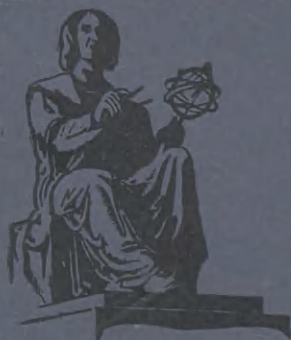


Polskie Towarzystwo Przyrodników
im. KOPERNIKA

KOSMOS

Seria B
PRZYRODA NIEOŻYWIONA



ROK V

ZESZYT 1 (17)

WARSZAWA 1959

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

POLSKIE TOWARZYSTWO PRZYRODNIKÓW
Im. KOPERNIKA

K O S M O S

Seria B: PRZYRODA NIEOŻYWIONA



ROK V

WARSZAWA 1959

ZESZYT 1 (17)

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

Redaktor Naczelny
LEOPOLD INFELD

Zastępca Red. Naczelnego
KAZIMIERZ MAŚLANKIEWICZ

Członek Komitetu Redakcyjnego
JÓZEF HURWIC

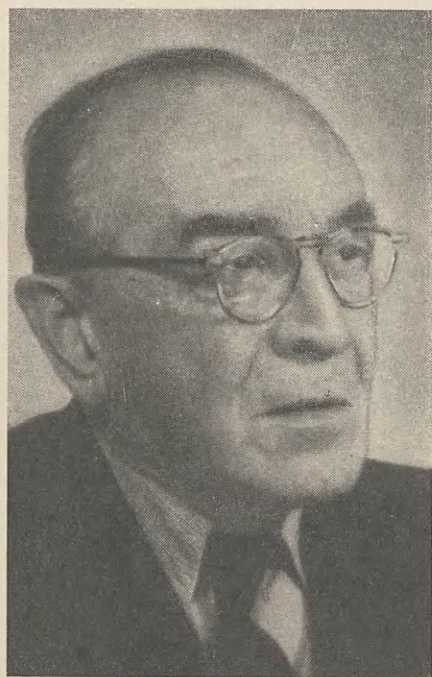
Sekretarz Redakcji
ROMAN ŻELAZNY

Adres Redakcji: Warszawa, ul. Hoża 69

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE
Warszawa 1, Miodowa 10

Nakład 800 + 140	Oddano do składania 18.XII.59
Ark. wyd. 6,25, druk. 5,625	Podpisano do druku 20.II.59
Papier ilustr. kl. V 70 g B1	Druