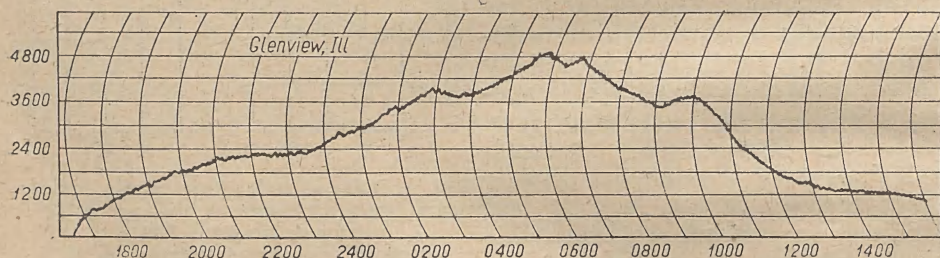
Miejsce	Wysokość	Radioaktywność		
Ocean Spokojny Okolice podbiegunowe	poziom morza nad wodą	$0,0033 \times 10^{-13}$	Curie/liter	
		0,0004	„ „	Bauer i Swann 1916
Ląd (wartość średnia Wolne powietrze nad lądem	nad lądem poziom ziemi	0,088	„ „	
		1,3	„ „	Messersch- midt 1913
	5000-6000 m n. z.	0,31	„ „	
	6000-7000 m n. z.	0,34	„ „	
	7000-8000 m n. z.	0,22	„ „	Garrigue 1950
„ „	8000-9000 m n. z.	0,20	„ „	



Rys. 5. Dobowe zmiany aktywności radonu atmosferycznego w lipcu 1950 r. (wg Blifforda)



Rys. 6. Dobowe zmiany aktywności radonu w styczniu 1950 r. (wg. Blifforda)



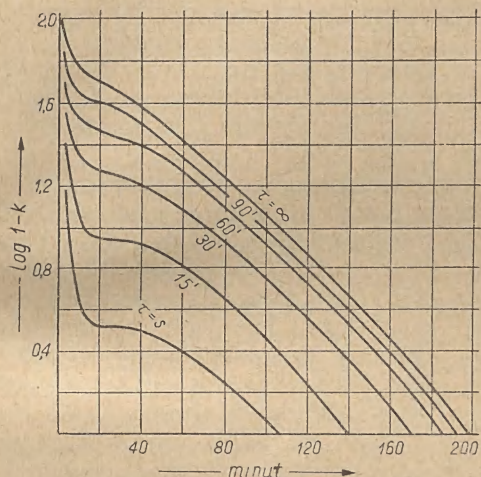
Rys. 7. Typowy 24-godzinny ciągły zapis radioaktywności atmosferycznej (wg Blifforda)

RADIOAKTYWNOŚĆ OPADÓW ATMOSFERYCZNYCH

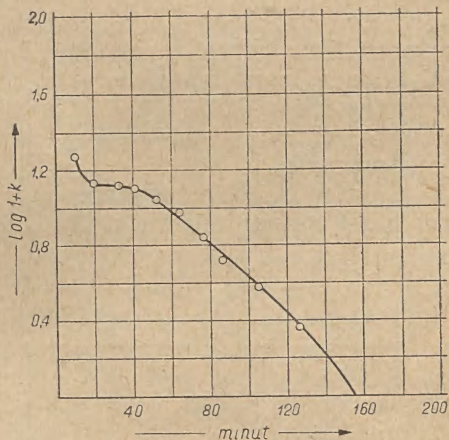
O tym że nie tylko powietrze atmosferyczne ale i opady — krople deszczu, płatki śniegu, kulki gradowe — są radioaktywne, wiadomo od roku 1902 (Wilson, 1902, Goekel, 1903, Priebisch, 1932). Stwierdzono, że śnieg świeży zawiera 3 do 5 razy więcej domieszek radioaktywnych niż zleżały, świeże opady są zawsze radioaktywne, a szczególnie opady zebrane w czasie burzy. Największą radioaktywność wykazują opady gradowe. Stefanizzi (1950) stwierdza, że stan aktywacji opadów zależy w dużym stopniu od wielkości kropli i tym też tłumaczy dużą aktywność kulek gradowych. Szczególnie silną radioaktywność wykazują opady bu-

rzowe zebrane bezpośrednio po nagłym początku burzy. Natomiast opad zebrany przy końcu krótkotrwałego deszczu jest słabiej radioaktywny. Widocznie deszcz w pierwszej swej fazie intensywnie wymywa z powietrza istniejące tam produkty radonu.

Dużo prac poświęcono zagadnieniu, gdzie opady atmosferyczne uzyskują swą aktywność promieniotwórczą. Priebisch (1932) twierdzi, że aktywacja opadów odbywa się podczas ich formowania się w chmurach. Istnieje przy tym prawdopodobieństwo, że jony radioaktywne same działają jako jądra kondensacji. Z drugiej strony Jaufmann (1905), Gockei i Wulf (1906) uważają, że opady atmosferyczne są aktywo-



Rys. 8. Teoretyczne krzywe rozpadu dla różnych czasów ekspozycji τ (wg Stefanizziego)



Rys. 9. Krzywa doświadczalna zaniku radioaktywności opadu (wg Stefanizziego)

wane podczas ich spadania z chmur na ziemię. Proces aktywacji miałyby polegać „na doczepianiu się” jonów ciał radioaktywnych do spadających kropeł deszczu, przy czym przede wszystkim na kroplach osadzałyby się atomy RaA i jego produktów rozpadu.

Stefanizzi (1950) dochodzi do wniosku pośredniego, że przynajmniej pewna ilość radioaktywności jest zdobyta przez opady w czasie ich spadania z chmury przez atmosferę. Uważa on, że proces akumulacji produktów rozpadu na kroplach deszczu można porównać z procesem osadzania się jonów radioaktywnych, a przede wszystkim dodatnich jonów RaA na drucie naładowanym do minus 2000 V i rozpiętym poziomo nad ziemią. Rys. 8 przedstawia obliczoną przez Stefanizziego teoretyczną krzywą zaniku radioaktywności wzbudzonej dla takiego drutu, na którym RaA osadzał się przez czas τ . Różnym czasom ekspozycji τ drutu odpowiadają różne krzywe zaniku. Krzywa doświadczalna (rys. 9) zaniku radioaktywności opadu zebranego w bardzo krótkim czasie (około 3 minut) pokrywa się z krzywą teoretyczną dla $\tau = 15$ minut. Wynika stąd wniosek, że aktywacja kropeł, które złożyły się na zebraną w ciągu 3 minut porcję opadu, nastąpiła przed rozpoczęciem zbierania opadu.

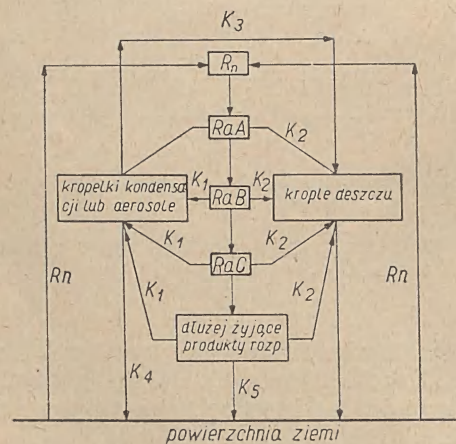
Można więc obliczyć, że krople o prędkości 1 m/sek zdobyły swą aktywność na wysokości $h = 720$ m, tj. na drodze spadania z chmur na ziemię. Natomiast dla kropeł o prędkości większej niż 4 m/sek $h > 2880$ m, czyli aktywacja odbywa się już w pasmie chmur.

Nie wyjaśniony jest jednak dotąd mechanizm aktywacji, tzn. „doczepiania się” czy kumulowania się ciał radioaktywnych w kroplach deszczu lub sposób ich wiązania się z cząsteczkami atmosfery. Dużo danych na ten temat dostarczają prace Wilkeninga (1952), który uważa, że atomy powstałe w atmosferze z rozpadu radonu i toronu, będąc izotopami polonu, bizmutu, i talu, w przeciwieństwie do chemicznie nieczynnych gazów macierzystych, bardzo chętnie doczepiają się do powierzchni ciał stałych, np. do ścian zbiornika czy cząstek materii zawartej w powietrzu (pyłki, aerosole). Podaje on, że większość naturalnych domieszek radioaktywnych w atmosferze „doczepia się” do cząstek mających średnicę rzędu 0.001 do 0.04 mikrona, a prawdopodobieństwo, że jakaś cząstka schwyta atom radioaktywny, jest proporcjonalne do powierzchni jej przekroju.

Ogólnie mówiąc wydaje się prawdopodobne, że produkty rozpadu radonu i toronu w atmosferze „doczepiają się” albo do cząstek aerozoli znajdujących się w powietrzu i razem z nimi biorą udział w ruchu atmosfery, albo do jąder kondensacji czy kropelek tworzących chmury (kropleki wody i lodu), albo do kropeł deszczu na drodze ich spadania ku ziemi.

Rys. 10 podaje schematyczny obraz prawdopodobnej wędrówki radonu i produktów jego rozpadu w atmosferze. Radon dyfundujący ze skorupy ziemskiej dostarcza ciągle produktów rozpadu, a równowaga między radonem a radem A i jego produktami rozpadu RaB, RaC ustala się po około 5 godzinach. W każdym metrze sześciennym powietrza istnieje równowaga między tymi krótko żyjącymi produktami rozpadu, dopóki czynniki meteorologiczne, jak np. opady, nie zniszczą tej równowagi.

Rys. 10. Wędrówka radonu i produktów jego rozpadu w atmosferze (wg Damona i Kurody)



W pierwszej fazie deszczu istnieje więc równa aktywność produktów rozpadu, lecz gdy deszcz intensywny trwa dłużej, to w atmosferze pozostaje zasadniczo gazowy radon i jego krótko żyjący produkt RaA . Można obliczyć, że opad w ilości 2,5 cm usuwa w ciągu 24 godzin 10% radonu zawartego w słupie powietrza o wysokości 5000 m przy założeniu, że koncentracja radonu w deszczu wynosi 4×10^{-11} Curie/litr i że nie ma wtedy dopływu radonu z zewnątrz.

Wolne jony radu A istnieją bardzo krótki czas (mniej niż 1 min.) przed doczepieniem się albo do kropelki w trakcie kondensacji albo do

kropli deszczu. W pierwszym przypadku (przejście K_1 na rys. 10) gromadzą się w chmurach RaA, RaB, RaC oraz RaD. Jest ogólne przekonanie, że produkty rozpadu radonu są usuwane z atmosfery raczej przez deszcz niż przez pole grawitacyjne ziemskie czy pole elektryczne, tzn., że przejście K_3 jest bardziej prawdopodobne niż przejście K_4 .

Zmiana radioaktywności zebranej porcji opadu z czasem zależy od odległości przebytej przez przeciętne jądro RaA na kropli i od prędkości spadania kropki.

METODY POMIARU NATURALNYCH DOMIESZEK RADIOAKTYWNYCH

Badanie zawartości naturalnych domieszek radioaktywnych w powietrzu zapoczątkował Wilson w roku 1902, gdy mierząc radioaktywność deszczów i śniegów stwierdził obecność RaB i RaC. Jego następcy jak Gockel i Wulf (1907 i 1908), Jaufmann (1905), Pribsch (1932), Messerschmidt (1933), uzyskują krzywe rozpadu radioaktywności wskazujące na obecność w atmosferze radonu i toronu i ich produktów rozpadu oraz stwierdzają ich zależność od czynników meteorologicznych.

Do pierwszych pomiarów naturalnych domieszek radioaktywnych w powietrzu używano na ogół komór jonizacyjnych różnych typów, łączonych z czułym elektrometrem. Stosowano również metodę osadzania się produktów rozpadu na naładowanych metalowych płytkach czy drucie. Gockel i współprac. używają do swych pomiarów [we Freiburgu, na Rothorn (2300 m) i na grani Matterhorn (3000 m)] drutu miedzianego o długości 20 m (ew. 10 m) i średnicy 0.5 mm, rozpiętego na wolnej przestrzeni poziomo nad ziemią w odległości 3 do 5 m nad ziemią i naładowanego do ujemnego potencjału 2000 V. Drut aktywuje się pod wpływem osadzania się na nim produktów rozpadu radonu i toronu, a przede wszystkim dodatnich jonów radu A i ich produktów rozpadu. Umieszczając następnie taki drut w komorze jonizacyjnej można mierzyć

Tabela 2

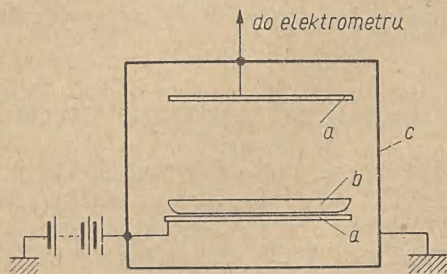
	Curie/litr
Radon	10^{-11}
RaB + C	$10^{-9} - 10^{-7}$
RaD	$10^{-13} - 10^{-12}$
ThB	$10^{-13} - 10^{-12}$

albo jego radioaktywność całkowitą (alfa, beta i gamma), albo tylko promieniowanie beta i gamma przechodzące przez ekrany pochłaniające promieniowanie alfa. Przebieg krzywych zaniku radioaktywności drutu z czasem zależy od czasu ekspozycji drutu.

Najwięcej wiadomości o naturalnych domieszkach radioaktywnych w powietrzu atmosferycznym uzyskuje się przez pomiar radioaktywności opadów. Tabela 2 zawiera średnie ilości naturalnych ciał radioaktywnych znalezionych w wodzie deszczowej.

Istnieją zasadniczo dwie metody mierzenia radioaktywności opadów atmosferycznych. Opad zbiera się do naczynia płaskiego o pow. np. $30 \times 30 \text{ cm}^2$. Zebraną objętość wody deszczowej w ilości zależnej od intensywności opadu i czasu zbierania albo 1) odparowuje się szybko (po

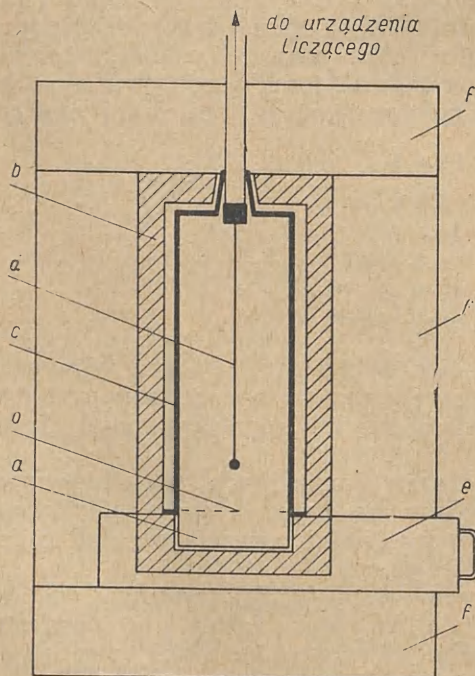
dodaniu kilku kropel HCl lub H_2SO_4), albo 2) zadaje się kilkoma miligramami BaCl_2 i H_2SO_4 , dekantuje i przefiltrowuje się. W obu przypadkach mierzy się radioaktywność uzyskanych próbek. Do tego celu umieszcza się naczynko pomiarowe z próbką albo między płytami kondensatora (dobrze osłoniętego i uziemionego) połączonego z czułym elektrometrem (rys. 11), albo pod okienkiem licznika Geigera-Müllera (rys. 12) połączonego z odpowiednim urządzeniem liczącym. Licznik Geigera-Müllera wraz z naczynkiem pomiarowym umieszcza się w osłonie z blachy żelaznej o grubości 5 mm oraz w osłonie z 50 mm ołowiu, dla zmniejszenia tła impulsów pochodzących od promieniowania gamma z domieszek radioaktywnych otoczenia i częściowo od promieniowania kosmicznego.



Rys. 11. Kondensator płaski w osłonie uziemionej

- a, a, — płyty kondensatora
- c, — osłona metalowa uziemiona
- b, — naczynko pomiarowe

Licznik G-M. z okienkiem mikowym rejestruje głównie cząstki beta emitowane z próbki, przy czym radioaktywność próbki określa się w impulsach na minutę na litr cieczy zebranej (imp/min/litr).



Po wycechowaniu aparatury w tych samych warunkach geometrycznych co pomiar, przy pomocy standardowego źródła promieniotwórczego można wyznaczyć aktywność próbki w Curie/litr.

Natężenie J radioaktywności próbek uzyskanych przez odparowanie czy przefiltrowanie maleje w czasie t eksponencjalnie według wzoru:

$$J = J_0 e^{-\lambda t}$$

gdzie λ jest stałą rozpadu danego pierwiastka promieniotwórczego.

Rys. 12. Naczynko pomiarowe i licznik G. M. z okienkiem w osłonie żelaznej i ołowianej

- a — naczynko pomiarowe
- b — osłona z blachy żelaznej
- c — ścianki licznika
- d — okienko mikowe licznika
- d — anoda licznika
- e — kostka ołowiu, którą można wysuwać wraz z naczynkiem
- f — osłona ołowiana

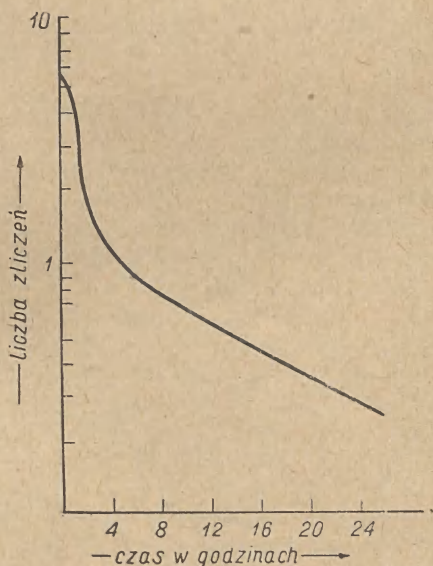
Gdy próbka zawiera kilka różnych ciał promieniotwórczych o stałych rozpadu $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \dots, \lambda_n$, należałoby napisać ten wzór w postaci:

$$J = J_1 e^{-\lambda_1 t} + J_2 e^{-\lambda_2 t} + \dots + J_n e^{-\lambda_n t}$$

Wykres tej funkcji w skali logarytmicznej daje albo jedną krzywą w przypadku próbki jednorodnej, albo krzywą dającą się rozłożyć na szereg prostych o różnych nachyleniach w przypadku, gdy próbka zawiera więcej składników promieniotwórczych. Wykres taki pozwala na wyznaczenie ilości składników promieniotwórczych w próbce i na wyliczenie ich okresów połowicznego rozpadu. Rys. 13 przedstawia krzywą typową rozpadu beta dla radioaktywności naturalnej w skali logarytmicznej. Początkowy szybki spadek krzywej odpowiada zanikowi produktów radonowych o czasie połowicznego rozpadu 26,8 minut (promieniotwórczość beta RaB). Następny wolniejszy spadek wywołany jest rozpadem produktów toronowych o czasie połowicznego rozpadu 10,6 godzin (promieniotwórczość beta ThB).

Ze względu na krótki okres połowicznego rozpadu produktów radonowych konieczne jest szybkie preparowanie próbek i szybkie przeprowadzenie pomiaru. Pomiar musi być robiony w powiązaniu z danymi meteorologicznymi jak ciśnienie, temperatura, czas rozpoczęcia i ukończenia opadu, ilość opadu, kierunek i siła wiatru itp.

Od roku 1948 pomiary radioaktywności atmosfery przynoszą dane nie tylko o naturalnych domieszkach radioaktywnych, ale i o domieszkach radioaktywnych pochodzących od eksplozji atomowych. Problem zyskał na ważności po stwierdzeniu faktu przenoszenia się i opadaniu pyłów na ziemię w dużych nawet odległościach od miejsca wybuchu.



Rys. 13. Typowa krzywa rozpadu β — radioaktywności atmosferycznej (wg Blifforda)

NIEBEZPIECZEŃSTWA ENERGII ATOMOWEJ W CZASIE WOJNY I POKOJU¹

Zadaniem moim jest rozpatrzyć niebezpieczeństwa biologiczne, które powstały zarówno z powodu ogromnego rozwoju energii atomowej, jak również ze skutków, jakie mogą powstać, jeśli osiągnięcia nauki zastosuje się dla celów wojennych. Pomimo że w ostatnim przypadku główne zagrożenie życiu i rzeczom pochodziłoby od poddmuchu i ognia, to jednak niebezpieczeństwo biologiczne, powstałe na skutek uwolnienia promieniotwórczości, wywołało największy niepokój — a nawet panikę — ludzkości i było przedmiotem wielu dyskusji między uczonymi i politykami.

Czuję jednak, że powinienem udowodnić najpierw potrzebę podobnej dyskusji na zebraniu takim jak nasze. Słyszałem kilkanaście argumentów przeciw podobnej dyskusji. Pewni ludzie mówią, że problemy te są właśnie starannie studiowane przez wiele innych organizacji, takich jak Medyczna Rada Badawcza w Wielkiej Brytanii lub Narodowa Akademia Nauk w Stanach Zjednoczonych. Inni ludzie — na przykład prof. H a d d o w, który napisał do mnie list na ten temat — utrzymują, że niewiele można osiągnąć w tak krótkim czasie, jaki tu możemy przeznaczyć na taką dyskusję i że nie możemy mieć nadziei w związku z tym na dokonanie jakiegokolwiek wartościowego wkładu do tego problemu.

Mimo że nie mogę zaprzeczyć tym argumentom znaczenia, wydaje mi się, że istnieją jednak poważne przyczyny, dla których zebranie to powinno poświęcić pewną ilość czasu na przedyskutowanie tych problemów. Przede wszystkim mamy tu jedyną możliwość rozmawiania i dyskusowania o tych rzeczach w taki sposób, jak w żadnym innym Komitecie. Praca różnych oficjalnych ciał jest z konieczności w pewien sposób ograniczona. Nie rzucam żadnych podejrzeń co do uczciwości członków tych komitetów, lecz pozostaje faktem że zakres ich pełnomocnictw jest zazwyczaj określony przez rządy lub inne oficjalne ciała, które utworzyły te komitety i w konsekwencji nie są one całkowicie wolni w swej pracy. Co więcej, w każdym narodowym Komitecie zakres badań jest w dużym stopniu ograniczony do problemów dotyczących danego kraju. Argumentu tego nie można stosować do Komisji Narodów Zjednoczonych, lecz tam mamy jeszcze gorszą sytuację, bo ich członkowie są delegatami swych krajów, reprezentują swe rządy i jako tacy muszą zawsze mieć na uwadze, że cokolwiek mówią, ocenia się pod tym kątem. Tu, w Pugwash, nie mamy

¹ Przemówienie wygłoszone na Międzynarodowej Konferencji Uczonych w Pugwash (Kanada) w lipcu 1957 r.

takich ograniczeń, wszyscy możemy mówić swobodnie. Spotykamy się prywatnie i mamy pewność, że cokolwiek tutaj powiemy, nie zostanie zanotowane i użyte jako dowód przeciwko nam. Jak to powiedział lord Russell, nie reprezentujemy tutaj nikogo prócz samych siebie i naszych sumień.

Po drugie, wierzę, że pomimo krótkiego czasu mamy sposobność dokonania pozytywnego wkładu do całego problemu niebezpieczeństw biologicznych, ale tylko poprzez jasne i niedwuznaczne rozdzielenie aspektów naukowych od politycznych i etycznych. Brak jasnego rozdziału tych aspektów popsuł wszystko od samego początku, spowodował on więcej zamieszania, zaślepienia i konsternacji a nawet utratę zaufania opinii publicznej do uczonych niż cokolwiek w poprzednich latach. Wierzę, że za ten stan rzeczy odpowiedzialni są głównie uczeni rządowi i ich orędownicy. To, co się zdarzyło, polega na tym, że najpierw nakreślono na podstawie czysto strategicznej i politycznej linii polityczną dotyczącą broni jądrowej i prób jądrowych, a następnie dane zostały potraktowane tak, by dogodzić tej polityce. Można to zobaczyć całkiem jasno na przykład w publikacjach dra Libby, którego sposób argumentowania podobny jest do następującego: po pierwsze próbuje on udowodnić, że nie ma żadnego ryzyka, które by było związane z próbami broni jądrowej; po drugie, bomby są rozwijane w kierunku zmniejszania tego ryzyka i po trzecie, pewne ryzyko opłaca się mając na uwadze bezpieczeństwo, jakie zapewniają. Innym przykładem jest niedawno zmarły lord Chervell, który przemawiając w Izbie Lordów w Wielkiej Brytanii powiedział: „jest fanaberią twierdzić, że promienie pochodzące ze szczątków po próbach jądrowych spowodują szkodliwe skutki genetyczne“, a następnie rzekł: „z pewnością zgodzimy się wszyscy, że prawie każda ofiara zabezpieczająca nas przed ujarzmieniem przez komunizm opłaca się“.

Jednakże nie można powstrzymać się od uczucia, że duża część winy obciąża również uczonych niezależnych. Wielu z nas uczestniczyło świadomie lub nieświadomie w przesadzaniu możliwych efektów prób jądrowych albo poprzez nieostrożne oświadczenia w prasie, albo przez zezwolenie, by nasze publikacje były tak interpretowane lub źle interpretowane, by wywołać ten rezultat. Niektórzy uczeni uczynili to w postaci reakcji przeciwko nieuczciwości polityki rządu, inni ze względów politycznych lub etycznych są przeciwni próbom i konsekwentnie podnoszą wszystkie te argumenty, które mogą pomóc w kampanii przeciwko nim.

Rezultatem wszystkich tych agitacji było powstanie silnego, ludowego sprzeciwu wobec prób w wielu krajach, lecz prawdopodobnie ze złych powodów. Pewne rządy zachodnie próbowały zwalczyć ten sprzeciw czyniąc szerokie uogólnienie, że każdy kto krytykuje próby lub nawet próbuje udowodnić naukowo, że one mogą być szkodliwe, jest albo agentem, albo komunistą. Doszło do takiego stanu rzeczy, że każdy artykuł naukowy, który dotyczył jakiegokolwiek problemu odnoszącego się do biologicznych skutków promieniowania, jest natychmiast referowany w prasie codziennej i użyty jako argument polityczny w ten lub inny sposób. Rzeczywiście, powstaje problem jakie powinno być stanowisko uczonego w tych warunkach. Czy powinien on zgadzać się na publikowanie swych wyników, nie dbając o to, że mogą one być błędnie interpretowane lub zużytkowane politycznie, czy też powinien on w takich przypadkach wstrzymać się

od publikacji lub przedstawić je w tak niezrozumiałej formie, by dzienniki utknęły na nich. Jest to jeden z problemów odpowiedzialności uczonego wobec ogółu, który spodziewam się, zostanie później przedyskutowany.

W końcu powinienem może wspomnieć, że przesadzanie obaw, jakkolwiek opłakane, prowadzi czasami do niespodziewanych lecz pożytecznych rezultatów. Na przykład, prawie że panika przed skutkami broni jądrowych, jaka miała miejsce w Wielkiej Brytanii i do pewnego stopnia w Stanach Zjednoczonych około 2 lat temu, doprowadziła do utworzenia narodowych komitetów, o których już mówiłem. Komitety te oświadczyły, że wzrost poziomu promieniowania z powodu prób jest bardzo nieznaczny, lecz w ciągu swych badań odkryły one większe i bardziej poważne niebezpieczeństwo dla ludności, mianowicie wywoływane przez masowe używanie diagnostyczne promieni X. Jest całkiem możliwe, że niebezpieczeństwo to nie zostałoby ujawnione tak szybko, gdyby nie publiczny strach przed bombami. Ci zatem, którzy są mocno przeciwni tak zwanej histerii atomowej, powinni wziąć pod uwagę, że wyszło z niej coś dobrego.

Powracając teraz do problemów, które stoją przed nami w Pugwash, wydaje mi się, że jednym z naszych zadań dzisiejszych będzie oddzielenie treści naukowej od politycznej i etycznej. Ważną własnością tej konferencji jest jednak to, że w odróżnieniu od innych konferencji naukowych nie wystrzegamy się polityki. W rzeczy samej, głównym celem tej konferencji jest przedyskutowanie problemów naukowych w świetle współczesnej sytuacji politycznej i militarnej, debata jutrzejsza jest właśnie poświęcona całkowicie tym aspektom. Chciałbym więc nadmienić, że to, co robimy dzisiaj, ma na celu podsumowanie naszej wiedzy o skutkach promieniowań i niebezpieczeństwach powstających przy użyciu energii jądrowej i że czynimy to na czysto naukowych zasadach, beznamietnie i niezależnie od żadnych politycznych i etycznych rozważań.

Zreferuję teraz dane dotyczące różnych niebezpieczeństw biologicznych. Ponieważ wspomniałem już o problemie prób z bronią jądrową, więc rozpocznę może od tego. Jeśli chodzi o biologiczne skutki promieniowania, to sądzę, że zgadzamy się wszyscy, że tego rodzaju niebezpieczeństwo z dotychczas przeprowadzonych prób jest małe w porównaniu z innymi niebezpieczeństwami dla życia. Realną groźbą broni jądrowych jest ich użycie w wojnie, a nie ich próby. Pomimo to problemy wywołane przez próby jądrowe, mianowicie czysto biologiczne skutki, spowodowane przez poddanie olbrzymich zbiorowisk ludzkich małym dawkom promieniowania, mają duże znaczenie. Możemy to dostrzec, jeśli weźmiemy pod uwagę, że w wielu krajach ludzkość jest już poddana poważnym dawkom na skutek radiologii diagnostycznej, a w przyszłości może wystąpić wzrost poziomu promieniowania spowodowany przez rozwój elektrowni atomowych, przemysłowe wykorzystywanie izotopów itp. Chciałbym więc zreferować krótko, co wiemy o skutkach małych dawek promieniowania, niezależnie od źródła, z którego może ono powstać.

Gdy mamy do czynienia z małymi ekspozycjami, rzędu naturalnego tła promieniowania, powinniśmy rozważać tylko ostateczne skutki, w odróżnieniu od skutków bezpośrednich. Głównym problemem jest zatem jakie skutki, jeśli w ogóle występują, wywoływane są przez promieniowanie i jaki jest związek pomiędzy skutkami a dawką. Pod tym względem naj-

proszym wydaje się być niebezpieczeństwo genetyczne. Sądze, że wszyscy genetycy zgodzą się na następujące: 1) że liczba mutacji wywołanych przez promieniowanie jest proporcjonalna do dawki; innymi słowy, nie ma dawki progowej, 2) że skutki są niezależne od zmian dawkowania, 3) że jest to zjawisko kumulatywne, tzn. że całkowita liczba mutacji otrzymuje się z sumowania wszystkich dawek, jakim poddana została cała ludność w ciągu całego okresu życia reprodukcyjnego, a sposób, w jaki ta dawka została rozdzielona na ludność, jest nieistotny, 4) że ogromna ilość nowych mutacji jest szkodliwa.

Wszystkie te fakty oparte są na obserwacjach innych gatunków, głównie muszek owocowych i mysz, lecz nie ma oczywiście wątpliwości, że wyniki te mogą być ekstrapolowane na rodzaj ludzki. Pewne wątpliwości budzi jednak tzw. „dawka podwójna“, dawka promieniowania konieczna dla podwojenia ilości mutacji, występujących w sposób naturalny i spowodowanych przez naturalne tło promieniowania lub inne przyczyny. Wydaje się być zgodną opinią, że dawka podwójna leży pomiędzy 30 a 80 r., lecz pewni genetycy wyrażają wątpliwości co do całej koncepcji dawki podwójnej. Mówią oni, że różne geny i różne położenia genów mogą mieć bardzo różne stopnie podatności na specyficzne czynniki mutacyjne, tj. na promieniowanie lub środki chemiczne. Oznacza to, że poddając dany gatunek działaniu dawki podwójnej mutacje pewnego czułego położenia genów mogą wzrosnąć nadmiernie, mimo iż inne położenia mogą pozostać prawie nienaruszone. Mam nadzieję, że prof. Muller objaśni nam to i powie, czy psuje to trochę sprawę. W każdym bądź razie jasne jest, że z genetycznego punktu widzenia każdy wzrost promieniowania, jakkolwiek mały, jest szkodliwy i powinien być unikany.

Sytuacja staje się bardziej zagniatwana, jeśli rozważamy skutki somatyczne. Do skutków tych należy występowanie neoplazmy, czyli leukemii i rak kości, katarakta i inne zmiany tkanki oraz skrócenie czasu życia. Wiadomo jest, że wszystkie te skutki można wywołać przez wielkie dawki promieniowania, lecz nie ustalono jeszcze, czy zależność jest liniową funkcją dawki względnie czy ta funkcja jest sigmoidalna czy też inna, co w praktyce oznaczałoby istnienie progę. Nawet dla dużych dawek nie wiadomo, czy skutki są postaci doese-rate, tzn. czy dawka pojedyncza da ten sam wynik, co ta sama dawka rozłożona na dłuższy okres czasu.

Uważam, że ta ostatnia wątpliwość dotyczy leukemii. Ostatni artykuł E. B. Lewisa w *Science* podaje uzyskany dowód na wywoływanie leukemii przez promieniowanie jonizujące. Wydaje się, że potwierdza on dość rozstrzygająco liniową zależność pomiędzy występowaniem leukemii a dawką promieniowania na całe ciało; gradient krzywej daje prawdopodobieństwo $2 \cdot 10^{-6}$ na r na rok. Jeśli skojarzymy te dane z naturalnym występowaniem leukemii w Wielkiej Brytanii i Stanach Zjednoczonych, to dochodzimy do interesującego wyniku, że dawka podwójna dla leukemii wynosi około 30 r, a więc tyle samo co dla skutków genetycznych.

Obliczenie występowania raka kości na skutek małych dawek promieniowania oparte jest na o wiele gorszych podstawach. Przypadki raka kości obserwowane były wśród ludzi poddanych działaniu radu lub wśród tych ludzi, którzy zostali przypadkowo napromieniowani radem podczas pracy. Liczba tych przypadków jest zbyt mała, abyśmy mogli wydedukować z niej czy zależność między dawką a skutkiem jest liniowa czy nie!

W przypadku doświadczeń radiostrontowych ze zwierzętami w Argonne wydaje się, że wskazują one na istnienie zależności typu progowego, lecz doświadczenia te są trochę podejrżane. Wszystko co można obecnie powiedzieć, to to, że nie wiemy, co to jest za zależność. Jeśli jednak przyjmimy zależność liniową, wtedy z zaobserwowanych przypadków raka kości, spowodowanych pochłanianiem radu, możliwe jest wyliczenie prawdopodobieństwa pochłaniania rakowatego dla danej dawki. Co ciekawe, wynik wypada bardzo zbliżony do wyniku dla leukemii.

Zgodności te dla całkowicie różnych skutków mogą być oczywiście przypadkowe, lecz z drugiej strony mogą one wskazywać, że wszystkie biologiczne skutki promieniowania mają wspólne pochodzenie. Mogą one wynikać na przykład z mutacji komórek somatycznych lub genetycznych, jak to sugerował przed laty prof. Muller.

Na marginesie czuję, że warto by poświęcić trochę czasu na wyjaśnienie fizykom punktowo mutacyjnej teorii pochodzenia raka, gdyż dla pewnych fizyków wydaje się ona całkiem niezrozumiała. Lord Cherwell, na przykład, w swym przemówieniu, na które się powoływałem, wyśmiał ideę liniowej zależności, obowiązującą aż do bardzo małych dawek. Powiedział on: „Jeśli ktokolwiek powie ci, że z tego, iż połowa spośród ludzi, którzy przyjęli 1 gran pewnej trucizny, umarła, wynika, że przyjęcie 1/600 części grana zabiłoby jedną osobę na 1200 osób, to sądzę, że byłbyś raczej zdziwiony“. Będąc sam fizykiem przyznaję, że zajęło mi trochę czasu przyzwyczajenie się do idei raka, będącego skutkiem bardzo małej dawki, mimo że analogia ze skutkiem wywołanym przez pojedynczy neutron w reakcji łańcuchowej powinna mi była pomóc.

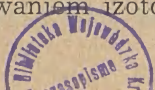
W końcu wpływ na długość życia. Tutaj też jest wiele niepewności. Dowód zawarty w raporcie Narodowej Akademii Nauk w Stanach Zjednoczonych, że radiolodzy żyją 5 lat krócej niż inni lekarze, w USA został ostatnio uznany za nierozstrzygający. Sam efekt jednak został na zwierzętach ustalony bez wątpliwości i stąd możemy wnioskować, że występuje on również wśród ludzi. Nie jest jednak bynajmniej pewne, czy skrócenie czasu życia jest liniową funkcją dawki, oraz jak ono zależy od zmian dawki. Jeśli przyjąć liniowość, wypada, że poddanie całego ciała działaniu dawki 1 r skróciłoby długość życia o około 5 dni. Sądzi się, że skrócenie to spowodowane jest przez przyspieszenie ogólnych procesów starzenia, tak że osobnik, który przyjął dawkę promieniowania, byłby fizjologicznie starszy niż osobnik nie napromieniowany o tym samym wieku kalendarzowym. W związku z tym chciałbym wspomnieć o ostatnich wynikach otrzymanych przez G. W. Russela w Oak Ridge, że potomstwo napromieniowanych zwierząt wykazało to samo skrócenie czasu życia co ich rodzice.

Mając przedyskutowane różne biologiczne skutki małych dawek promieniowania — tak dalece jak je obecnie znamy — możemy następnie wyliczyć liczbę przypadków, które są prawdopodobnie skutkami różnych zastosowań promieniowania. Można to zrobić albo przez podanie liczby absolutnej, albo przez odniesienie jej do spontanicznego występowania danego skutku. Te dwa sposoby przedstawienia wywołują całkiem odmienne reakcje ogółu: powiedzenie, że jedna próba bomby może wywołać 1000 przypadków leukemii jest zatrważające, powiedzenie, że wynik jest taki sam, jakbyśmy żyli o 100 stóp wyżej, czyni całą rzecz bardzo atrak-

cyjną; oba te twierdzenia mogą być słuszne, Sposobem właściwym. oczywiście, jest podanie zarówno liczby absolutnej jak i względnej.

Ze względu na dużą niepewność co do wielkości niebezpieczeństw wydaje mi się, że miarą dla skutków wywoływanych przez promieniowania powinno być tło naturalne i jego fluktuacje. Naturalne tło zmienia się zależnie od rodzaju gleby, rodzaju budynków, w których się mieszka, wysokości nad poziomem morza, szerokości geograficznej. Pomimo że w najgorszych warunkach, powiedzmy dla ludności żyjącej w Andach na wysokości 15 000 stóp, gdzie gleba jest granitowa, tło może być trzy razy większe niż w Wielkiej Brytanii, to dla większości zaludnionych terenów fluktuacje są o wiele mniejsze. Biorąc pod uwagę rozkład i sposób życia ludności można wyliczyć z grubszą standardowe odchylenie od naturalnego tła. Sugeruję, że jeśli dawka uzyskana z danego źródła jest bardzo mała w porównaniu z tym standardowym odchyleniem, wtedy może ono być uważane za statystycznie bez znaczenia, nawet jeśli ono jest duże w sensie absolutnym. Jeśli jednak dawka jest tego samego rzędu wielkości, co odchylenie standardowe, wtedy należy na nią patrzeć z pewną uwagą.

O ile chodzi o dawkę dla gonad, to średnia roczna dawka z tła naturalnego wynosi około 100 mr lub 3 r w ciągu całego okresu reprodukcyjnego 30 lat. Odchylenie standardowe wynosi około 0,8 r. Dawka dla gonad, którą otrzymuje ludność z różnych innych źródeł, została ustalona dla Wielkiej Brytanii i Stanów Zjednoczonych w raportach komitetów krajowych. Dane ich są następujące: (1) diagnoza przy pomocy promieni X — około 3 r; 2) ekspozycja związana z pracą w przemyśle itp. — około 0,05 r; 3) zegarki świecące — 0,03 r; 4) różne inne źródła — około 0,003 r; 5) próby z bronią jądrową: jeśli próby odbywają się z taką częstością jak do tej pory — 0,03 r w Zjednoczonym Królestwie i około 0,1 r w USA. Dane te odnoszą się tylko do promieniowania zewnętrznego; wpływ cezu w ciebie może ewentualnie podwajać dawkę dla gonad. Nie posiadam żadnych danych dla dawek otrzymywanych przez ludność w innych krajach, lecz wydaje się prawdopodobne, że punkt pierwszy będzie na ogół mniej ważny, gdyż diagnostyka radiologiczna nie jest poza Europą i USA tak rozprzestrzeniona. To samo odnieść można do punktu 2, 3 i 4. Z drugiej strony dawka z prób jądrowych może być nieco większa w innych krajach, gdyż w obliczeniach tych przyjęto pewien stopień bezpieczeństwa ze względu na ochronę, jaką dają budynki, w których ludzie, jak przyjęto, spędzają większą część swego życia. Wiele narodów żyje w mniej masywnych budynkach i spędza więcej czasu na otwartej przestrzeni. Rozważania te redukują różnicę między punktem 1 a 5, lecz nawet wtedy wniosek końcowy będzie prawdopodobnie taki, że jeśli chodzi o promieniowanie zewnętrzne, to skutki genetyczne prób jądrowych są małe w porównaniu z tłem naturalnym. Z drugiej strony szkody genetyczne, które mogą powstać z diagnostycznych promieni X, są stanowczo poważne. Jeśli żąda się jakiejś akcji dla zredukowania dodatkowych dawek, na które narażona jest ludzkość, to powinna to być akcja właśnie przeciwko tym promieniom. Drugim źródłem promieniowania, które wymaga starannej uwagi, jest to, które powstaje z ekspozycji przy pracy w przemyśle i medycynie. W Wielkiej Brytanii wynosi ono już około 0,05 r. Wraz ze wzrostem mocy jądrowych i szerszym stosowaniem izotopów promieniotwórczych dawka



z tych źródeł może poważnie wzrosnąć. Budowanie na całym świecie reaktorów jądrowych z towarzyszącym ryzykiem redukcji urządzeń ochronnych w celu obciążenia kosztów reaktora może spowodować wzrost dawki gonadowej. W końcu musi być rozwiązany dokuczliwy problem bezpiecznego pozbycia się produktów ubocznych energii atomowej, jeśli nie ma on stać się najbardziej poważnym niebezpieczeństwem.

Powróć teraz do wyliczenia niebezpieczeństwa somatycznego. Tutaj przyjmuje się często za kryterium bezpieczeństwa maksymalną dawkę dopuszczalną lub maksymalną koncentrację dopuszczalną, jak to ustalono przez Międzynarodową Komisję dla Ochrony Radiologicznej. Słyszysz się powielekroć twierdzenie, że dopóki otrzymywane promieniowanie jest mniejsze niż maksymalne dopuszczalne, dopóty w ogóle nie ma ryzyka. Uważam, że jest to fałsz. Po pierwsze, te maksymalne poziomy dopuszczalne zostały ustalone dla ludzi ekspozowanych na promieniowanie z racji pracy i nie wzięto pod uwagę większej podatności dzieci na promieniowanie. Po drugie, dawki te byłyby bezpieczne w wybranej grupie ludzi tylko na podstawie efektu progowego, a jak widzieliśmy, występowanie leukemii może zachodzić według prawa liniowego, co może być słuszne i dla raka. Dopóki tylko mała część ludzkości, o wiele mniejsza niż 1%, jest ekspozowana z racji pracy, dopóty liczba leukemii i raka kości będzie całkiem mała, lecz nie byłoby to słuszne, gdyby ekspozowana była cała ludzkość. Wydaje się zatem, że i w przypadku neoplazmy miarą odniesienia powinno być również naturalne tło promieniowania, a nie maksymalny poziom dopuszczalny.

Jeśli przyjmiemy średnią długość życia za 50 lat, to całkowita dawka dla kości ze źródeł naturalnych jest 6 ± 1 r. Wykorzystując poprzednio podane prawdopodobieństwo na występowanie leukemii znajdziemy — na podstawie zależności liniowej — że w takich krajach jak Wielka Brytania i USA tło naturalne wynosi około 20% naturalnego występowania leukemii. Jeśli rozważamy źródła wykonane przez człowieka, to opad z prób jądrowych wydaje się bardziej poważnym czynnikiem niż w przypadku skutków genetycznych. Niebezpieczeństwo powstaje prawie całkowicie na skutek pochłaniania strontu 90. Koncentracja tego izotopu mierzy się w tzw. S. U; jedna taka jednostka odpowiada 10^{-12} curie na gram wapnia. Maksymalna dopuszczalna koncentracja strontu 90 wynosi 1000 S. U. Jeśli się weźmie pod uwagę ilość strontu, która ciągle krąży w stratosferze i opadnie w ciągu lat, to znajdziemy, że jeśli nie będzie się przeprowadzać dalszych prób, ilość strontu w kości w stanie równowagi wynosić będzie 4 S. U. Jest to około 10% naturalnego tła i prawie równe odchyleniu standardowemu. Zgodnie z naszym kryterium niebezpieczeństwo strontowe jest zatem poważne, nawet przy zasadzie względnych zmian. W liczbach absolutnych może ono oznaczać około 50 000 przypadków leukemii lub raka kości na świecie na skutek dotychczas przeprowadzonych prób.

Na koniec została nam sprawa skrócenia czasu życia. Na podstawie 5 dni na r znajdujemy, że skrócenie życia spowodowane przez tło naturalne wynosi 40 dni na 70 lat. Jest to tak mało w porównaniu z normalnymi fluktuacjami w oczekiwaniach życiowych, że każde źródło promieniowania tego samego rzędu co tło naturalne będzie z tego punktu widzenia całkiem bez znaczenia. Z drugiej strony problem ten staje się poważny dla

tych osobników, którzy zazwyczaj przyjmują dawki aż do maksymalnego poziomu dopuszczalnego. Zgodnie z regulacją dokonaną przez MKOR maksymalny poziom dopuszczalny wynosi 0,3 r na tydzień, co mogłoby oznaczać utratę życia o około 1,5 dnia na tydzień. Po 40 latach pracy taki osobnik — nawet mający rokrocznie 4 tygodnie urlopu — może mieć życie skrócone o 8 lat. Jest to raczej duża ilość, co wskazuje, że nawet z tych względów maksymalny poziom dopuszczalny musi być dla ludzi narażonych na promieniowania przy pracy zredukowany przynajmniej trzykrotnie.

Chcę teraz przedyskutować najważniejszy może dla nas problem: skutki wojny jądrowej na całą skalę. Jak oświadczyłem na początku, jestem głównie zainteresowany szkodami radiologicznymi zarówno krajów walczących jak i ludności reszty świata. Na pierwszy rzut oka wydaje się to ogromnie trudnym problemem ze względu na wiele subtelnych założeń, jakie trzeba poczynić. Na przykład, jak wiele użyłoby się bomb, jaki typ bomb, czysty czy brudny, jakiej wielkości, na jakiej wysokości eksplodowałyby, jak byłyby one rozdzielone w czasie i przestrzeni? Zależnie od poczynionych założeń wyniki mogą zmieniać się w tak szerokim zakresie, że można powątpiewać, czy takie obliczenia w ogóle mają jakiś sens. Jednakże mała refleksja wskazuje, że można dokonać przepowiedni z dużym stopniem prawdopodobieństwa.

Po pierwsze, okreśmy kim będą strony walczące. Wydaje się prawie pewnym, że jeśli wybuchnie wojna na całą skalę, to nastąpi ona tylko między dwoma największymi potęgami, Stanami Zjednoczonymi i Związkiem Radzieckim. Przyjmę dalej, że wojna nastąpi za 5 do 10 lat, w ciągu którego to czasu obie strony rozbudują prawdopodobnie międzykontynentalne pociski balistyczne i będą zdolne w ciągu krótkiego czasu lotu dostarczyć bomby na wielką odległość. W takich warunkach wydaje się rozsądnym przyjąć, że odwet za agresję będzie musiał być natychmiastowy. Oznacza to, że nie byłoby czasu na wydawanie rozkazów przez rząd centralny; na długo przed wybuchem wojny obie strony utworzą pewną liczbę posterunków w różnych częściach świata uzbrojonych w broń jądrową, których dowódcy będą poinstruowani, by wysłać bomby natychmiast po otrzymaniu wiadomości, że druga strona atakuje. Oznacza to, że skoro tylko wybuchnie wojna, obie strony natychmiast wypuszczą maksymalną ilość bomb, ile tylko posiadają. W obliczeniach tych przyjmuję, że każda strona zdoła doprowadzić do eksplozji na terytorium wroga 1000 bomb.

Drugi punkt dotyczący typu bomb można również dobrze przewidzieć. Ostatnio słyszeliśmy wiele o budowie czystych bomb i twierdzi się, że takie bomby są humanitarne w tym sensie, że nie zabijają przez promieniowanie. Lecz jest oczywiste, że w wojnie na całą skalę takie rozważania nie będą miały znaczenia, z wyjątkiem pewnych specjalnych warunków. Każda broń termojądrowa musi mieć pewien rodzaj zbiornika skupiający materiał rozszczepialny tak długo, dopóki nie rozwinie się reakcja. W czystej bombie zbiornik ten byłby z materiału obojętnego, innymi słowy o martwej wadze. W bombie brudnej zbiornik wykonany jest z uranu, co oznacza, że przy tej samej wadze bomby otrzymuje się o wiele większą siłę eksplozji niż w bombie czystej. Odrzucenie dodatkowej siły eksplozji byłoby głupotą dla każdej strony, zwłaszcza że powiększa to koszty nie-

znacznie. Potrzeba powiększenia dodatkowej siły eksplozji staje się oczywista, gdy weźmie się pod uwagę, że ze względu na udoskonalenie obrony dokładność trafień będzie mocno ograniczona — w konsekwencji większa siła eksplozji byłaby korzystna. Z tych przyczyn wierzę, że gdy wybuchnie wojna, brudne bomby będą użyte.

Te same rozważania prowadzą do wniosku, że wysokość, na której bomby będą eksplodowały, będzie taka, by spowodować maksymalne szkody od ciepła i podmuchu, tj. około 10 000 stóp ponad ziemią.

Co się dotyczy wielkości bomb, to będzie się dążyć do największej siły eksplozyjnej; przyjmę w mych obliczeniach, że bomby będą największej wielkości z dotychczas wypróbowanych, tj. 20 megaton.

W ten sposób, w tej wyimaginowanej wojnie Stany Zjednoczone rzucą 1000 brudnych 20-megatonowych bomb na Rosję, a Rosja rzuci podobną ilość bomb na USA. Liczba 1000 bomb jest dowolna, lecz podając tę liczbę wziąłem pod uwagę ilość uranu, jaka będzie w rozporządzeniu na skorupy tych bomb, oraz to, że chyba nie więcej jak jednak trzecia część bomb przedrze się przez obronę.

Fale uderzeniowe i ciepłe spowodują prawdopodobnie zniszczenie około 10% powierzchni USA i odpowiednio mniej w Rosji. Nawet przy słabym celowaniu większość jednak z wielkich miast po obu stronach byłaby zniszczona i poważna część ludności po obu stronach zostałaby zabita natychmiast. Problem nasz polega na tym, co się stanie z pozostałą ludnością i tu w grę wchodzi niebezpieczeństwo radiologiczne.

Przy wysokości eksplozji około 10 000 stóp opad lokalny wynosiłby około 25% wydajności całkowitego rozszczepienia. Zakładając, że byłby on rozłożony w sposób jednorodny na całej przestrzeni rozważanych krajów, tj. 3 miliony mil kw. dla USA i 8 milionów mil kw. dla ZSRR, można łatwo wyliczyć, jaka byłaby zmiana dawki na terenie otwartym w różnych chwilach po eksplozji. Z takich wyliczeń wynika, że ludzie przebywający na otwartym terenie pochłonęliby 3400 r w ciągu pierwszych 8 godzin, 4700 r w ciągu pierwszych 24 godzin, 6400 r w ciągu pierwszych 7 dni, 7300 r w ciągu pierwszego miesiąca i 8100 r w ciągu pierwszych 6 miesięcy. Cytuję wszystkie te dane pomimo faktu, że parę pierwszych godzin wystarczy, by zabić każdego, gdyż przy jakimś racjonalnym systemie ostrzegawczym niewiele ludzi pozostałoby na terenie otwartym, a każdy rodzaj schronu pozwoli na dużą ochronę. Na przykład ludzie mieszkający w suterrenach masywnych budynków mieliby dawkę zredukowaną prawie 100-krotnie. Mieszkający zaś w specjalnie skonstruowanych głębokich schronach mogą mieć czynnik ochrony rzędu 10 000. Powyższe dane dowodzą, że nawet jeśli ludzie pozostaną w takich schronach przez cały tydzień po wojnie, to będą oni ciągle narażeni na otrzymanie dawki śmiertelnej, gdy wyjdą potem na powierzchnię. Można wyobrazić sobie, oczywiście, system głębokich schronów, przygotowanych dla całej ludności i zaopatrzonych wystarczająco w pożywienie, aby utrzymać ludzi przy życiu, dopóki aktywność nie zniknie lub nie zostanie usunięta przez oddziały odkażające. Z pewnością, jeśli się jest zdolnym do wydania wystarczająco dużej ilości pieniędzy, to zawsze jest możliwe uchronienie pewnej części ludności, lecz nawet wtedy będzie pewna ilość problemów, które wpłyną na losy pozostałych przy życiu. Na przykład zakażenie gleby może oznaczać, że żadne nowe pożywienie nie może wyrosnąć przez

wiele lat; życie zwierzęce będzie poważnie zmienione; wszystkie żywe bydlę będzie zabite a nawet te z nielicznych gatunków, które pozostaną przy życiu, mogą nabyć zupełnie innych własności i w ten sposób zmienić całą równowagę biologiczną.

Rozważmy teraz wpływ wojny na narody nie biorące w niej udziału, które tworzą 85% całej ludności świata. Na większość z nich oddziaływać będzie już inny opad niż lokalny. Jest to głównie opad globalny, złożony z cząstek, które dosięgły stratosfery i które mogą opadać może parę lat. W tych warunkach główny efekt zewnętrzny byłby spowodowany przez cz. 137. Przy założeniu, że opad globalny zawierałby 50% początkowej aktywności rozszczepienia można łatwo wyliczyć, że z 40 000 megaton produktów rozszczepienia dawka, jaką otrzymają ludzie na terenie otwartym, wynosiłaby około 10 r. Jest to sporo poniżej dawki podwójnej dla szkód genetycznych i tylko około 3-krotnie więcej niż tło naturalne. Nie byłaby ona zatem śmiertelna w żadnym sensie, aczkolwiek mogłaby wywołać całkiem poważne szkody genetyczne. Poza tym występowałoby promieniowanie wewnętrzne strontu 90. Ilość skoncentrowanego ewentualnie strontu 90 wynosiłaby w kościach każdego mieszkańca od 2000 do 4000 S. U., tj. od 2 do 4-krotnie przewyższałaby maksymalną dopuszczalną koncentrację. Przy założeniu zależności liniowej można by zatem oczekiwać, że od 1% do 2% ludności nabawiłoby się leukemii lub raka kości. Innymi słowy, żadnych natychmiastowych zgubnych skutków można się nie spodziewać.

Nie rozważaliśmy jednak innych typów opadów troposferycznych, które opadną w ciągu pierwszych niewielu tygodni na obszar pierścieniowy, z grubsza tej samej szerokości co obszar, na którym miały miejsce eksplozje. Bardzo mało jest znana procentowość aktywności, która występuje w tym opadzie, lecz w raporcie Indyjskim wspomniano o 25% dla tego efektu. Przyjmując, że opad ten wystąpi w pasie 30° do 60° szerokości, obejmującym więc powierzchnię 50 milionów mil kw., w którym żyje około 60% ludności świata, z prędkością 10% na tydzień, można wyliczyć, że dawka otrzymana na terenie otwartym przez całą ludność wynosiłaby 330 r. Jest to dawka bardzo bliska LD 50, która oznacza, że poważna część całej ludności krajów niekombatanckich umarłaby od radioaktywnych skutków promieniowania. Poza tym wystąpiłaby koncentracja strontu 89 w ilości około 2000 S. U. i strontu 90 w ilości około 3000 S. U., dając łącznie 5000 S. U., czyli około 5 razy więcej niż maksymalna koncentracja dopuszczalna.

Rozważania te wskazują, że realna groźba dla ludności świata może powstać raczej z opadów troposferycznych niż stratosferycznych. Dla obliczenia tego niebezpieczeństwa potrzeba by więcej danych, określających, jaka część opadu należy do tej kategorii.

ZESPOŁY WSPÓŁPRACOWNIKÓW PROF. W. ŚWIĘTOSŁAWSKIEGO

W normalnie rozwijającym się zespole pracowników w instytucie badawczym, w zakładzie szkoły akademickiej lub w większej wytwórni przemysłowej kierownik placówki naukowej stwarza stopniowo współpracującą z nim grupę młodych naukowców. Po kilku lub kilkunastu latach pracy grupa ta może się składać z indywidualnie pracujących naukowców, nie związanych ani ze sobą wspólną tematyką, ani z kierownikiem niemi ściśle naukowej współpracy. Może nie dochodzić do szczerej wymiany myśli w dziedzinie zagadnień rozwiązywanych lub opracowywanych przez poszczególnych członków grupy; nie są omawiane trudności techniczne lub naukowe, napotymane w toku rozwiązywania zagadnienia. Zdarza się też niejednokrotnie, że sprawozdania z wykonywanych prac stają się niejako „własnością“ czy też „osiągnięciem“ kierownika. Naukowiec, który złożył sprawozdanie, bywa lub nie bywa powiadomiony, że temat został zadowalająco rozwiązany. Otrzymanie nowego zagadnienia do opracowania rozpoczyna nowy okres pracy badawczej tego naukowca.

O ile istnieją instytucje o takim sposobie prowadzenia danego ośrodka badawczego, można tylko o nich powiedzieć, że pracują w nich nie zespoły, ale grupy jednostek — zajmujących wprowadzić wspólny lokal — ale nie związanych ze sobą żadnymi więzami wspólnej pracy naukowej, nie mających żadnej wspólnej idei, żadnej szerokiej perspektywy osiągnięcia wspólnego, na szerszą skalę zakrojonowego celu. Wydajność zespołu pracującego w sposób wyżej wspomniany jest bardzo mała.

Przeciwnie, jeżeli kierownik placówki badawczej potrafi skupić wokół siebie swych współpracowników, roztoczyć przed nimi szerokie perspektywy zamierzonych badań naukowych, wywołać w nich zapal do pracy i chęć dokonania zbiorowego, wspólnego wysiłku do wyjaśnienia jakiegoś problemu naukowego, wówczas są wszelkie szanse, że się utworzy zgrany ze sobą zespół naukowców o wiele bardziej efektywny, aniżeli grupa jednostek pracujących niezależnie jedna od drugiej. Takiego zespołu jednak nie można jeszcze nazwać „szkołą naukową“.

Lata systematycznej pracy, szereg osiągnięć naukowych w pewnym dziale uprawianej wiedzy stworzyć mogą stopniowo warunki do takiego rozwoju danej placówki badawczej, że można ją będzie wreszcie nazwać nową „szkołą naukową“.

Wypadki polityczne, ciężkie kryzysy społeczne, wreszcie tragiczne losy narodu polskiego jako całości sprawiały, że częstokroć — mimo pomyślnych warunków rozwoju samego ośrodka pracy naukowej — szkoła w rzeczywistym znaczeniu tego wyrazu powstać mimo to nie mogła.

W istocie, wytworzone w danym ośrodku kadry naukowe zmuszone były często szukać zatrudnienia gdzie indziej i zarodek „szkoły naukowej“ dalej rozwinąć się nie mógł.

Historia Polski bogata jest w przykłady zamierania szkół naukowych niemal w samym ich zarodku. Znamy też inne przykłady. Matematycy polscy zdołali uchronić swą kadrę, mimo tragicznych losów całego kraju, i nie bacząc na poniesione straty szkołę matematyczną zachować i obecnie dalej ją rozwijać.

Jeżeli chodzi o chemików, to nie tylko straty w ludziach były wszędzie bardzo znaczne, ale o wiele większe było również rozproszenie się kadry po całym obszarze Polski, co — rzecz prosta — uniemożliwiało skupienie w danym ośrodku badawczym dostatecznie licznej kadry, pracującej nad określonym poważniejszym problemem naukowym.

Pod tym kątem widzenia rozpatrywać należy wysiłki wszystkich wybitnych chemików, zmierzających do pozostawienia po sobie pewnej liczby następców, należycie przygotowanych do dalszego prowadzenia prac naukowych, zainicjowanych przez swych poprzedników. Wielostronny i szybko postępujący rozwój chemii i jej zastosowań technicznych jest dodatkową przyczyną trudności tworzenia się chemicznych szkół naukowych, mogących z pokolenia na pokolenie przekazywać tradycje rozwoju danej placówki badawczej z jednoczesnym unowocześnianiem samej problematyki i ulepszaniem sposobów technicznych wykonywania prac doświadczalnych.

Trudności tworzenia trwałych szkół naukowych wzrastały bardzo znacznie wówczas, gdy kierownik prac badawczych, zwłaszcza doświadczalnych, zmieniał kilkakrotnie w ciągu swego życia nie tylko miejsce swego pobytu, ale również kraj, w którym rozpoczynał każdorazowo od nowa opracowywać nowe działy uprawianej przez siebie specjalności.

Do takich uczonych niewątpliwie należał W. Świętosławski. Pracę teoretyczną nad termochemią rozpoczął on w Warszawie na jesieni 1907 r. Dwa lata pracował nad tym zagadnieniem w charakterze asystenta, a następnie stypendysty na Politechnice Kijowskiej, uzyskując już wówczas zgodę wydziału na samodzielne kierowanie pracami dyplomowymi. Z początkiem 1911 r. objął kierownictwo Laboratorium im. W. F. Ługinina na Uniwersytecie Moskiewskim. Pozostaje tam do czerwca 1918 r. i jako docent tego Uniwersytetu przenosi się do Warszawy, uzyskując katedrę zwyczajną chemii fizycznej na Politechnice Warszawskiej. Zarówno w Moskwie, jak też w Warszawie, Świętosławski otoczony był liczną gromadą swych uczniów i współpracowników. Nie będzie też błędem twierdzenie, że od 1908 r. do 1924 r. olbrzymia większość współpracowników Świętosławskiego specjalizowała się w dziedzinie termochemii. Oznaczanie ciepła spalania związków organicznych i prace podstawowe nad metodyką pomiarów tego rodzaju były wówczas jednymi z najważniejszych problemów w związku z wysuniętym w 1917 r. przez Świętosławskiego, popartym przez Polskie Towarzystwo Chemiczne w 1919 r., wnioskiem wprowadzenia do termochemii kwasu benzoowego, jako podstawowego wzorca do cechowania bomb kalorymetrycznych. (Wniosek o ustaleniu pierwszego wzorca fizykochemicznego został uchwalony w 1922 r. przez Międzynarodową Unię Chemiczną). Drugim tematem, nad którym pracował Świętosławski osobiście

i przy udziale licznych współpracowników zarówno w Kijowie i Moskwie (1908—1917), jak też w Warszawie, było badanie termochemiczne nad związkami dwuazoniowymi, dwuazowymi, nitrozowymi, oraz chloropochodnymi dwuaminami. Obie serie tych badań doprowadziły Świętosławskiego do napisania dwóch monografii *Związki dwuazowe — Badanie termochemiczne*, Moskwa 1917, oraz *Termochemia*, Warszawa 1928. Ostatnia z wymienionych książek ukazała się w 1928 r. w języku polskim i języku niemieckim, a w 1933 r. w języku francuskim.

Jest rzeczą prawdopodobną, że wydanie wspomnianej monografii doprowadziło Świętosławskiego do wniosku, że w warunkach zmiany miejsca pobytu, a więc też zmieniającego się składu uczniów i współpracowników jedynym racjonalnym sposobem utrwalenia osiągnięć naukowych, uzyskanych w wyniku pracy zespołowej, jest ogłaszanie drukiem monografii w czasie, gdy się nagromadzi odpowiedni materiał doświadczalny.

Dalszy przebieg pracy Świętosławskiego może służyć za przekonywający dowód racjonalności takiego postępowania. Do chwili obecnej Świętosławski trzyma się wiernie tej zasady i dlatego, chcąc mówić o innych zespołach współpracujących ze Świętosławskim, dość jest omówić pokrótce treść monografii, które ogłosił Świętosławski w okresie od 1933 r. do chwili pisania tego artykułu. Nazwiska tych wszystkich, którzy się przyczynili do rozwoju poszczególnych problemów omawianych w ogłaszanych monografiach, zacytowane są w nich z najdalej idącą starannością. Ponieważ liczba współpracowników Świętosławskiego przekroczyła setkę, a liczba publikacji ogłoszonych w językach: polskim, rosyjskim, francuskim, angielskim, niemieckim wynosi około pięciuset, nie ma mowy, aby można było je streścić i omówić nawet w wielkim skrócie. Zainteresowany może znaleźć spis publikacji ogłoszonych do 1954 r. w dwóch tomach *Roczników Chemii* (1938 i 1955). Kto się interesuje badaniami termochemicznymi, znajdzie w jednej z książek wspomnianych wyżej odpowiedni materiał. Zaznaczyć jednak trzeba, że egzemplarzy *Termochemii* zarówno w języku polskim, jak też francuskim i niemieckim jest w Polsce niewiele. Biblioteka Zakładu Chemii Fizycznej Uniwersytetu Warszawskiego rozporządza tylko pojedynczymi egzemplarzami, wydanymi w języku polskim i francuskim. Książka wydana w języku niemieckim znajduje się w bibliotece Instytutu Chemii Ogólnej na Żoliborzu.

W okresie od 1925 r. do najazdu hitlerowskiego rozwinęły się niezależnie od siebie trzy kierunki badań. Na terenie Zakładu Chemii Fizycznej Politechniki Warszawskiej opracowano nową technikę pomiarów, zwanych „ebuliometrycznymi“ (1924—1945), oraz pięć nowych typów tzw. mikrokalorymetrów służących do pomiaru długotrwałych, bardzo małych efektów cieplnych (1927—1939).

Pobudką do rozpoczęcia prac nad konstrukcją „ebuliometrów“ były niezadowolające wyniki pomiarów wykonywanych w 1924 r. za pomocą przyrządów skonstruowanych w 1919 r. przez dwóch badaczy amerykańskich F. G. Cottrella i E. Washburna. Badacze polscy korzystali z kilku odmian nowo skonstruowanych i ulepszonych przyrządów ebuliometrycznych i użyli ich do rozwiązania kilkunastu zagadnień, wymagających bardzo dokładnego, jednoczesnego oznaczania temperatur wrzenia

cieczy i skroplenia par wydzielanych przez wrzącą fazę ciekłą. Przyrządy ebuliometryczne, o których mowa, znalazły zastosowanie w Międzynarodowym Biurze Miar i Wag w Paryżu, w Narodowym Biurze Wzorców w Waszyngtonie, w Międzynarodowym Biurze Wzorców w Brukseli. Były one użyte również w badaniach wykonanych w Fizyko-Technicznym Biurze Niemieckim (P. T. R.) w Berlinie.

W roku 1935 W. Świętosławski ogłosił w języku polskim, a w roku 1936 w języku angielskim monografię *Ebuliometria*. W roku 1938 ukazało się w USA drugie wydanie angielskie, a w roku 1945 ogłoszone zostało rozszerzone i przerobione trzecie wydanie angielskie, noszące tytuł *Ebuliometric Measurements* (Nowy Jork). Omawiając w wielkim skrócie tematykę prac prowadzonych pod kierunkiem W. Świętosławskiego, należy zaznaczyć, że niektórzy z członków poszczególnych zespołów wyjeżdżali za granicę w celu zapoznania się z biurami metrologicznymi i innymi instytucjami naukowymi, jednakże niejako regułą było, że jadący za granicę wiozł ze sobą własny temat i zespół nowych przyrządów do rozwiązywania odpowiednich zagadnień interesujących dane biuro metrologiczne. Tak więc, w zakresie pomiarów ebuliometrycznych A. Z m a c z y ń s k i powiózł do Międzynarodowego Biura Miar i Wag w Paryżu, a następnie do Międzynarodowego Biura Wzorców Fizykochemicznych w Brukseli, potrzebny komplet ebuliometrów i wykonał tam podstawowe badania, związane z polską propozycją wprowadzenia wody jako wzorca ebuliometrycznego (Międzynarodowa Unia Chemiczna wprowadziła ten wzorzec w 1938 r.).

W 1934—1935 r. M. Wojciechowski był delegowany z takim samym kompletem przyrządów do Narodowego Biura Wzorców w Waszyngtonie i od tego czasu Biuro to ogłosiło kilka prac z zakresu ebuliometrii, posługując się tym samym kompletem ebuliometrów. W 1938 r. wykonana została w Niemieckim Biurze Fizyko-Technicznym (P. T. R.) przez A. Z m a c z y ń s k i e g o i M. M o s e r a praca porównania dwóch metod, ebuliometrycznej i innej, opracowanej przez M o s e r a, dokładnego oznaczania zależności temperatur wrzenia wody pod różnymi ciśnieniami.

Badania długotrwałych procesów, związanych z bardzo małymi ilościami ciepła (rzędu 10^{-5} kal/g.h.) rozpoczęte zostały od zbudowania (1927 r.) mikrokalorymetru adiabatyicznego do mierzenia ciepła wydzielonego przez pierwiastki promieniotwórcze. Z przyrządem tym wyjechała A. D o r a b i a ł s k a (obecnie prof. chemii fizycznej na Politechnice Łódzkiej) do Instytutu Radowego im. Curie w Paryżu. Od tej chwili rozpoczyna się w Warszawie intensywna praca zespołowa nad budową pięciu nowych typów mikrokalorymetrów. Dwa typy adiabatyiczne skonstruowane zostały w 1930—1931 r. przez I. Z ł o t o w s k i e g o (obecnie prof. Uniwersytetu Warszawskiego) po uprzednim uzgodnieniu z Marią S k ł o d o w s k ą - C u r i e. Jeden z nich miał służyć do podstawowych pomiarów ciepła absorpcji wszystkich promieni z wyjątkiem 13% promieni gamma, które przechodziły nie pochłonięte przez kulę ołowianą o średnicy 14 cm; drugi był dostosowany do pomiaru wyłącznie gamma promieni. Od 1933 r. I. Z ł o t o w s k i wykonywał serię pomiarów dla M. C u r i e, która dawała do badania różne preparaty promieniotwórcze do chwili zapadnięcia na ciężką chorobę, będącą przyczyną jej śmierci (1934).

Niezależnie od mikrokalorymetrów adiabatycznych skonstruowano inną modyfikację przyrządu do mierzenia długotrwałych procesów cieplnych, opartą na mierzeniu prędkości oziębiania się lub ogrzewania się badanego obiektu, zawieszonego w termostacie, utrzymującym stałość temperatury z dokładnością $\pm 0,001^{\circ}\text{C}$.

Przyrząd ten umożliwił stwierdzenie, że 18 kg blok ołowiany nie wydziela wcale ciepła, gdy jest umieszczony na stalowej płycie, natomiast wydziela przez długie okresy czasu bardzo małe ilości ciepła rzędu $2 - 4 \times 10^{-5}$ kal/grh. wówczas, gdy jest zawieszony na stalowych drutach, przytwierdzonych do jego górnej powierzchni. Badania te ostatecznie wyjaśniły, że wykrywane efekty cieplne wydzielane przez ołów nie są związane, jak o tym powszechnie sądzono, z występowaniem zanieczyszczeń promieniotwórczych w ołowiu, lecz spowodowane są rekrytalizacją i odkształceniem samego bloku pod wpływem własnego ciężaru. O innych zastosowaniach tej metody nie wspominamy, gdyż są one opisane w monografii *Microcalorimetry*, wydanej w języku angielskim w 1946 r. (Nowy York). W książce tej opisane są również nowy typ mikrokalorymetru lodowego oraz przyrząd zwany kalorymetrem przepływowolabiryntowym, który po wojnie został odtworzony przez W. Zielenkiewicza w pracowni termochemicznej Zakładu Chemii Fizycznej Uniwersytetu Warszawskiego.

Rzecz prosta, że *Mikrokalorimetria* omawia nie tylko osiągnięcia zespołu polskiego, ale opisuje również inne typy mikrokalorymetrów, z których znaczna większość przeznaczona była do badania krótkotrwałych, bardzo małych efektów cieplnych.

W języku polskim ogłoszony był skrót treści wyłożonej w *Mikrokalorimetrii* wydanej po angielsku (Roczniki Tow. Naukowego Warsz. 40, 114).

Trzeci zespół, pracujących w l. 1928—1939 pod kierunkiem W. Świętosławskiego w Chemicznym Instytucie Badawczym (na Żoliborzu) prowadził podstawowe badania zarówno w skali laboratoryjnej, jak też półtechnicznej nad własnościami fizykochemicznymi węgla kamiennych. Ponieważ w tym roku ukazało się w *Przemysle Chemicznym* dość wyczerpujący artykuł W. Świętosławskiego o pracach wspomnianego zespołu wspominamy tylko, że w 1942 r. ogłoszona została monografia *Coke Formation Process and Physicochemical Properties of Coal* (Nowy York, a w 1953 r. ukazało się polskie wydanie rozszerzone i uzupełnione *Fizykochemia węgla kamiennych i procesu koksowania* (Warszawa).

Okres wojenny

W latach 1941–1946 Świętosławski pracował w Instytucie Badań Przemysłowych Mellona w Pittsburghu. W tym czasie kierował pracami naukowymi czterech chemików amerykańskich. Jeden z nich — Anderson — wykonał pod nieoficjalnym kierownictwem Świętosławskiego pracę doktorską, opartą zarówno na badaniach ebuliometrycznych, jak też kriometrycznych. Wywarła ona wpływ na dalsze prace, wykonywane po roku 1946 w Polsce, gdyż była pewnym uzupełnieniem pierwszego schematu ogłoszonego przez Świętosławskiego w 1930 r., w którym po raz pierwszy rozpatrzono serię azeotropów utworzonych przez czynnik A z serią (H) homologów.

Anderson został w l. 1944—1946 najbliższym współpracownikiem Świętosławskiego i w tym czasie wykonywane były badania nad typowymi zanieczyszczeniami naftalenu.

Inne prace wykonane w Instytucie Mellona przez Świętosławskiego miały na celu rozdzielanie i oczyszczanie innych substancji zawartych w smołe węglowej. W jednej z prac wspomina Świętosławski o tym, że badania wykonywane przez niego w USA przekonywały go coraz bardziej o tym, że brak badań fizykochemicznych nad smołą węglową zaważył poważnie na niedorozwinięciu techniki racjonalnego przerobu tej smoły.

L. W. Royer i R. L. Iverson byli wydelegowani przez zarząd wielkiej budującej się wytwórni surowców do otrzymywania sztucznego kauczuku do pracowni Świętosławskiego w celu zapoznania się z metodyką pomiarów ebuliometrycznych oraz w celu opracowania dokładnej metody oznaczania zanieczyszczeń etylobenzenu, będącego surowcem do otrzymania styrenu. Opracowana metoda została opisana w monografii *Ebuliometric Measurements*.

Mówiąc ogólnie, pobyt Świętosławskiego w USA przyczynił się głównie do obranego kierunku badań rozpoczętych po roku 1948, a więc po ostatecznym przejściu z politechnicznej Katedry Chemii Fizycznej na taką samą Katedrę Uniwersytetu Warszawskiego. Rok szkolny 1947/48 był okresem przejściowym, gdyż przewidywano zorganizowaną szczerpłą pracownia uniemożliwiała wykonywanie jakichkolwiek bądź badań naukowych na szeroką skalę.

Okres powojenny

Początkowe prace z zakresu azeotropii wykonane przez K. Ziemborka i A. Orszagha zdecydowały o nadaniu badaniom nad azeotropią nowego, nie uprawianego dotychczas przez nikogo kierunku. Ziemborka miał za zadanie udzielenie Monopolowi Spirytusowemu odpowiedzi, dlaczego świeżo użyta mieszanina benzenu z tak zwaną frakcją wąskofrakcyjną benzyny doprowadza wprawdzie do odwodnionego etanolu, jednakże produkt otrzymywany zanieczyszczony jest zbyt wielką ilością węglowodorów zawartych w benzynie.

Pomijając wiele szczegółów dotyczących historii odwadniania spirytusu, musimy wspomnieć, że pomysł mieszania benzenu z benzyną sformułowany w patencie zgłoszonym w 1923 r. przez Guinota zastrzegł, aby używać benzyny wąskofrakcyjnej, destylującej się w granicach 101—102°C. Ani wynalazca metody, ani nikt inny nie wytłumaczył tego, na czym polega działanie mieszaniny benzenowo-benzynowej. Dopiero więc po dwudziestu kilku latach zagadnienie zostało rozwiązane bez reszty. Przede wszystkim frakcja 101—102°C zastrzeżona w patencie nie nadaje się do tego celu, przeciwnie wszystkie węglowodory wrzące w granicach 93—99°C tworzą z benzenem izobary wrzenia *styczne* lub *prawie styczne* do poziomej, przeprowadzonej przez punkt odpowiadający temperaturze wrzenia benzenu 80,10°C. Mieszanina zaś benzenu z wymienioną wyżej frakcją dodana do rektyfikatu, czyli etanolu zawierającego około 5% wody, poddana frakcjonowanej destylacji, składa się

z całego szeregu azeotropów czteroskładnikowych o typie ogólnym (B, E, W, H_i). Litery umieszczone w nawiasach oznaczają: B-benzen, E-etanol, W-wodę, H_i-dowolny przedstawiciel węglowodorów nasyconych, a więc parafinów i naftenów wrzących w granicach 93—99°C. Dalsze badania Zięborka i Orszagha wykazały, że jest rzeczą celową rozpatrywać nie oddzielne azeotropy, jak to czyniono dotychczas, lecz serie utworzone np. z jednego A, dwóch A, B lub trzech A, B, C czynników azeotropowych oraz serii (H) homologów i ich izomerów. Poza tym pożyteczne jest wprowadzenie pojęcia „zasięgów azeotropowych“:

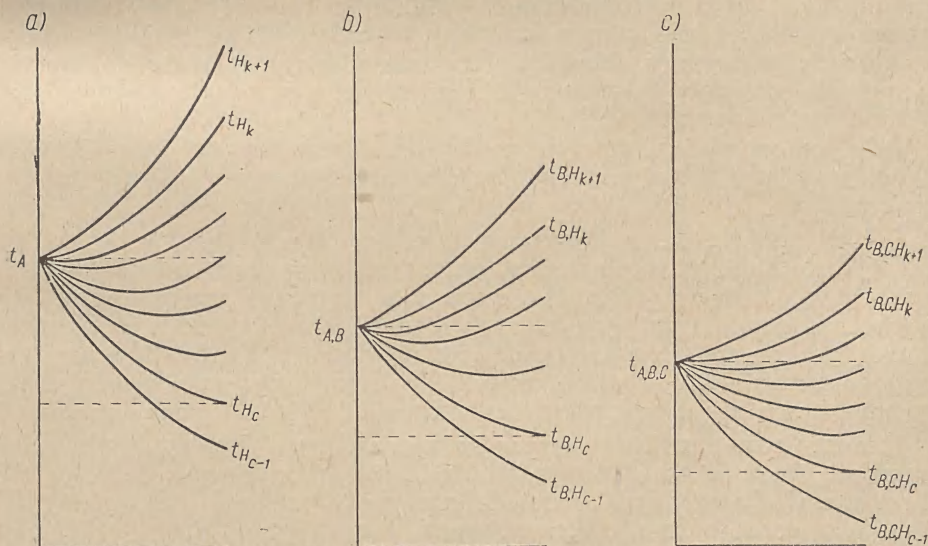
$$Z_A(H) = t_{H_k} - t_{H_e} \quad (1)$$

$$Z_{A,B}(B, H) = t_{B, H_k} - t_{B, H_e} \quad (2)$$

$$Z_{A,B,C}(B, C, H) = t_{B,C, H_k} - t_{B,C, H_e} \quad (3)$$

które wykazują, w jakich obszarach występować mogą azeotropy dwuskładnikowe (A, H_i) (r-nie 1), trójskładnikowe (A, B, H_i) (r-nie 2), oraz czteroskładnikowe (A, B, C, H_i) (r-nie 3).

Należy wyjaśnić, że t_{H_k} i t_{H_e} oznaczają temperatury wrzenia dwóch skrajnych przedstawicieli H_k i H_e substancji należących do danej serii (H) homologów i ich izomerów. Znaczy to, że czynnik A tworzy dwie styczne



Rys. 1

Skrajne izobary styczne określające wartości zasięgów azeotropowych $Z_A(H)$, $Z_{A,B}(B, H)$ i $Z_{A,B,C}(B, C, H)$

izobary wrzenia, jedną z H_k, drugą z H_e. Pierwsza izobara (rys. 1a) jest styczna do poziomej t_A , druga do poziomej t_{H_e} .

To samo odnosi się do azeotropów (A, B) i (B, H_k) i (B, H_e) (rys. 1b) oraz (A, B, C) i (B, C, H_k) oraz (B, C, H_e) (rys. 1c).

Dla lepszego zrozumienia schematycznych rysunków przedstawione zostały pęki izobar wrzenia serii azeotropów dwu-, trój- i czteroskładni-

kowych, znajdujących się w obszarach ograniczonych wspomnianymi sześcioma skrajnymi izobarą wrzenia. Definiując wartości zasięgów azeotropowych (r -nie 1, 2, 3), założyliśmy, że wspomniane izobary styczne są ograniczone przez te same dwie substancje H_k i H_e serii (H). Taki układ nazywamy doskonałym układem poliazeotropowym.

Zięborak stwierdził, że substancje: etanol, benzen i woda tworzą z serią (H) węglowodorów parafinowych i naftenowych układ poliazeotropowy prawie doskonały. Istnieją układy poliazeotropowe niedoskonałe, których zasięgi wyraża się za pomocą równań:

$$\begin{aligned} Z_A(H) &= t_{H_k} - t_{H_e} \\ Z_{A,B}(B,H) &= t_{B,H_{k+m}} - t_{B,H_{e+n}} \\ Z_{A,B,C}(B,C,H) &= t_{B,C,H_{k+m'}} - t_{B,C,H_{e+n'}} \end{aligned}$$

W równaniach tych m , n , m' i n' są liczbami całkowitymi dodatnimi lub ujemnymi.

Przedstawiliśmy klasyfikację azeotropów, czyli takich, które odznaczają się minimami temperatur wrzenia. Istnieją jednak azeotropy ujemne, które odznaczają się tym, że składniki mieszane w odpowiednim stosunku tworzą maksima temperatur wrzenia na odpowiednich izobarach. Znane są również tak zwane azeotropy trójskładnikowe dodatnio-ujemne, których jedno parę składników tworzą azeotropy dodatnie, inne zaś ujemne. W szczególności te wchodzić tu nie będziemy, odsyłając czytelnika do odnośnej monografii.

Cały ten wstęp był potrzebny, aby przejść do rzeczy, która skupiła wiele uwagi większości naszego zespołu, utworzonego w okresie powojennym.

Już w czasie prac wykonywanych przez Świętosławskiego w Instytucie Mellona wypowiedział on pogląd, że w czasie destylacji smoły węglowej, będącej produktem ubocznym kokсования węgla, powinny się tworzyć liczne azeotropy, których rozdzielenie za pomocą najbardziej sprawnych kolumn destylacyjnych jest niemożliwe. Pogląd ten wynikał z przypuszczenia, że składniki zawarte w smole węglowej tworzą między sobą liczne azeotropy, które destylują się o składzie niezmiennym.

W miarę rozwoju licznych prac doświadczalnych pogląd ten nie tylko okazał się słuszny, ale doprowadził do bardziej ogólnego wniosku, że olbrzymia większość podstawowych surowców organicznych jak nafta, wszelkiego rodzaju smoły, otrzymywane w czasie tzw. suchej destylacji paliw stałych, wreszcie produkty syntezy Fircher'a i Tropscha oraz Bergiusa są typowymi mieszaninami poliazeotropowymi. Nazywamy je tak dlatego, że zawierają one nie jedną serię homologów i ich izomerów, lecz co najmniej dwie, a zwykle znacznie większą liczbę serii homologicznych, którym towarzyszą również związki izomeryczne.

Oceniając doniosłość rozpoczęcia podstawowych prac nad mieszaninami poliazeotropowymi, Świętosławski zaproponował nazwać jeden z Zakładów Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk „Zakładem Fizykochemii Podstawowych Surowców Organicznych”. Chodziło

bowiem o podkreślenie znaczenia naukowego i technologicznego badań nad nie poznaną dotychczas naturą fizykochemiczną tych surowców, które są podstawowym materiałem do rozwoju wielkiej gałęzi przemysłu chemicznego, opartego na należytym wyzyskaniu podstawowych surowców organicznych.

Nasz zespół zwrócił szczególną uwagę na smołę węglową wysokotemperaturową, którą otrzymujemy w koksowniach w ilościach kilku setek tysięcy ton. Smoła węglowa jest najbogatszym surowcem organicznym w Polsce. Zajmujemy bowiem piąte miejsce w świecie, jeżeli chodzi o ilość otrzymywanej smoły węglowej.

W wyniku licznych badań laboratoryjnych oraz doświadczeń prowadzonych w skali przemysłowej doprowadziliśmy do tego, że możemy uzyskiwać od 90 do 93% naftalenu zawartego w smole, wówczas, gdy w innych krajach do czasu ogłoszenia naszych wyników uzysk naftalenu nie przekraczał 53%, a niekiedy wahał się w granicach od 28 do 35%.

D. Rostańska i A. Bylicki przyczynili się do znacznego powiększenia wydajności zasad pirydynowych, z których znaczna część jest używana do otrzymywania dwóch surowców: kwasu nikotynowego i izonikotynowego. Z tych surowców produkowane są: środek nasercowy (kardiamid), witamina PP oraz „hydrazid“, znany środek przeciwgruźliczy. A. Bylicki, Z. Lisicki z jednej strony, a D. Rostańska z drugiej przyczynili się do uruchomienia w Warszawie wytwórni kwasów nikotynowych w oparciu o własne metody wydzielania i oczyszczania zasad pirydynowych, jak też dalszego ich przerobu na wspomniane dwa kwasy nikotynowe.

T. Gruberski i R. Szczepanik opracowali metodę otrzymywania izomerycznych metylnaftalenów.

Liczna grupa współpracowników wzięła udział w oznaczeniu składu głównych frakcji otrzymywanych z 25 ton smoły o przeciętnym jej składzie. Prace A. Bylickiego, D. Rostańskiej i T. Gruberskiego umożliwiły wyciągnięcie konkretnych wniosków o możliwościach lepszego wyzyskania cennych związków chemicznych, zawartych w różnych olejach wydzielanych ze smoły.

J. Górzyska oczekuje na zbudowanie instalacji półtechnicznej do wydzielania i dalszego oczyszczania antracenu i karbazolu — cennych surowców do syntezy barwników.

Osiągnięcia dotychczasowe, związane z wyzyskaniem smoły węglowej jako bogatego źródła surowców chemicznych, uważane są przez nasz zespół za niedostateczne. Mamy przed sobą plan dalszych badań, które — w razie pomyślnego ich zakończenia — mogą doprowadzić do znacznego powiększenia puli eksportowej, która wzrasta już obecnie z roku na rok.

Stoimy na stanowisku, że droga do rozwiązywania problemów przemysłowych prowadzi poprzez prace teoretyczne i doświadczalne, których wyniki na pozór są bardzo oddalone od ich wyzyskania praktycznego. Prace takie prowadzone są przez nasz zespół w tak licznych ich rozgałęzieniach, że wyłożenie ich w krótkim artykule jest niemożliwością.

Wspomnieć więc można jedynie główne kierunki, w których rozwijają się prace. Ponieważ w maju br. odbyła się czterodniowa konferencja naukowa zorganizowana przez Zakład Fizykochemii Podstawowych Surowców Organicznych PAN, najdogodniej jest scharakteryzować kierunki

naszych badań wyszczególniając sekcje, na których były wygłaszane referaty przez członków naszego zespołu, podając jednocześnie przykładowo tematy niektórych referatów:

Prof. dr W. Świętosławski, *Problematyka prac badawczych naszego zespołu*.

Doc. dr K. Zięborak, *Metodyka badania układów azeotropowych*.

Mgr W. Malesiński, *Z zagadnień termodynamiki układów azeotropowych*.

Sekcja I „Azeotropia i poliazeotropia“

Doc. dr Zięborak, *Układy azeotropowe dodatnio-ujemne*.

Sekcja II „Mieszanki poliazeotropowe“

Prof. dr W. Świętosławski, *Charakterystyka fizykochemiczna mieszanin poliazeotropowych i polieutektycznych*.

Mgr D. Rostafińska, *Bilans zasad pirydynowych*.

Sekcja III „Stan krytyczny cieczy“

K. n. A. Kręglewski, *Zjawiska w obszarze krytycznym cieczy*.

Sekcja IV „Kriometria“

Mgr T. Plebański, *Statyczna metoda pomiarów kriometrycznych*.

Sekcja V „Termochemia“

Mgr W. Wóycicki, *Termochemiczne badania sorbento-jonitu „escarbo“*.

Mgr M. Wóycicka, *Ciepło mieszania w układach pirydyna, kwas octowy, węglowodory alifatyczne*.

Rozwój prac badawczych wykonanych w latach 1948—1957 pobudził W. Świętosławskiego do napisania dwóch monografii noszących tytuły: *Fizykochemia smoły węglowej* oraz *Azeotropia i poliazeotropia*. Pierwsza z nich ukazała się w 1956 r., druga w 1957 r. Obie w znacznej swej części poruszają zagadnienia nowe. Dlatego też pierwsza z wymienionych książek przetłumaczona została na język rosyjski i tłumaczy się na język niemiecki. Przypuszczać należy, że na te dwa języki przełożona będzie również druga monografia.

Ciekawe prace doświadczalne i teoretyczne wykonane były przez A. Kręglewskiego w obszarze krytycznym cieczy i ich mieszanin. Po raz pierwszy wykryty został układ trójskładnikowy, wykazujący minimum temperatury krytycznej. J. Stecki pracuje również nad teorią tzw. układów heteroazeotropowych. Doświadczalne prace wykonywane przez K. Zięboraka i jego współpracowników wniosły wiele nowego w tym dziale azeotropii, w którym bada się stopniowe przejście od azeotropów utworzonych z jednej fazy ciekłej do azeotropów (względnie zeo-

tropów) występujących w dwóch fazach ciekłych. We wszystkich tych badaniach dochodzi się do poznania nowych zjawisk, którymi dotychczas nikt się nie zajmował.

Ogłoszone zostały również prace teoretyczne autora tego artykułu zarówno z zakresu tzw. eutektyków i polieutektyków doskonałych, jak też z azeotropii.

Spis referatów przedstawionych na naszej konferencji majowej wykazuje, że poczesne miejsce zajmują również badania termochemiczne i mikrokalorymetryczne.

Praca niniejsza nie byłaby oddana do druku, gdyby nie pomoc prof. W. Świętosławskiego. Szereg danych historycznych i ich naświetlenie, jak i poruszone tematy ogólne mogły być napisane jedynie przy Jego cennym współudziale

Autor składa jak najgorętsze podziękowanie prof. W. Świętosławskiemu za poświęcony czas przy opracowywaniu niniejszego artykułu.

Henryk Kozikowski

SZKIC GEOLOGICZNY NIEMIECKIEJ REPUBLIKI DEMOKRATYCZNEJ Z NOTATNIKA PODRÓŻY

W związku z szeroko zakrojonymi pracami poszukiwawczymi na Niżu Polskim wzrosło zainteresowanie budową geologiczną kraju naszego zachodniego sąsiada. W lipcu 1956 r. grupa polskich geologów i techników przemysłu naftowego¹ przebywała w Niemieckiej Republice Demokratycznej, aby zapoznać się z osiągnięciami zawodowymi i naukowymi niemieckich kolegów. Naftowcy polscy byli podejmowani nadzwyczaj serdecznie tak przez dyrekcję jak i pracowników Staatliche Geologische Kommission.

Ogólny rys budowy geologicznej NRD poznaliśmy z referatów dr H. Kölbela i jego małżonki, omawiających geologię Meklenburgii i Brandenburgii z punktu widzenia geologii naftowej. Naftowe zagadnienie cechsztynu zreferował nam dr Schrader. Bardzo dużo wiadomości, a zwłaszcza szczegółów odnośnie niektórych serii, zdobyliśmy przy przeglądzie rdzeni wiertniczych i w czasie wycieczek (rys. 1), na których naszymi przewodnikami byli inż. Hessmann, inż. R. Wienholz i inż. K. Ebhardt oraz tłumacz inż. A. Hoffmann. Wszystkim tu wymienionym osobom a także kierowcy samochodu wyrażam szczerą wdzięczność i serdeczne podziękowanie za umożliwienie nam rozszerzenia wiadomości o geologii ich kraju, a także za usuwanie wszelkich, nawet najwykleszych trosk dnia powszedniego.

Niniejszy szkic powstał z notatek robionych w czasie niemal 5000 km podróży (rys. 1). uzupełnionych notatkami z niedostępnej na ogół u nas literatury. Ponieważ obecny obraz geologiczny Niemiec znacznie odbiega od dotychczas znanego nam z literatury, postanowiłem notaki swe udostępnić szerszemu gronu czytelników.

KRÓTKA CHARAKTERYSTYKA GEOMORFOLOGICZNA

Pod względem geomorfologicznym (rys. 2) NRD można podzielić na dwa zasadnicze obszary: 1) północno-wschodni niż niemiecki, 2) obszar górzysty obejmujący Turyngię i Saksonię.

¹ Mgr inż. A. Cwierz — wiceprezes Centr. Urzędu Naftowego, prof. dr Wł. Pożaryski — Central. Urząd Geologii, mgr H. Kozikowski — Główne Laboratorium Przem. Naftowego, mgr inż. S. Kwolek i mgr J. Stemulak z Zarządu Przedsięb. Geol. Wiertn. Przem. Naft.

Północno-wschodni niż niemiecki, ukształtowany w okresie zlodowacenia Wisły oraz w czasie stadiału Warty, dzieli się z kolei na mniejsze regiony: a) północne wzniesienie zwane także wzniesieniem bałtyckim, sąsiadujące z wybrzeżem morskim, b) wzniesienie południowe, czyli pasmo Fläming, które jako zwarta wyniosłość morfologiczna ciągnie się od dolnej Łaby przez Lüneburger Heide, Altmark do Fläming i dalej na wschód.

Wzniesienie bałtyckie jest typowym obszarem wymodelowanym przez osady polodowcowe, w których widzimy wypreparowane wielkie bramy Łaby i Odry.

Pasma Fläming jest zbudowane przede wszystkim z silnie odwapnionej moreny dennej, z wyraźnie wypreparowaną pradoliną Wrocław — Magdeburg — Brema.

Obszar nizin dyluwialnych i pradolin reprezentują przede wszystkim wielkie równiny słabo pokryte utworami polodowcowymi, przecięte pradolinami Głogów — Barut i Warszawa — Berlin, powstałymi w stadiale brandenburskim i frankfurckim ostatniego zlodowacenia.

Wybrzeże bałtyckie uległo obniżeniu w litorynowym okresie historii Bałtyku i jest charakterystyczne z powodu dużej ilości zatok, mierzei, półwyspów i przylądków, a także wybrzeży klifowych.

Południowa część NRD przedstawia odmienny obraz geomorfologiczny. Jego mozaikowa budowa swymi szczątkami sięga okresu orogenezy waryscyjskiej. Uformowana w górnej jurze i w okresie kredowym, ostatecznie uległa sprecyzowaniu w czasie alpejskiej orogenezy a jej formy morfologiczne złagodziły wody płynące i klimat czwartorzędowy.

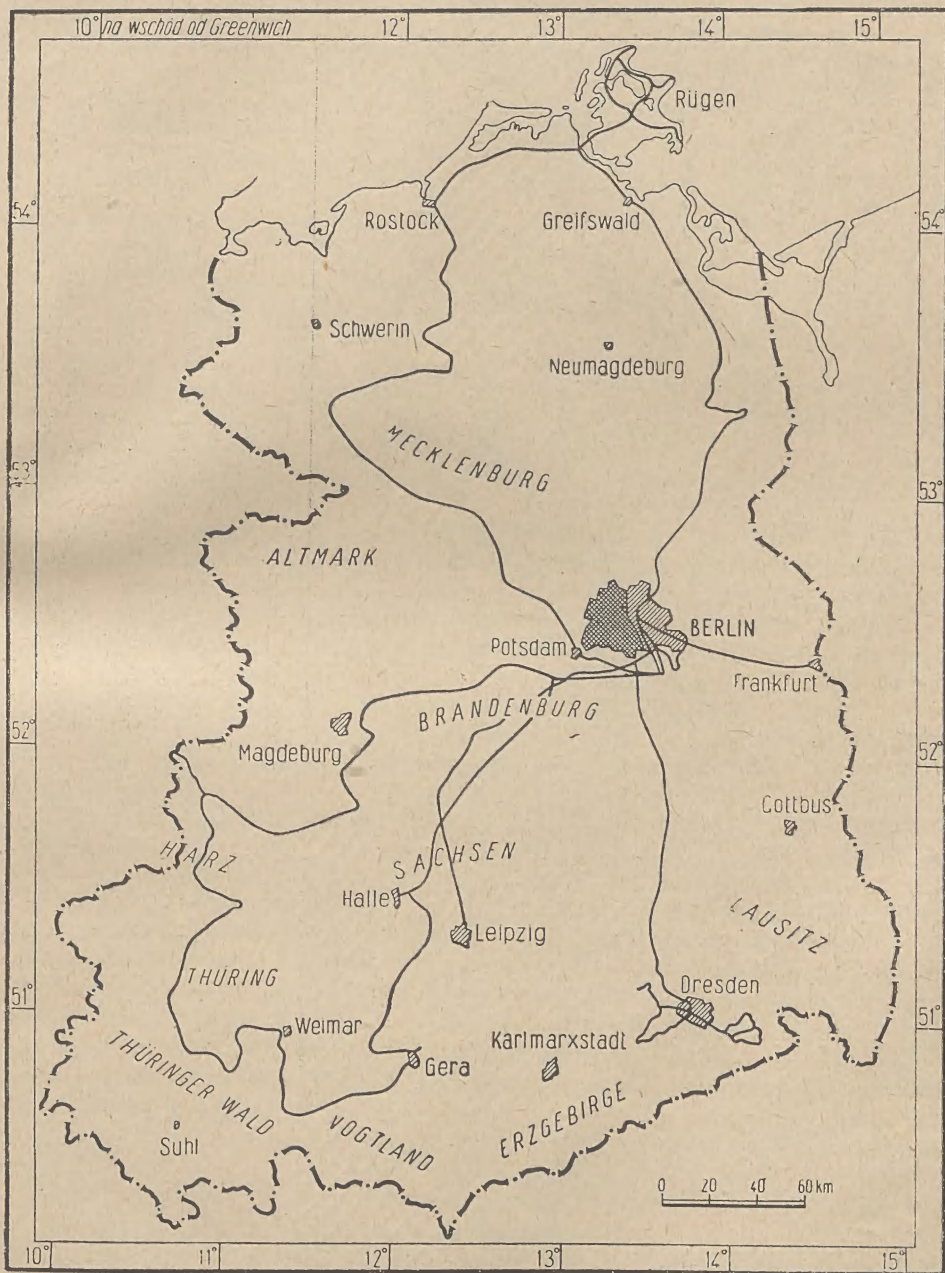
Morfologię poszczególnych regionów południowych NRD podkreślają liczne linie tektoniczne o kierunkach SW — NE (kierunek Gór Kruszcowych, waryscyjska orogeneza), oraz NW — SE (Góry Harz, hercyńska orogeneza).

Północna część tego obszaru jest pewnego rodzaju progiem górskim, należącym do części składowej odgałęzień Czeskiego Masywu. Wyróżniamy tu góry Harz wraz z ich północnym przedpołem i Niecką Turyngską od południa. Na północ od tego obszaru jest Wał Flechtyngski, a na południe prekambryjski i paleozoiczny Las Turyngski, który poprzez Vogtland i Saksonię wiąże się z Górami Kruszcowymi. Na północ od nich mamy Obniżenie Lipskie.

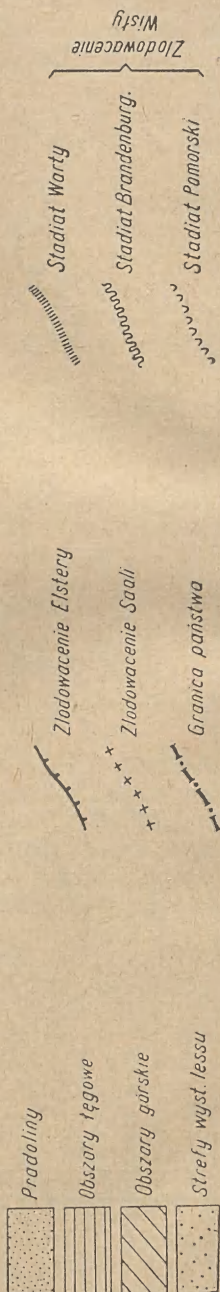
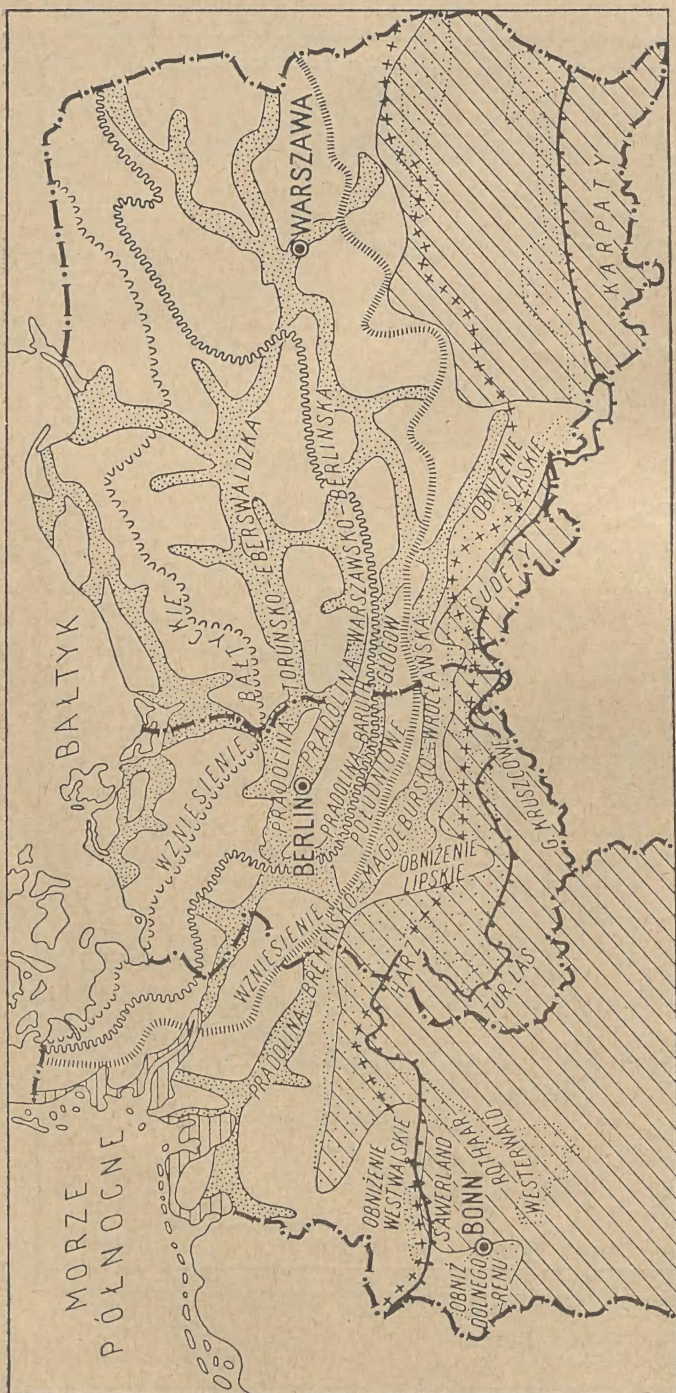
Saksonię od Łużyc oddziela przełom Górnej Łaby, wypełniony piaszczystymi osadami młodszego mezozoiku, zalegającymi na utworach prekambryjskich i paleozoicznych.

ZARYS STRATYGRAFII

Prekamb. Charakterystyczną dla tego okresu jest orogeneza assyntyjska, która powoduje przeobrażenie niektórych skał. Dla gnejsów freiberskich skałami wyjściowymi były granodioryty, które według K. Pietzcha związane z granityzacją reprezentują strefę fałdowań assyntyjskich. Gnejsy Gór Kruszcowych, zawierające częściowo otoczaki starszych skał krystalicznych, zapewne są zmetamorfizowaną pozostałością skał angonu.



Rys. 1



Rys. 2

Do algonku zalicza się również szarogłazy z doliny Łaby, z północnej Saksonii i z Łużyc.

K a m b r. Kambryjskie osady występują przede wszystkim na Łużycach. W jego dolnej części pojawiają się wapienie archeocyatusowe a na nich łupki czerwone z *Eodiscus* i *Protolenus*.

Środkowy kambr łużycki posiada wyraźne powiązanie z czeskim. Ukazuje się tu bardzo miąższa seria łupków i szarogłazów.

W górnym kambrze na terenie Łużyc stwierdzono osady lądowe pod postacią warstw z Festland porzebiane skałami wulkanicznego pochodzenia. Ogólna miąższość kambru łużyckiego wynosi ponad 2000 m.

W Vogtland kambr również jest spokrewniony z rejonem Czeskiego Masywu. Są tu środkowo-kambryjskie warstwy łupkowe z bogatą fauną trylobitów *Paradoxides*, pokrywające dolno-kambryjskie zlepińce. Górny kambr nie wykształcił się.

Kambr, spoczywający na skałach sfałdowanych w czasie orogenezy assyntyjskiej, jest na ogół okresem spokoju. Jedynie w fazie sardyjskiej objawiła się silniejsza działalność wulkaniczna.

Sylur. Ordowik jest znany z Łużyc i Turynгии; gotland przede wszystkim z Turynгии.

Ordowik zaczyna się serią kwarcytowo-łupkową, przykrytą kwarcytami i diabazami. Wyżej występuje dolna seria rudonośna oddzielona od górnej łupkami. Ponad serią rudonośną znajduje się główny kwarcyt z łupkami (*Lederschiefer*). Spoczywające na nim łupki krzemieniste należą już do dolnego gotlandu. Ku górze przechodzą one w łupki alunowe z wkładem wapieni. Serię tę pokrywają wapienie tentakulitowe wieku dewońskiego. Miąższość syluru Turynгии wynosi około 1800 m.

Miedzy dolnym a górnym sylurem mają miejsce ruchy tektoniczne, a po sylurze młodsza faza orogenezy kaledońskiej. Jednakże w Niemczech ruchy te bardzo słabo zaznaczają się.

Dewon. Niemiecki dewon należy do geosynkliny waryscyjskiej, obejmującej środkową Europę. Najpełniejszy jego rozwój znany jest z Turynгии, gdyż w Górach Harzu brak jego części niższych.

Wapienie tentakulitowe należą do gedynieniu i siegeniu. Koblenz dolny i górny ze spiryferami znany jest tak z Harzu, jak i z Turynгии. W Turynгии do koblenzu zalicza się łupki tentakulitowe sięgające aż po eifel. W Harzu koblenz reprezentują szarogłazy z łupkami, sięgające w dół po siegen. Do górnego koblenzu należą tu piaskowce i kwarcyty.

Eifel w Turynгии jest pod postacią łupków z Wissenbrok, a żywet posiada czarne łupki, których odpowiednikiem w Harzu są wapienie stringocefalusowe, muszlowce i diabazy.

Górny dewon w obu rejonach zaczyna się łupkami i wapieniami (*frasne*). Famen w Harzu reprezentują wapienie klimeniowe i szarogłazy z łupkami. W Turynгии — wapienie goniatytowe oraz łupki cyprydinowe.

W Saksonii i na Łużycach w dewonie dolnym osadzały się, po orogenezie kaledońskiej (*ludlow*), wapienie i łupki tentakulitowe oraz kwarcyty nereinowe. We wschodniej części doliny Łaby pojawiło się wówczas zgnejsowanie granitów i granodiorytów.

Dewon środkowy tych obszarów posiada czarne iłołupki i łupki.

Maksymalna miąższość dewonu wynosi w Harzu ponad 2000 m, a w Turynгии zaledwie 500 m.

K a r b o n. Posiadający luki sedymentacyjne karbon najlepiej rozwinięty jest w Saksonii. Obecność tych luk wiąże się z orogenezą waryscyjską, która w Saksonii wyraziła się w trzech fazach. Faza sudecka przypada na pograniczu pięter z goniatytami *Pericyclus* i *Gyfioceras* (Turnai — Visé). Faza Gór Kruszcowych przypada na namur B i trwa do westwalu B. Przedostatnia faza waryscyjska objawia się w dolnym stefanie.

W karonie mamy wapień węglowy, iłolupki, szarogłazy i zlepieńce. Po fazie sudeckiej — w dinancie — osadzają się warstwy z Doberlug, z Heinitzen i z Chemitz. W górnej części piętra westfalskiego osadził się węgiel kamienny, porfiry kwarcowe oraz warstwy z Grillenburg. Potem nastąpiła faza asturyjska (Westfal — Stefan). Z chwilą uspokojenia się ruchów orogenicznych osadziły się warstwy mansfeldzkie i warstwy Wettiner.

Wierceniami osiągnięto dolny karbon w Wittemberg i Balmsdorf, górny w Hillmelsdorf, pod czerwonym spagowcem. Znana miąższość warstw karbońskich wynosi łącznie około 800 m.

P e r m. Perm występuje w Turyngii, na podgórzu Harzu, w Saksonii, na Łużycach, a także w Niemczech Północnych.

Perm saksoński odbiega swych wykształceniem od permu znanego z innych rejonów. Perm dolny i częściowo środkowy Turyngii różni się nieco od permu pozostałych obszarów. Natomiast w cechsztylinie panują jednolite warunki facjalne tak w Turyngii jak też w rejonie Harzu i w Niemczech Północnych.

W Saksonii na dolny czerwony spagowiec składają się iłolupki i piaskowce, zlepieńce i porfiry. Górny czerwony spagowiec tworzą zlepieńce. Między obu seriami zaobserwowano ślady stwierdzające ruchy tektoniczne fazy saalskiej orogenezy waryscyjskiej. Cechsztylny dolny i środkowy reprezentują tu dolomity, piaskowce i zlepieńce. W górnym cechsztylinie pojawiają się pstre iłolupki oraz piaskowce z płytowymi dolomitami.

W dolnym permie Turyngii są porfiry, melafiry a także tufy, zlepieńce, piaskowce oraz iłolupki z wkładkami węgla kamiennego. Nad serią z węglem kamiennym (w. manebachskie) leżą warstwy z Goldlauter: zlepieńce, piaskowce i iłolupki, podosłane warstwami *acanthodesowymi*. Najmłodszymi są warstwy oberhofskie, składające się z piaskowców, iłolupków i porfirów kwarcowych.

Na przedgórzu Harzu i w rejonie Wału Flechtyngskiego mamy porfiry z Halle i melofiry, przykryte zlepieńcami, piaskowcami, iłolupkami, węglem kamiennym i porfirytem. Na tej serii leżą młodsze porfiryty, na których osadzały się mułowce i piaskowce.

Górny czerwony spagowiec Turyngii posiada zlepieńce i piaskowce (warstwy tembachskie), którym w innych rejonach odpowiadają warstwy z Hornburg (piaskowce, zlepieńce i ily z solą kamienną), występujące w dolinie Łaby.

Najwyższa część czerwonego spagowca w Turyngii nie istnieje (ład). Natomiast w okolicach Harzu w tym czasie osadziły się warstwy z Eisleben (piaskowce i zlepieńce).

Cechsztylny w całej NRD jest dość jednolicie wykształcony. Tworzy go formacja solonośna, reprezentowana przez 4 cyklotemy.

Najniższy — to seria Werra, która posiada anhydryt, najstarszą sól kamienną, sole potasowe, wapień, łupki miedzionośne i zlepieńce.

Seria stassfurcka — zawiera sole potasowe, staszą sól kamienną, anhydryt podstawowy, łupki cuchnące, dolomit główny oraz brunatno-czerwone iły solne.

Seria Leine — środkowe i dolne sole młodsze, sól potasową, anhydryt główny, dolomit płytowy i szare iły solne.



Grota „Baśniowa” w Saalfeld w Turyngii (w zaniechanej kopalni łupków alunowych syluru)

Seria Aller — iły, górną sól młodszą, anhydryt pegmatytowy oraz czerwone iły solne.

Na podstawie dotychczasowych badań wiertniczych i geofizycznych przypuszcza się, że w północno-wschodnich Niemczech wchodzący w rachubę przy poszukiwaniach naftowych cechsztyń leży na głębokości 3—4000 m poniżej poziomu morza.

Natomiast na Łużycach spotyka się go pod osadami trzeciorzędowymi lub nawet w formie naturalnych wychodni.

W północnej części NRD dominuje węglanowa facja cechsztynu. Jednakże obecność w niej płytowych dolomitów przemawia za istnieniem facji przybrzeżnej, na południe od której mamy fację salinarną. Zasięg jej nie jest dokładnie znany. Powinien on zbiec się z zasięgiem dolomitu, niekiedy zastępowanego przez „łupki” cuchnące (drobno warstwowany wapień). Przejście to stwierdzono w odkrywkach a także w wierceniach.

Nie jest sprawą jeszcze zupełnie pewną, czy łupki cuchnące są złożem macierzystym ropy.

Trias. Dla Saksonii i Łużyc W. Pietzsch podaje jedynie występowanie piaskowca pstrego, a między triasem i jurą znaczy starsze fałdowania kimeryjskie.

W Niece Germańskiej trias leży na łałach górnego cechsztynu. Dolny trias, czyli piaskowiec pstry, osiąga często miąższość ponad 1200 m.

Wapień muszlowy jest trójdzielny a jego miąższość waha się w granicach 125 — 370 m, w górnym wapieniu muszlowym występują charakterystyczne warstwy ceratytowe i wapień trochitowy.

Kajper zaczyna się 15 — 45 m serią łałów z wkładami węgla. Jest to tzw. kajper łałasto-węglowy i odpowiada górnej części piętra ladyńskiego facji pelagicznej. Wyższą część kajpru reprezentuje kajper gipsonosny, tzw. główny, miąższości 200—280 m. Składa się on z margli, łałów, gipsów i piaskowców.

Do kajpru Niemcy zaliczają również 40 m miąższości retyk, wykształcony jako piaskowiec z łałami.

Największe rozprzestrzenienie triasu stwierdzono w Turynгии, na Łużycach i w południowej Brandenburgii. Tworzy on tu liczne formy antyklinalne. Stwierdzono jego obecność także w okolicach Berlina i na S od niego w wielu wierceniach.

W rejonie Cottbus i w Niece Sudeckiej na triasie leży kreda. Ponadto znany jest trias z wierceń w Greifswald oraz w pobliżu uskoków łużyckich.

Jura. Najlepiej jest opracowana i rozpozniowana jura w NRF. Ten sam podział stratygraficzny przyjmuje się w NRD, gdyż tak tu jak i tam jura wykształcona jest w facji o charakterze epikontynentalnym.

Lias zaczyna się warstwami psylocerasowymi, przykrytymi łałami schloetheimiowymi, na których spoczywają warstwy arietitesowe. Jest to piętro α . Lias β reprezentują łały cyfusowe, przechodzące ku górze w margle jamesoniowe i capricornusowe należące do piętra γ . Do liasu δ należą łały amalteusowe, przykryte liasem ϵ , wykształconym pod postacią łupków posydoniowych, które w stropie przykryte są marglami jurensonowymi. Średnia miąższość liasu wynosi około 320 m.

Dogger również rozbito na piętra: od α do ζ . Zaczyna się on łałami opalinowymi. Piętro β reprezentują łały munchsoniowe lub piskowce. W doggerze γ mamy warstwy sawerbyi oraz saueri, przechodzące ku górze w łały koronadowe.

Górny dogger zaczyna się warstwami parkinsoniowymi przykrytymi warstwami makrocefalowymi. łały ornatowe stanowią strop doggeru i należą już do piętra ζ . Średnia miąższość doggeru wynosi około 300 m.

Oksford rozbito na piętra α i β posiada warstwy: Heersum oraz oolit koralowy. Kimeryd ($\gamma + \delta$) reprezentują wapienie i margle. Dolny portland, czyli malm ϵ leży niezgodnie na kimerydzie i zbudowany jest z warstw gigasowych, które swym stropem sięgają po dolną część mal-

mu ζ . Na nich leżą wapienie płytowe, przykryte marglami. Na marglach niezgodnie spoczywają warstwy serpulitowe, przykryte wapieniami purbeku.

W Saksonii jura występuje jedynie lokalnie jako łupki i wapienie o niesprecyzowanej przynależności stratygraficznej (dogger — malm?).



Stalaktyty i stalagmity w naturalnych grotach Rübeland
(Dewon Gór Harz)

Na Niżu Wschodnio-Niemieckim obecność jury stwierdzono wierceniami. Miąższość liasu wynosi tu 100 — 300 m. Najniższy lias jest lądowy. Jurę wraz z kredą stwierdzono także na S od Harzu, w rowie tektonicznym o kierunku S — N. Na południe od Rugii nawiercono jurę w Grimmen i w Greifswald, na dwu odrębnych strukturach.

W Marnitz nawiercono lias całkiem marglisty. Ponadto stwierdzono, że marglistość ta wzrasta w kierunku wschodnim.

Dogger w Meklenburgii osiąga maksymalnie 600 m miąższości. Wraz z malmem spotykamy go w strukturze Ketzin oraz w jądrach wielu innych antyklin. (Dolnego doggeru do tej pory nie nawiercono na północy kraju). W Gross Machow w doggerze występują wkładki piaszczyste. Nie



Szwajcaria Saksońska — „Bastei“ od strony Łaby (piaskowce górnej kredy)

wszystkie jego osady, jak i w Polsce, nie są morskiego pochodzenia. Brak brunatnej barwy od rud żelaza, tak charakterystycznej dla doggeru polskiego. Brunatny dogger jest jedynie w rejonie Harzu. Szary dogger niemiecki jest wykształcony w facji płytszej, którą można by już zaliczyć do osadów terrygenicznych.

Malm posiada miąższość około 300 m. Stwierdzono go w Bakekuhl, w rejonie Verle — Barentin (wraz z doggerem) a także na wyspie Usedomu (Oźna).

Oksford w Werle wykształcony jest pod postacią gruboziarnistych piaskowców i grubokrystalicznych wapieni. W niższych częściach spotyka się wkłady oliwkowo-zielonych wapieni.



Kredowe wybrzeże Rugii w pobliżu przylądka Arkona

W kimerydzie panuje facja limniczna i lagunowa, której maksimum rozwoju przypada na weald. Środkowy kimeryd z nerineami odpowiada polskiemu astartowi. W Meklenburgii w górnym kimerydzie występują anhydryty. W Polsce ich nie ma. Natomiast w naszym górnym portlandzie bywają gipsy, które w NRD zastąpione są przez margle i wapienie. Zaznaczyć przy tym należy, że portland leży na kimerydzie niezgodnie. W spągu portlandu w brunatnym bezwapnistym iłowcu występuje ruda bobowa. Wiąże się ona z górną częścią poziomu serpulitowego znanego z niżu. Strefa rudonośna odpowiada wspomnianej dyskordancji mającej miejsce, z grubsza licząc, między bononem a purbekiem. Na serii rudonośnej leżą margle i częściowo wapienie.

K r e d a. W Meklenburgii największą przestrzeń zajmuje kreda, gdzie spoczywa pod utworami czwartorzędowymi i trzeciorzędowymi. Ponadto znamy ją z przedgórza Harzu oraz doliny górnej Łaby (Szwajcaria Saksońska). Są to obszary występowania przede wszystkim kredy górnej; kredę dolną odkryto w głównej mierze wierceniami. W rejonie Harzu mamy niemal wszystkie jej piętra, począwszy od hoterywu.

Na podgórzu Harzu, w Niece Subhercyńskiej, kreda spoczywa przede wszystkim na utworach triasowych. Hoteryw i apt reprezentowany jest przez ciemne iły względnie przez warstwy ze złożami rudy żelaznej. Na ciemnych iłach leżą piaskowce, należące już do dolnego albu. Na górny alb składają się margle plamiste. W cenomanie rozwijają się wapienie i margle

(Pläner). Turon wykształcony jest również jako „Pläner“. Mamy tu czerwone, płytowe wapienie z wkładkami margli oraz białe płytowe wapienie również przeławiczone marglami. Najniższy emszer (Koniak) posiada margle szare, częściowo łupkowe oraz margle wapienne. Niezgodnie na nich spoczywają dolnosantońskie złoża rudy żelaznej z Ilsede, przykryte marglami i piaskowcem ciosowym („Quader“), na którym znów niezgodnie spoczywają margle piaszczyste i piaskowce wapniste, które w kampanie zamykają sedymentację górnej kredy w Niece Subherceyńskiej.

W Saksonii spotykamy cenoman i turon, reprezentowane przez piaskowce, łożupki i wapienie. Szczególnie silnie rozwinięta jest seria piaskowcowa. W rejonie Górnej Łaby K. *Pietzsch* wyróżnia trzy obszary facjalne: ilasto-marglisty w okolicach Drezna, strefę przejściową w rejonie Pirny, oraz fację piaskowcową w dolinie Łaby (Szwajcaria Saksońska).

Cenoman dolny w okolicach Drezna reprezentują żwiry fluwialne. W okolicach Pirny są drobnodziarniste piaskowce, piaskowce mikowe ze szczątkami roślin ze sugami łu, a nad Łabą warstwy kredneriowe. Górny cenoman tak w rejonie Drezna jak i Pirny reprezentuje dolny „Quader“. Nad Łabą również w tym czasie osadziły się piaskowce. W strefie przejściowej od cenomanu do turonu w pierwszych z dwu wyżej wymienionych obszarów występują ily, a częściowo koło Pirny facja skałkowa. Nad nimi leży dalny „Pläner“ lub odpowiadające mu piaskowce. Nad Łabą odpowiednikiem obu poziomów są piaskowce drobnodziarniste.

Turon labiaturowy koło Drezna i Pirny ma w spagu piasek ilasty, ily i margle, na których leży środkowy „Pläner“ lub środkowy „Quader“. Nad Łabą zaś jest facja piaskowcowa utrzymująca się również w turonie lamarckowym i skafitowym. Ogniwa te koło Drezna zbudowane są z margli. Natomiast w rejonie Pirny stratygrafia ich jest bardziej urozmaicona. W spagu mamy margle, przykryte dolnym zielonym piaskowcem. Wyżej zaś — górny „Pläner“, górne zielone piaskowce, glaukonitowe, margle piaszczyste, górny „Quader“, ily z Burglehn — Zeichen, piaskowce z Herrenleitem oraz najwyższy „Quader“, względnie ily margliste.

Kreda na niżu północno-niemieckim jest wykształcona w sposób następujący: Weald, jak i w NRF, posiada łupki i piaskowce. Poza tym bardzo charakterystycznym jest poziom czarnego muszlowca z cyrenami. Weald występuje więc w facji limnicznej a także lagunowej, której początki sięgają kimerydu przy formowaniu się Niecki Dolno-saksońskiej.

Hoteryw posiada barwę szaro-zieloną. Są tu margle ilaste. W dolnej części ponadto spotyka się ciemnoszare piaskowce wapniste, piaskowce jasnoszare, średniodziarniste z glaukonitem i skupieniami piryty.

W baremie głównie występują szare i czarne ily nieco zapiaszczone i mikowe. Skamielin spotyka się tu bardzo mało. Dolna część baremu jest wapnista.

Apt reprezentują zlepienie z glaukonitem a właściwie jest to brekcja margli (transgresja) zawierających belemnity.

Alb dzieli się na trzy poziomy. Dolny — to jasnoszare margle. Środkowy wykształcił się w stropie jako żółto-zielone margle z czarnymi nallotami. Niżej nich są margle czerwone ze szczątkami aucelin, a w części najniższej środkowego albu pojawiają się margle plamiste. Górny alb zawiera szaro-zielone margle z aucelinami. Niekiedy alb wykształcony jest



Rys. 3



Hoppenstedt (Póln. przedpole Harzu) —
Inoceramus cuvieri (wielkość naturalna)

Hoppenstedt (Póln. przedpole Harzu) —
Inoceramus labissu (wielkość naturalna)



Hoppenstedt (Póln. przedpole Harzu) — Schloembachia varians (wielkość naturalna)

w facji piaszczystej lub margli ilastych. W cenomanie mamy białe wapienie z wkładami czarnych i zielonych margli oraz czerwonych wapieni (jak w turonie dolnym).

W dolnym turonie występują przede wszystkim czerwone wapienie (= warstwy labiaturowe). Wyżej są wapienie kremowe z fauną. W stropie ukazują się białe wapienie. Turon górny reprezentują biało-żółte wapienie z zielonymi plamami.

Senon i emszer na niżu północno-niemieckim przedstawia nam kreda pisząca i białe margle wapniste z krzemieniami lub bez nich. A więc nieco odmienny niż w Polsce, gdzie emszer jest piaszczysto-ilasty.

Trzeciorzęd. Z paleocenu spotyka się jedynie ślady. Eocen w facji morskiej występuje na północnym wybrzeżu. Ku południowi sięga on niemal po Berlin. Równocześnie powstają starsze-subhercyńskie węgle brunatne z Zeitz, Altenburg i Helmstadt.

Oligocen pochodzenia limnicznego występuje w południowej części kraju. Na północy jest on w facji morskiej. W stopie zawiera piaski magdeburskie i ily septiariowe, na których leżą piaski formierskie. W. Krutsch na podstawie analizy pyłków stwierdził, że część węgla brunatnego, zaliczonego do eocenu, jest wieku oligoceńskiego, jak np. węgle brunatne z Bitterfeld i południowo-wschodniego otoczenia Lipska.

Do miocenu wykształconego w facji limnicznej należy młodsza część subsudeckich węgli brunatnych z Łużyc.

Pliocen na Niżu Niemieckim nie odgrywa poważniejszej roli z wyjątkiem niewielkich obszarów, na których Genizer stwierdził osady limniczne i morskie, rozmieszczone w pobliżu Morza Północnego.

Przeciętna miąższość trzeciorzędu wynosi 500 — 600 m. Jednakże na skraju słupa solnego w Kambs nawiercono ponad 1000 m trzeciorzędu i nie przebito jego spagu.

Pleistocen. Najstarszy pleistocen, odpowiadający okresowi, w którym żył *Elephas meridionalis*, spotykany w środkowych Niemczech pod postacią tarasów preglacjalnych.

Pierwsze najstarsze zlodowacenie, zwane w Niemczech zlodowaceniem Elstery, a odpowiadające zlodowaceniowi krakowskiemu (Cr), w północnych Niemczech pozostawiły po sobie osady fluwioglacjalne. W tym czasie w środkowych Niemczech powstają wysokie tarasy oraz dolny starszy less okresu *Homo heidelbergensis*.

Interglacja odpowiadający polskiemu interglacjale mazowieckiemu pierwszemu (M1) pozostawił po sobie warstwy paludinowe i warstwy z Holstein. Okres ten odpowiada kulturze preszelskiej i szelskiej.

Drugie zlodowacenie — Saale, odpowiada pierwszemu zlodowaceniowi warszawskiemu (V₁). W tym czasie tworzą się liczne kry osadów starszych w młodszych (np. jura koło Dobertin), osadzają się margle i utwory fluwioglacjalne. Na południu powstają środkowe tarasy oraz górny starszy less, przypadające na okres kultury aszelskiej.

Z kulturą mustierską wiąże się drugi interglacjał, który po sobie zostawił torfy z Klinge. Odpowiada on interglacjale mazowieckiemu drugiemu (M2), według terminologii W. Szafera.

Najmłodsze zlodowacenie, zwane w Niemczech zlodowaceniem Wisły, (czyli warszawskie drugie — V₂), pozostawia na terenach północnych margle i osady fluwioglacjalne, a w środkowych Niemczech niskie tarasy

oraz lessy młodsze I i II. Dzieje się to w okresie młodszego paleolitu (kultury: oryniacka, solutrejska i magdaleńska).

W młodszym pleistocenie w Niemczech panuje najpierw klimat arktyczny a później subarktyczny. Pokrywa leśna z tundry stopniowo przeradza się w lasy brzożowe, a później w lasy mieszane, w skład których, obok brzozy, wchodzi i sosna. Okres ten przypada na młodszy paleolit i starszy mezolit, odpowiadające kulturze Lyngby. Morze Bałtyckie staje się morzem wybitnie słodkim, gdyż powstaje z wód polodowcowych.

Holocen. Starszy holocen, czyli postglacjał, zaczyna się klimatem preborealnym. Pokrywę leśną tworzy sosna, a Bałtyk przechodzi w stadium morza Yoldia. Następne stadium Bałtyku — ancyclusowe (słodkowodne (przypada na okres klimatu borealnego, w którym szeroko rozprzestrzenia się las mieszany (drzewa liściaste i sosna o poszyciu leszczynowym). Z okresem tym wiąże się rozwój kultur Maglemosa i Ertebölle zamykając mezolit.

Dalszym stadium jest morze lityrinowe. W Niemczech północnych panuje klimat atlantycki, a później subborealny. Rosną lasy mieszane. Rodzą się kultury neolityczna i okresu brązu, którego koniec według chronologii opartej na warwach przypada na początek naszej ery. Bałtyk wtedy obejmuje powierzchnię zbliżoną do obecnej, najpierw w stadium Lymnea a ostatnio w Mya. Klimat subatlantycki z inwazją buków w okresie żelaza. Z kolei przychodzą czasy historyczne a w partiach leśnych do głosu dochodzi sosna.

SZKIC TEKTONICZNY

Generalnie pod względem geologicznym dzielimy NRD na dwa zasadnicze obszary. Na Niż Północno-Niemiecki, sięgający po Wał Flechtyński i strefę uskoków łuzickich, oraz na strefę południową. Różnice uwydatniają się tak w morfologii jak też i w budowie geologicznej kraju.

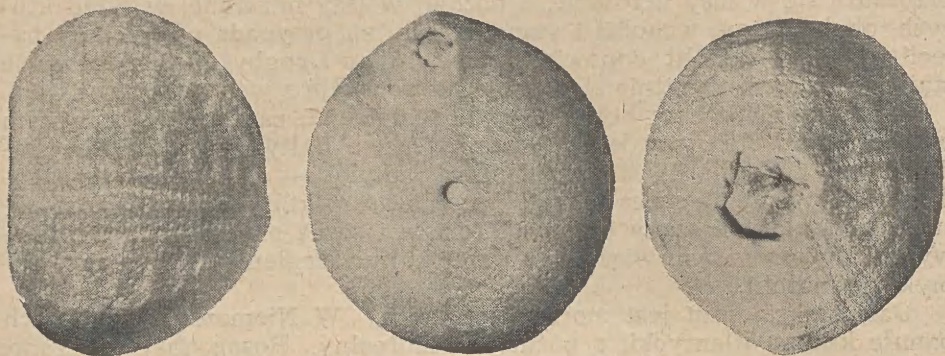
Niż Północno-Niemiecki charakteryzuje niemal zupełny brak wychodni skał mezozoicznych i paleozoicznych. Cały obszar pokryty jest utworami trzeciorzędowymi i czwartorzędowymi. W budowie podłoża przedtrzeciorzędowego biorą udział przede wszystkim skały wieku kredowego i jurajskiego. Odnośnie regionalnej tektoniki Niemiec Północnych jest jeszcze wiele zagadnień nierozwikłanych. Niemniej jednak na podstawie dotychczasowych prac, przede wszystkim wiertniczych i geologicznych, zarysowują się już zryby tektoniczne tego obszaru powstałe w okresie hercyńskiej orogenezy (rys. 3).

Najbardziej ku NE wysunięte jest przedłużenie Wału Pomorsko-Kujawskiego, w którego skład wchodzi: turon, cenoman, alb, neokom, weald, malm, dogger i kajper. Wał ten na terenie Polski rozdziela się na dwie odnogi. Odnoga północna kieruje się do Bałtyku na NE od Rugii. Odnoga zaś południowa rozpląszcza się, zapewne w pobliżu wyspy Oźnej (Usedom.)

Miedzy tymi antyklinami mieści się obszerna i pogłębiająca się ku NW Niecka Rugii, która na obszarze NRD osiąga swą maksymalną szerokość. Wypełniają ją osady senonu.

Z zachodnią odnogą Wału Pomorsko-Kujawskiego wiąże się strefa antyklinorialna, znana jako Wał Grimmen, zbudowana przede wszystkim

z turonu i cenomanu. Jego część południowa, jeszcze niezbyt dokładnie sprecyzowana pod względem geologicznym, przechodzi ku wschodowi w Nieckę Szczecińską i w niej zanika. Za tym przemawiałyby obecność dwu grawimetrycznych maksimów w okolicy Szczecina. W części północ-



Jasmund (Rugia) — *Echinococcus albogaleatus* (wielkość naturalna)

nej tego wału zarysowują się wyraźnie struktury, w skład których wchodzi alb, weald, malm, dogger i lias.

Od południowego-zachodu opisany wał jest obrzeżony Niecką Uckermark wypełnioną senonem, która w rejonie Odry łączy się z Niecką Szczecińską. Ku północy przechodzi ona w obniżenie przybałtyckie, między Lüssow i Rüting.

Olbrzymim wyniesieniem tektonicznym jest Wał Prygnicko-Łużycki. Na jego budowę w znacznej mierze składają się osady turońskie. Wał ten dzieli się na dwie olbrzymie strefy strukturalne: Prygnicką i Łużycką. Obszar prygnicki zbudowany jest ze skał kredy dolnej, tworzącej szereg mniejszych struktur. Niektóre z nich w swym jądrze zawierają wysady solne. Strefa łużycka oprócz dolnej kredy posiada ponadto utwory jurajskie i triasowe, którymi od południa przypiera do strefy paleozoicznej — południowej. Posiada ona w swym obrębie także wiele struktur niższego rzędu.

Miedzy obu obszarami widzimy wyraźną strefę depresyjną zbudowaną z turonu. Stwierdzono tu obecność znacznej ilości wysadów solnych.

Depresja ta w kierunku południowo-zachodnim wiąże się z Niecką Altmark — Zauche o przebiegu NW — SE i kończy się na granicy z paleozoikiem Wału Flechtyngskiego i Łużyc. Jest ona stosunkowo słabo zbadana i dlatego dotychczas odkryto tu niewiele struktur niższego rzędu.

Na zachód od Wału Prygnickiego obserwujemy nieckę o niemal południkowym biegu zwaną Niecką Gifhorn — Reitbrock, która od północy wiąże się z depresją przybałtycką, a od południa z Niecką Dolnosaksońską, położoną na NW od Harzu a widoczną dzięki rozszerzeniu się strefy występowania malmu. Uformowała się ona w kimerydzie. Na tym obszarze skupia się większa ilość wysadów solnych przebiegających osady górnej kredy (senon, emszer).

Monokliny Przedsudeckiej do tej pory na terenie NRD nie znaleziono i brak jakichkolwiek wskazówek na możliwość jej odkrycia. Nato-

miast za J. Samsonowiczem (mapa) przyjmuje się, w oparciu o wyniki wierceń, transgresję górnej kredy na utwory triasowe, co wskazywałoby że monoklina ta ku NW zanika a może dość nagle zanurza się, a w jej miejsce pojawia się Niecka Dolnych Łużyc.

Na niektórych, już powojennych mapach geologicznych Polski wydziela się Wał Pod-sudecki, wiążąc go z rejonem Rüdersdorfu koło Berlina. Za jego przedłużenie uważano u nas Próg Pompeckiego. Otóż tak badania geofizyczne jak i geologiczne udowodniły, że próg ten nie istnieje. Benz wprowadził go do geologii na podstawie niewielu starych wierceń i teoretycznych dociekań. Pojęcie Progu Pompeckiego z kolei rozszerzyli inni geolodzy, a przede wszystkim Riedl i Richter. W r. 1932 na podstawie anomalii magnetycznych Benz wyznaczył jeszcze dwa progi: Kilonii i okolic Heide. Dalsze badania w Niemczech zachodnich stwierdziły istnienie wielu niecek wobec czego Próg Pompeckiego miałby palczasto rozgałęziać się.

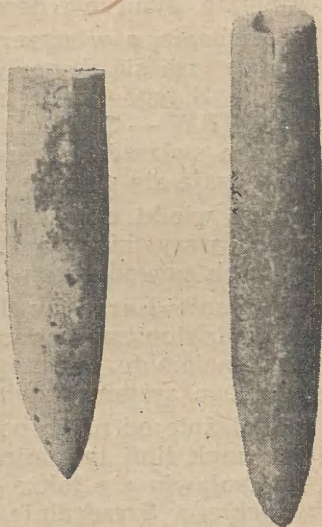
Badania geologiczne prowadzone w NRD pod kierunkiem H. Kölbela i jego małżonki udowodniły, że na terenie Niemiec Próg Pompeckiego nie istnieje a Wał Prygnicko-Łużycki, z racji swej budowy, kierunku oraz genezy nie ma z nim nic wspólnego.

Południowa NRD dzieli się na kilka zasadniczych regionów geologicznych. Najstarszymi są łańcuchy gór hercyńskich wraz z Harzem i Walem Flechtyngskim. Są to odgałęzienia Masywu Czeskiego. Między nimi leży Niecka Turyngska, Niecka Mansfeldska oraz Niecka Subhercyńska zwana czasem Niecką Magdeburską. Na południe od Niecki Turyngskiej mamy jeszcze jedno odgałęzienie Masywu Czeskiego — zwane Lasem Turyngskim. Na SW od niego rozpościera się Niecka Heska.

Pod względem przemysłowym największym zainteresowaniem cieszą się niecki: Subhercyńska, Mansfeldska i Turyngska, a także Góry Kruszcowe.

Są to obszary dość wysoko leżące nad poziomem morza, o stosunkowo cienkiej pokrywie trzeciorzędowej i czwartorzędowej. Z punktu widzenia geologii naftowej interesujący jest tu cechsztyn. Starszy paleozoik jest tu silnie sfałdowany i zmetamorfizowany.

Ostatnio przeprowadzone na terenie Łużyc badania udowodniły, że południowo-niemiecka linia tektoniczna, jaką między Görlitz a okolicami Magdeburga znaczył Schriel, nie jest długą i ciągłą linią, lecz składa się z kilku dyslokacji podłużnych. Najdalej ku E mamy więc Dyslokację Cottbus. Niemal równoległą do niej jest główna Dyslokacja Łużycka. Na zachód od niej jest prawdopodobnie kilka mniejszych uskoków jeszcze



Jasmund (Rugia) — Belemnittella mucronata (wielkość naturalna)

niedostatecznie udokumentowanych. Jednakże największą jest Dyslokacja Fiechtyngsko-Wittenberska, odcinająca od NE Wał Flechtyngski.

W NRD na przestrzeni dziejów geologicznych zaznaczyły się trzy wielkie zasadnicze okresy górotwórcze: kaledoński, waryscyjski i alpejski. Fałdowaniom prekambryjskim uległy skały archaicznego. W kambrze, sylurze i dewonie dochodzi do głosu orogeneza kaledońska.

W karbonie, a w szczególności na pograniczu karbonu dolnego i górnego, zaznacza się druga wielka orogeneza — waryscyjska, obejmująca paleozoik. Z tego okresu mamy kierunek tektoniczny NE — SW, oraz częściowo NW — SE. Ruchy tektoniczne tego okresu zamierają z końcem karbonu a zwłaszcza w czerwonym spagowcu i na sfałdowanych obszarach osadzają się utwory górnego permu i mezozoiczne.

Trzeci wielki okres orogeniczny przypada na koniec mezozoikum, a przede wszystkim na trzeciorzęd. W obrębie starych masywów waryscyjskich powoduje on odnowienie starych linii tektonicznych.

W rejonie Harzu, w Turynгии i w Górach Kruszcowych dominuje kierunek tektoniczny zwany kierunkiem Gór Kruszcowych, tzn. NE — SW. Albowiem te poszczególne systemy górskie należą do jednego waryscyjskiego systemu, związanego ściśle z utworami paleozoicznymi.

Niezależnie od niego pojawia się i wysuwa na pierwszy plan hercyński kierunek linii tektonicznych. Obejmuje on przede wszystkim Sudety, ale pojawia się także w mezozoicznym obrzeżeniu Harzu i Lasu Turyngskiego. Szczególnie wyraźne są kierunki hercyńskie jako wielkie linie uskokowe długości niejednokrotnie ponad 100 km.

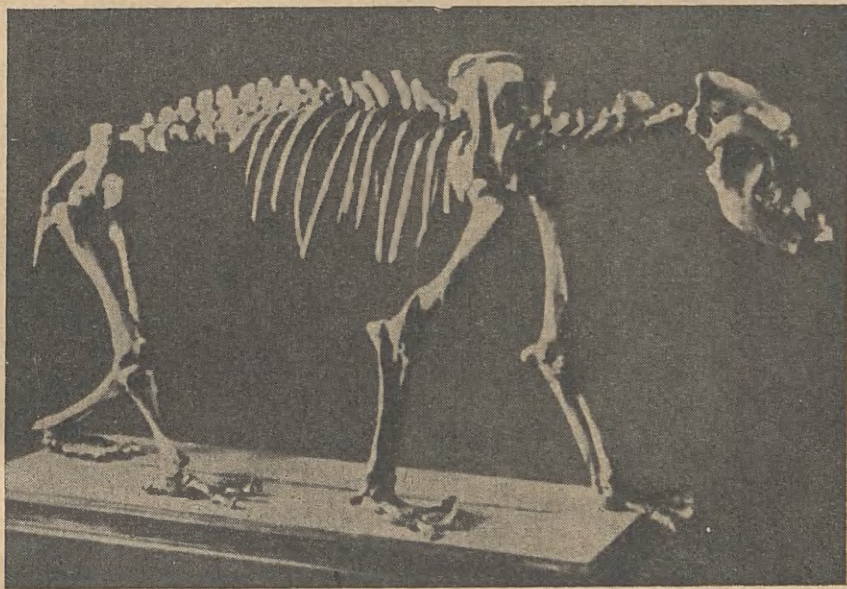
Obok hercyńskich linii tektonicznych w środkowych i południowych Niemczech pojawiają się linie o kierunku NNE — SSW. Jest to tzw. kierunek reński, z którym ściśły związek ma istnienie wysadów solnych w Niemczech Północnych.

Linie tektoniczne alpejskiej orogenezy stanowią odnowienie starych linii waryscyjskich zwłaszcza w strefie obrzeżającej stare masywy. Ich charakter określa się jako germanotyp, gdyż przede wszystkim charakterystyczne są dla obszaru Niemiec. Ich przeciwieństwem jest system fałdowań alpejskich, wyróżniających się tak amplitudą jak też intensywnością.

GEOFIZYCZNY OBRAZ NRD

Niemiecka Republika Demokratyczna posiada przeglądową mapę grawimetryczną opracowaną w r. 1952 przez G. Siemensa. Szczegółowe mapy grawimetryczne odnoszą się jedynie do poszczególnych struktur, przeznaczonych do rozwiercania. Jednakże już na podstawie map przeglądowych można stwierdzić obecność struktur antyklinalnych. Jakkolwiek nie wszystkie z nich uwydatniają się w sposób dostatecznie wyraźny, to przy pomocy prac sejsmicznych uległy dokładniejszemu sprecyzowaniu. Obecna koncepcja tektoniczna NRD w dużej mierze, obok prac wiertniczych, opiera się na regionalnych pracach grawimetrycznych i sejsmicznych. Istnieje bowiem stale uzupełniana przeglądowa mapa sejsmiczna NRD, powstała w wyniku badań metodą refrakcyjną.

Mapy te wiernie odtwarzają przewodnie rysy tektoniczne NRD. Wprawdzie na mapie grawimetrycznej Wał Grimmien i Niecka Uckermark niezbyt wyraźnie zaznaczają się w izoanomaljach, jednakże bardzo dobitnie wyróżnia się Wał Prygnicko-Łużycki, a zwłaszcza jego część prygnicka — w formie dodatnich izolinii w granicach $+30$ do $+44$ miligali. Depresję berlińską określa nam izolinia o wartości $+5$ miligali.



Szkielet niedźwiedzia jaskiniowego z naturalnych grot w Rübeland

Tak w sejsmicznym jak i grawimetrycznym obrazie NRD bardzo wyraźnie zaznaczają się generalne uskoki tektoniczne poprzez silne zagęszczenie izolinii. Kontrastowo uwidacznia się oś Niecki Altmark — Zauche, obwiedziona izoanomalią $+5$ miligali.

Bardzo dodatnie anomalie, w granicach $+35$ do $+60$ mgl charakteryzują Wał Flechtygski, Nieckę Subhercyńską i Nieckę Mansfeldską. Generalny obraz grawimetryczny Niecki Turyngskiej i Lasu Turyngskiego nie jest zupełnie jasny z powodu licznych struktur niższego rzędu, które zacierają obraz regionalny.

Niewyraźnie również w grawimetrii zaznacza się Niecka Dolnych Łużyc, dla której charakterystyczne może być małe wygięcie anomalii $+20$ mgl. Natomiast Zatoka Lwówka daje bardzo regularny układ izoanomalii, tworzących charakterystyczne i zdecydowane minimum grawimetryczne.

Powyższy szkic nie wyczerpuje zagadnień budowy geologicznej NRD. W krótkiej treści starałem się zmieścić najistotniejsze przewodnie rysy. Wiele szczegółów ze 140-stronicowego maszynopisu notatek, nie licząc licznych rysunków i fotografii, celowo nie zostało wykorzystanych bądź to z braku miejsca, bądź to ze względu na ich poufny charakter. Albowiem oprócz budowy geologicznej interesował nas stan i rozwój tych

galezi niemieckiego przemysłu, które są ściśle związane z geologią, metody pracy, organizacja pracy i organizacyjne schematy bratnich instytucji, postęp techniczny, produkcja niektórych surowców itd.

Przyjemną, przypuszczam, dla naszych geologów będzie wiadomość, że koledzy z NRD zamierzają opracować podręcznik geologii ich kraju na wzór naszego podręcznika pt. *Zarys geologii Polski*. Umieszczone tam będą liczne rozdziały dotyczące krajów ościennych, których opracowanie zamierzają powierzyć specjalistom z poszczególnych krajów. Zanim to jednak nastąpi, mam nadzieję, że powyższy szkic spełni swe zadanie jako krótki artykuł informujący o nowych osiągnięciach w znajomości budowy geologicznej kraju naszych zachodnich sąsiadów.

XVI MIĘDZYNARODOWY KONGRES CHEMII CZYSTEJ I STOSOWANEJ

W drugiej połowie lipca ub. r. obradował w Paryżu XVI Międzynarodowy Kongres Chemii Czystej i Stosowanej poprzedzony uroczystym obchodem stulecia istnienia Francuskiego Towarzystwa Chemicznego.

Uroczystości jubileuszowe odbyły się 16 i 17 lipca w Sorbonie. Poza chemikami francuskimi przybyli liczni chemicy zagraniczni. W obchodach wziął też udział prezydent Francji i przedstawiciele rządu.

Wybitny szwajcarski organik, laureat nagrody Nobla Paul Karrer, wygłosił w imieniu delegacji zagranicznych przemówienie gratulacyjne. Delegaci poszczególnych instytucji naukowych, najpierw międzynarodowych, a następnie z poszczególnych państw w porządku alfabetycznym nazw tych państw składali ozdobne adresy z gratulacjami pod adresem Francuskiego Towarzystwa Chemicznego. W imieniu Polskiej Akademii Nauk adres złożył prof. Tadeusz Urbanśki — przewodniczący Sekcji Chemicznej przy PAN oraz w imieniu Polskiego Towarzystwa Chemicznego i Uniwersytetu Warszawskiego — prof. Wiktor Kemula jako prezes PTCh i prorektor UW.

Prezes Francuskiego Towarzystwa Chemicznego prof. Raymond Delaby w dłuższym przemówieniu zreferował bogate stuletnie dzieje Towarzystwa.

W drugim dniu uroczystości jubileuszowych prezes Royal Society, laureat nagrody Nobla prof. Sir Cyril Norman Hinshelwood, wygłosił piękny referat pt. *Rozważania na temat kinetyki*. Uczony naszkicował, główne linie rozwojowe tej nauki, przedstawił jej stan obecny oraz perspektywy rozwojowe, przeplatając tok rozumowania głębokimi dygresjami filozoficznymi.

Po uroczystościach stulecia Francuskiego Towarzystwa Chemicznego rozpoczął się w Sorbonie właściwy kongres, który trwał od 18 do 24 lipca.

W kongresie uczestniczyło około 2000 członków czynnych i nie o wiele mniej członków towarzyszących (żony lub inni członkowie rodzin członków czynnych) spośród 40 państw. Nie brakło tu prawie nikogo z najwybitniejszych chemików. Między innymi obecni byli niemal wszyscy żyjący laureaci nagrody Nobla z zakresu chemii.

Delegacja polska, reprezentująca Polską Akademię Nauk, wyższe uczelnie, przemysł chemiczny, służbę zdrowia i inne resorty, liczyła około 30 osób z prof. Urbanśkim na czele.

Referat inauguracyjny na temat polimerów wygłosił na posiedzeniu plenarnym Kongresu profesor chemii przemysłowej Politechniki w Mediolanie i członek Accademie Nazionale Dei Lincei — dr Giulio Natta. Przez zastosowanie odpowiednich katalizatorów udało się badaczom włoskim uzyskać polimery krystaliczne charakteryzujące się nie tylko prawidłowym rozmieszczeniem reszt monomeru, lecz również jednakowym ułożeniem łańcuchów bocznych. Z etylenu, propylenu, butadienu i innych węglowodorów nienasyconych otrzymuje się w ten sposób materiały o podwyższonej temperaturze topnienia i cennych właściwościach mechanicznych. Między innymi wytworzono tą drogą niezmiernie wartościowe włókna.

Dalsze obrady Kongresu odbywały się w sekcjach.

Tematyka Kongresu obejmowała 3 działy chemii: chemię fizyczną, chemię nieorganiczną oraz chemię organiczną. Każdemu z tych działów poświęcone było po 5 sekcji: 4 sekcje miały każda inny temat główny, a w piątej sekcji zebrane były tematy nie podпадаjące pod żaden z tematów głównych. W każdej sekcji wygłoszono po jednym dłuższym referacie ogólnym i pewną liczbę krótkich komunikatów.

I. W zakresie chemii fizycznej były następujące tematy główne:

1. Fizykochemiczne ujęcie pierwiastków promieniotwórczych;
2. Spalanie mieszanin gazowych;
3. Woda w związkach chemicznych;
4. Dyfuzja w cieczech i żelach.

II. W zakresie chemii nieorganicznej:

1. Związki stałe metali przejściowych z wyłączeniem związków zespolonych;
2. Związki boru z wodorem i niemetalami;
3. Właściwości chemiczne substancji w wysokiej temperaturze;
4. Właściwości chemiczne aktywnowców.

III. W zakresie chemii organicznej:

1. Mechanizm reakcji i przegrupowań międzycząsteczkowych;
2. Związki metaloorganiczne i metaloidoorganiczne;
3. Stereochemia;
4. Struktura i synteza związków naturalnych z wyjątkiem produktów wielko-cząsteczkowych.

Poziom wszystkich referatów ogólnych był bardzo wysoki. Wybitni specjaliści, którzy je wygłosili, podali wiele nowego i ciekawego materiału.

Laureat nagrody Nobla prof. Glenn T. Seaborg z Uniwersytetu Kalifornijskiego w Berkeley w pięknym referacie ogólnym omówił dokonane ze współpracownikami odkrycie i badania właściwości ajnsztajnu (pierwiastek nr 99), fermu (nr 100) i mendelewu (nr 101) oraz perspektywy odkrycia dalszych transuranów. Na zakończenie prelegent wspomniał o otrzymaniu w ostatnim czasie w Sztokholmie nobelu (pierwiastek nr 102) przez bombardowanie kiuru karbionami (jądrami atomów węgla).

Z innych bardzo ciekawych referatów ogólnych wymienię referat A. G. Maddocka z Cambridge o protaktynie i pierwiastkach sąsiednich, V. Preloga z Zurychu o badaniu pewnych reakcji organicznych za pomocą wskaźników izotopowych, R. M. Barrera z Londynu o właściwościach wody w kryształach i E. Wiberga z Monachium o chemii boru.

Wiele interesujących informacji można było również uzyskać z niektórych krótkich komunikatów. W kilku pracach omówiono procesy spalania paliw rakietowych: hydrazyny, związków boru i innych. Na szczególną wzmiankę zasługuje komunikat A. V. Grosse'a z Filadelfii o wytwarzaniu temperatury bliskiej 6000°K przez spalanie gazowego azotku węgla C_4N_2 w tlenie lub ozonie.

Na zakończenie Kongresu na posiedzeniu plenarnym członków rzeczywisty Akademii Nauk ZSRR prof. Aleksander Terenin wygłosił referat pt. *Elektronowe fotoreakcje barwników organicznych*.

Łączna liczba zgłoszonych referatów wynosi 902. Z tego 202 (23%) przypada na chemię fizyczną, 153 (17%) — na chemię nieorganiczną i 457 (60%) — na chemię organiczną. Poza Francją, która jako gospodarz Kongresu miała ułatwiony udział, największy wkład ilościowy wniosły Włochy (133 referaty), następnie Wielka Brytania (121), potem Stany Zjednoczone A. P. (110), dalej Niemcy (NRD, NRF i Berlin

łącznie — 67) i nie o wiele mniej Czechosłowacja (50). Polacy zgłosili 24 referaty, nie ustępujące na ogół referatom z innych krajów.

Równolegle z Kongresem odbyły się w Paryżu 4 międzynarodowe kolokwia specjalne na tematy:

1. Naukowe podstawy badania elastomerów, włókien i mas plastycznych (zależność właściwości fizykochemicznych od struktury);

2. Nowoczesne elektrochemiczne metody analizy;

3. Kryteria czystości białek (struktura białek i jej związek z działaniem biologicznym);

4. Geochemia

oraz konferencja CITCE (Międzynarodowego Komitetu Termodynamiki i Kinetyki Elektrochemicznej).

Podczas XVI Kongresu odbyła się również w Paryżu XIX Konferencja Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej. Polskę reprezentowali 4 delegaci — profesorowie: Osman Achmatowicz, Irena Chmielewska, Wiktor Kemula i Tadeusz Urbański. Na konferencji wybrano do Biura (Zarządu) Unii prof. Urbańskiego. Należy podkreślić, że od 1947 r., gdy prof. Wojciech Świątosławski ustąpił ze stanowiska wiceprezesa Unii i przewodniczącego Komisji Danych Fizykochemicznych, Polska nie była reprezentowana we władzach Unii.

Poważny udział Polski w XVI Międzynarodowym Kongresie Chemii i XIX Konferencji Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej świadczy, iż pozycja polskiej chemii na terenie międzynarodowym wyraźnie się podnosi.

Józef Hurwic

XV ZJAZD FIZYKÓW POLSKICH

W dniach od 5 do 9 listopada br. obradował we Wrocławiu XV Zjazd Fizyków Polskich. Ponieważ od ostatniego Zjazdu Fizyków w Poznaniu upłynęło kilka lat, więc zorganizowanie nowego Zjazdu spotkało się z żywym oddźwiękiem i aprobatą środowisk fizyków. Powszechnie ze Zjazdem wrocławskim wiązano nadzieje znacznych korzyści naukowych a także, w pewnym sensie, propagandowych. Polegałyby one na podsumowaniu dorobku naukowego polskiej fizyki w ciągu kilku lat płodnych w nowe odkrycia i idee w skali światowej. Nadzieje te częściowo zostały spełnione. Z drugiej strony Zjazd miał swojego rodzaju znaczenie towarzyskie; wedle wszelkiego prawdopodobieństwa nawiązane kontakty osobiste przyczynią się z kolei do wzrostu produkcji naukowej.

Według pierwotnych planów Zjazd miał trwać od 5 do 10 listopada, a więc o jeden dzień dłużej. Jednakże wygłoszenie niektórych zapowiadzianych referatów nie doszło do skutku przede wszystkim w związku z tym, że wielu fizyków nie przybyło z różnych przyczyn na Zjazd, a także wskutek często nie umotywowanej rezygnacji referentów. Spowodowało to pewien chaos, z którym niekiedy organizatorzy nie mogli czy też nie potrafili sobie poradzić. Starannie wydrukowany przed Zjazdem program jego obrad stał się więc w dużej mierze bezużyteczny. Zmniejszenie ilości referatów spowodowało też skrócenie o jeden dzień obrad Zjazdu. Trzeba jednak przyznać, że organizatorzy Zjazdu włożyli w swą pracę maksimum wysiłku i dobrej woli, za co należy im się osobne podziękowanie. Zakwaterowanie, wyżywienie i imprezy kulturalne zorganizowane były nienagannie, co oczywiście odbiło się korzystnie na obradach i na ich miłej atmosferze.

Obrady Zjazdu według intencji organizatorów miały spełniać dwa zadania; z jednej strony powinny one były zorientować ogół fizyków w najbardziej aktualnych i najszerzej obecnie dyskutowanych problemach o znaczeniu ogólnym, z drugiej zaś strony miały stanowić, jak już wspomniałem, podsumowanie własnego dorobku naukowego polskich fizyków. Pierwsze z tych zadań spoczywało w zasadzie na obradach plenarnych, drugie zaś na obradach sekcyjnych. Organizacyjnie wyglądało to w ten sposób, że każdego dnia ranne i popołudniowe obrady rozpoczynały się od referatu plenarnego, po czym uczestnicy Zjazdu dzielili się na pięć sekcji (a mianowicie na sekcję fizyki jądrowej, sekcję fizyki ciała stałego, sekcję optyki atomowej i molekularnej, sekcję dydaktyki fizyki i wreszcie sekcję prac z różnych dziedzin; obrady tej ostatniej sekcji poświęcone były takim działom fizyki, które z osobna były reprezentowane zbyt skąpo, aby można było utworzyć dla nich oddzielne sekcje). Należy tu zaznaczyć, że również na obrady sekcji dydaktycznej zgłoszono niewielką ilość (3) referatów i wobec tego prawdopodobnie tylko względy merytoryczne skłoniły organizatorów do jej utworzenia obok sekcji prac z różnych dziedzin.

Referaty plenarne, jak już mówiłem, różniły się swym charakterem od referatów sekcyjnych. Trzeba od razu powiedzieć, że tematyka obrad plenarnych została ustalona na ogół bardzo trafnie, z wielkim wyczuciem najbardziej aktualnych zagadnień o poważnym znaczeniu. Niestety, wśród referatów tych zabrakło zgłoszonego przed Zjazdem referatu prof. Danysza, który miał być poświęcony omówieniu danych doświadczalnych dotyczących cząstek elementarnych. W tej sytuacji referat prof. Rayskiego na temat obecnego stanu teorii cząstek elementarnych częściowo zawiśł w próżni. Odczuwało się przy tym wrażenie, że temat nie mieścił się w ramach jednego referatu, co nie pozwoliło na jego pogłębienie. Referaty plenarne dotyczące innych bardziej szczegółowych zagadnień teorii cząstek elementarnych dopomogły jednak do wyjaśnienia aktualnej sytuacji w tej gałęzi fizyki. Mam na myśli trzy referaty, a mianowicie referat doc. Królikowskiego poświęcony omówieniu porównywania z doświadczeniem teorii mezonowych, referat prof. Rzewuskiego na temat inwersji przestrzeni i czasu oraz referat doc. Werlego dotyczący polaryzacji cząstek elementarnych. Referaty doc. doc. Królikowskiego i Werlego były bezpośrednio interesujące dla fizyków doświadczalnych, a ponadto omawiały te dziedziny teorii cząstek elementarnych, w których ostatnio osiągnięto ciekawe rezultaty, a referat prof. Rzewuskiego, choć poświęcony problemom raczej formalnym, również wzbudził powszechne zainteresowanie w związku z ostatnimi rewelacjami dotyczącymi zasady zachowania parzystości.

Wśród referatów plenarnych znalazły się też oczywiście referaty o innej, nie mniej ważnej tematyce. I tak inauguracyjny referat prof. Sosnowskiego poświęcony był omówieniu aktualnych zagadnień fizyki półprzewodników, referat prof. Piekary — nowym osiągnięciem w dziedzinie fizyki dielektryków stałych i ciekłych, a wreszcie referat prof. Ingardena — obecnemu stanowi teorii helu II. Często spotyka się zdanie, że ostatni z wymienionych tu referatów należał do najciekawszych wydarzeń Zjazdu.

Osobno wspomnieć należy, że pierwsze posiedzenie plenarne Zjazdu uczciło pamięć wybitnego fizyka polskiego, prof. W. Natanson'a na okazji 20 rocznicy Jego śmierci. Na tym również posiedzeniu prof. J. Nikliborc z okazji 50 rocznicy wynalezienia lampy rtęciowej wygłosił wspomnienie o prof. Cz. Reczyńskim.

Reasumując trzeba stwierdzić, że obrady plenarne na ogół spełniły swoje zadanie. Wyraźnie jednak dało się zaobserwować, że korzystniejsze wrażenie na uczestnikach Zjazdu wywarły referaty na tematy bardziej szczegółowe, niż te, które stawiały sobie za cel omówienie całej dziedziny wiedzy fizycznej. Działo się tak z powodów czysto merytorycznych, których nie zdołały przeważać wybitne i powszechnie znane talenty dydaktyczne poszczególnych referentów prac wspomnianego tu drugiego rodzaju.

Jeśli idzie o obrady sekcyjne, to ciekawe wydarzenia naukowe były referowane przede wszystkim w sekcji fizyki jądrowej oraz w sekcji fizyki ciała stałego. W sekcji jądrowej na pierwszy plan według dość powszechnej opinii wybiły się oba referaty mgra Gryzińskiego, z których jeden poświęcony był teorii hamowania naładowanych cząstek w materii, a drugi pewnym aspektem reakcji termojądrowej. Szczególnie pierwsza z wymienionych prac będzie miała zdaniem wielu fizyków eksperymentalnych wielkie znaczenie praktyczne. Na szczególne podkreślenie zasługuje tu doskonała zgodność teorii z danymi doświadczalnymi, która się najwyraźniej uwidacznia w przypadku ośrodków o małej liczbie atomowej, a więc przede wszystkim w przypadku wodoru. Z innych referatów jądrowych wymienić trzeba referat mgra Grotowskiego na temat polaryzacji szybkich neutronów, a także niektóre prace grupy prof. prof. Danysza i Gieruli na temat oddziaływania nowych cząstek (mezonów K i hyperonów) z materią. Ponadto wygłoszono wiele interesujących referatów dotyczących problemów techniczno-aparaturowych; omawianie ich przekroczyłoby jednak ramy niniejszego krótkiego sprawozdania.

Przechodząc do omówienia zagadnień, które były przedmiotem obrad sekcji fizyki ciała stałego, należy wspomnieć przede wszystkim o referacie mgra Filińskiego na temat zupełnie nowych, zaobserwowanych po raz pierwszy przez referenta elektrooptycznych własności germanu, które pojawiają się na skutek wstrzykiwania nośników prądu. Z innych prac wspomnieć trzeba o bardzo interesujących badaniach kand. Auleytnera i jego współpracowników z dziedziny fizyki promieni X . Niektóre z nich wyróżniają się ciekawą i oryginalną techniką eksperymentalną stanowiącą dorobek naukowy kand. Auleytnera. Również referat mgra Pajaka z badań nad procesem starzenia się ferroelektryków należał do interesujących wydarzeń Zjazdu. W ogóle referaty ośrodka poznańskiego zalecały się poważnymi walorami merytorycznymi, połączonymi z solidnym opracowaniem formalnym.

Mniej może interesujące (pod względem przeciętnego poziomu) były obrady pozostałych sekcji. Nie znaczy to jednak, by nie było tam ciekawych referatów. W sekcji optyki należały do nich np. niektóre referaty ośrodka warszawskiego dotyczące badań nad widmami ramanowskimi, a w sekcji prac z różnych dziedzin referaty grupy prof. Ingardena na temat teorii helu II. Osobną pozycję stanowią obrady sekcji dydaktycznej, w której interesująca i żywo dyskutowana pozycję stanowił referat prof. Halaubrennera na temat pracy naukowej w szkole średniej i pracy dydaktycznej w szkole wyższej.

Wspominałem już, że Zjazd odbywał się w miłej i niewymuszonej atmosferze. Duża w tym zasługa organizatorów. Niewątpliwie pewne znaczenie odegrały tu imprezy o charakterze towarzyskim i kulturalno-rozrywkowym. Dla uczestników Zjazdu wieczorami wyświetlano filmy zeroekranowe, zorganizowano dla nich wspólne zwiedzanie Wrocławia, zakupiono bilety na przedstawienie teatralne i wreszcie urządzono wspólną tradycyjną już na Zjazdach, kolację.

Oceniając całość obrad trzeba stwierdzić, że poziom polskiej produkcji naukowej jest jeszcze dość niski. Wspomniane wyżej niekiedy wybitne prace stanowią chlubny wyjątek. Było ich jednak niewiele jak na tak długi „okres sprawozdawczy“. Ma to swoje znane dobrze przyczyny, których nie ma potrzeby tu omawiać. Szczególną uwagę trzeba jednak zwrócić na dotychczasowe przeciążenie wielu najbardziej zasłużonych i doświadczonych fizyków obowiązkami organizacyjnymi. Znalazło to swoje odbicie na Zjeździe choćby w łatwo dostrzegalnym fakcie braku ich bieżącej produkcji naukowej. Bardziej pesymistyczne wnioski co do stanu polskiej fizyki nie byłyby jednak uzasadnione, gdyż na Zjeździe nie referowano wielu bardzo interesujących i ważkich prac z tego względu, że wyniki ich są już powszechnie znane; wystarczy tu wspomnieć przykładowo choćby pracę prof. prof. Danysza i Pniewskiego na temat hyperfragmentów, która to praca, jak wiadomo, zdobyła sobie światowy rozgłos.

Grzegorz Białkowski

WSPOMNIENIA Z WASHINGTON MEETING 1957

Doroczne wielkie zjazdy całej fizyki amerykańskiej odbywają się w Waszyngtonie. Są to ogromne ogólnokrajowe zloty fizyków kraju najsilniejszej i najbogatszej fizyki na świecie. Zjazdy te skupiają wszystkie dziedziny fizyki — zarówno teoretycznej, jak i doświadczalnej — stąd wynika ich specyficzny charakter. Oficjalnie są to zjazdy Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego.

Z wymienionych powodów zjazdy te są niebywale przeładowane materiałem, są typowo niedyskusyjne. Są one pozbawione charakteru konferencji — wielkie tempo wygłaszania referatów, krótkich komunikatów o najaktualniejszych pracach przedstawianych w grupach w kilkunastu salach Meetingu jednocześnie, redukuje wszelką oficjalną, publiczną dyskusję do minimum. Dyskusje toczą się jedynie „prywatnie“ poza obradami. Spotykają się tu przecież prawie wszyscy, stąd przy krótkotrwałości zjazdu — zwykle 3-dniowym okresie trwania — gorączkowość wymiany wyników i poglądów. Jednym z głównych celów tych zjazdów, choć w zasadzie nie zamierzonym, jest „wielki ludzki targ“. Tu proponuje się pożądanym specjalistom atrakcyjne kontrakty; tu tworzy się często nowe zespoły (wiadomo, że fizycy amerykańscy z wielką korzyścią dla nauki zmieniają uniwersytety „jak rękawiczki“); tu koordynuje się często programy badań, zmienia się je i modyfikuje w zależności od aktualnego układu sił w całym kraju i pod wpływem konfrontacji z „firmami konkurencyjnymi“.

Zjazd 1957 w dniach 25—27 kwietnia odbywał się w wielkich salach ultranowoczesnego i luksusowego Sheraton Park Hotel w najpiękniejszej dzielnicy miasta przy Connecticut Avenue. Program okръżnej wycieczki po Stanach Zjednoczonych grupy fizyków uczestników konferencji w Rochesterze ułożony był celowo tak, abyśmy mogli wziąć udział w Meetingu. Do grupy tej należeli wszyscy Polacy z Rochesteru z wyjątkiem prof. Rayskiego. Przy rejestracji (opłata 1 \$) wręczono nam programy. Treść skrótów wszystkich referatów i komunikatów zawarta była w grubym zeszyte regularnego Biuletynu Amerykańskiego Towarzystwa Fizycznego. Byłem ogromnie zmęczony Rochesterem i wyczerpany podróżą po Ameryce, odbywaną w amerykańskim tempie, a jednak postanowiłem wysłuchać najciekawszych dla siebie komunikatów. Kierując się programami z trudem odnalazłem właściwe sale. Po paru referatach wygłaszanych w zawrotnym tempie

i przerywanych dzwonkami zegarów zmieniającymi mówców, wyszedłem do parku hotelowego z bólem głowy.

Tu panował też niezwykle ruch. Poznałem osobiście bardzo wielu ludzi znanych z korespondencji. Tu zasugerowano mi nawet kontrakty do dwóch ośrodków. Przed głównym pawilonem stały tablice podzielone wg liter alfabetu, na których przypinano pineskami korespondencję dotyczącą głównie poszukiwania się zagubionych w tym morzu ludzi. W głębi ustawiono stoiska księgarskich firm wydawniczych z najnowszymi książkami (często nawet z preprintami książek będących jeszcze w druku).

Program był wypełniony przed i po południu — były tylko dwie wycieczki (jedna do Instytutu Badawczego Marynarki) — nie wyobrażam sobie jednak kogoś, kto kondycyjnie wytrzymałby to wszystko. Przed tym zjazdem trzeba byłoby chyba ćwiczyć dużo gimnastyki i wypoczywać na wakacjach, żeby wytrzymać to tempo! Ja, następnego dnia po pięknych ogólnych referatach A. Bohra o modelach jądrowych i D. T. Lee'go o parzystości, miałem kompletnie dosyć i czułem ból niemal fizyczny.

Okolica za to umożliwiała wspaniałe spacer-y wypoczynkowe (w odróżnieniu od Rochesteru). Bujne liściaste lasy, właściwie parki, schodzą wąwozami do rzeki Potomac. Poprzez wąwozy poprzierzucane są bardzo estetyczne mosty i wiadukty.

Jerzy Sawicki

Józef Zwierzycki, *Cyna*, Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego, Seria B, nr 84, Wrocław 1957, str. 70.

W pracy tej omówiona jest sytuacja światowa cyny, należącej do tzw. białych metali, o dużym zastosowaniu i trudnej do zastąpienia. Występowanie tego metalu, jednego z najwcześniej poznanych przez człowieka, jest ograniczone do niewielu miejsc na kuli ziemskiej i złoża jego ulegną prawdopodobnie wyczerpaniu w niedługim czasie.

Autor, były szef holenderskiej służby geologicznej w Indonezji, główną uwagę poświęcił występowaniu cyny w przyrodzie. W pierwszej części swej pracy podaje ogólne wiadomości o złożach cynowych (kruszące cyny, rozpowszechnienie cyny na świecie, rodzaje złóż cynowych, schemat ogólny krystalizacji złóż kruszczowych, warunki krystalizacji w strefie pneumatolitycznej, zjawisko żył teleskopowych, prowincje cynowe, zjawisko zgrejzenizowania, położenia żył cynowych w masywach granitowych, minerały w żyłach cynowych, parageneza), w drugiej omawia metalogeniczne prowincje cynowe (udział w produkcji światowej, złoża aluwialne cyny i ich przewaga, odwiercanie aluwialnych złóż cyny, eksploatacja złóż cyny na dnie morskim, powstawanie złóż cyny na skutek ruchów eustatycznych morza, wiek złóż aluwialnych cyny malajskiej, złoża boliwijskie cyny, żyły cynowe w osadach paleozoicznych, złoża cynowe powulkaniczne, największe złoża pierwotne cyny (Llallagua), złoża cyny w Chorolque, złoża cyny w pobliżu Oruro, złoża cyny koło Potosi, złoża cyny w Carguaicollo, złoża cyny w Chocaya, wulkany jeszcze czynne, złoża aluwialne cyny w Boliwii, złoża cyny w Nigerii, wysokość produkcji cyny w Nigerii, złoża cyny w Kongo Belgijskim, kraje drobnej produkcji cyny).

Uzupełnienie tych dwóch zasadniczych części pracy stanowią rozdziały: Światowa produkcja cyny, Światowa konsumpcja cyny, Działalność międzynarodowej konwencji cynowej. Poruszane zagadnienia ilustrują liczne tablice i wykresy oraz fotografie. Na uwagę zasługują poglądowe, bardzo starannie wykonane szkice geologiczne złóż cyny.

Kazimierz Maślankiewicz

Roczniki Gleboznawcze, tom V, Warszawa 1956, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, str. 332.

V tom *Roczników Gleboznawczych*, wydawanych przez Polskie Towarzystwo Gleboznawcze (z oddziałami: Warszawskim, Krakowskim, Lubelskim, Olsztyńskim, Poznańsko-Bydgoskim, Puławskim, Szczecińskim i Wrocławskim), obejmuje prace: M. Strzemiński: *Gleby Tatr polskich*, J. Tomaszewski: *Gleby błotne i środowisko*, Fr. Kuźnicki: *Właściwości darniowo-bielicowych gleb piaskowych wytworzonych z piasków różnego pochodzenia geologicznego. Cz. II*, H. Ug-

gla i St. Bachman: *Stosunki glebowe w rezerwacie jodłowym „Molenda“*, Br. Reimann: *Gleby pyłowe pradoliny Obry i Szarki*, K. Boratyński, St. Roszykowa, Zb. Turyna i E. Roszyk: *Porównanie metod sporządzania wyciągów glebowych kwasem solnym*, S. Ząbek: *Woda i jej jakość w zagospodarowaniu mąd piaszczystych w świetle doświadczeń z trawami w warunkach lizymetrycznych*, A. Maksimow, A. Liwski: *Wartość nawozowa torfów amoniakowanych w wysokich i niskich temperaturach*, M. Koter: *Wpływ nawozów potasowych na skład kationów wymiennych kompleksu sorpcyjnego*, J. Lazar: *Krótki szkic geologiczno-petrograficzny i charakterystyka gleb Czechosłowacji*, M. Kwinichidze, M. Hoffmann i Zb. Prusinkiewicz: *Gleby powstałe z utworów pyłowych między Kaliszem a Sieradzem*, Zb. Prusinkiewicz: *Gleby Nadleśnictwa Łopuchówko Poznańskiego Okręgu Lasów Państwowych*.

W dziale historii gleboznawstwa i chemii rolnej przedstawił M. Strzemiński sylwetkę gleboznawcy Wincentego Karpińskiego (1867—1913).

Uzupełnienie tomu stanowi Bibliografia publikacji polskich z zakresu gleboznawstwa, chemii rolnej, uprawy roli i gospodarki wodnej za rok 1954, zestawiona przez M. Strzemińskiego, oraz Kronika.

Pol. Tow. Gleboznawcze przystąpiło do wydawania czasopisma referatowego pt. *Przegląd literatury naukowej gleboznawstwa, chemii rolnej i uprawy roślin*. Czasopismo to ma stanowić część *Roczników Gleboznawczych*. Na przewodniczącego Komitetu Redakcyjnego został powołany prof. M. Górski.

Kazimierz Maślankiewicz

SPIS TREŚCI

Leopold Infeld — Moje wspomnienia o Władysławie Natansonie	3
Leopold Infeld — Genealogia Sputnika	9
Olgierd Wołczek — Sztuczne satelity Ziemi	13
Maria Massalska, Tadeusz Kowalski — O radioaktywności atmosfery	27
Jakub Rotblat — Niebezpieczeństwo energii atomowej w czasie wojny i pokoju	39
Władysław Malesiński — Zespoły współpracowników prof. W. Świę- tosławskiego	49
Henryk Kozikowski — Szkic geologiczny Niemieckiej Republiki De- mokratycznej	61

KRONIKA NAUKOWA

Józef Hurwic — XVI Międzynarodowy Kongres Chemii Czystej i Sto- sowanej	81
Grzegorz Białkowski — XV Zjazd Fizyków Polskich	83
Jerzy Sawicki — Wspomnienie z Washington Meeting 1957	86

RECENZJE

Kazimierz Maślankiewicz — Józef Zwierzycki, <i>Cyna</i>	89
Kazimierz Maślankiewicz — <i>Roczniki Gleboznawcze</i> , tom V	89

WARUNKI PRENUMERATY

Cena rocznie zł 60.—, półrocznie zł 30.— Zamówienia i wpłaty przyjmują: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, Miodowa 10. Konto PKO nr I-6-100,214. Centrala Kolportażu „Ruch“, Warszawa, ul. Srebrna 12. Konto PKO nr I-6-100,020. Oddziały i Delegatury „Ruchu“ Urzędy pocztowe.

Prenumerata ze zleceniem wysyłki za granicę — rocznie zł 84.—. Zamówienia dla zagranicy przyjmuje Przedsiębiorstwo Kolportażu Wydawnictw Zagranicznych „Ruch“, Warszawa, ul. Wilcza 46. Konto PKO nr I-6-100,024.

Bieżące numery do nabycia w księgarniach naukowych Domu Książki i we Wzorcowni PWN, Warszawa, ul. Miodowa 10.

Informacji w sprawie sprzedaży egzemplarzy z poprzednich okresów udziela Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Dział Czasopism, Warszawa, ul. Miodowa 10

Cena zł 15.-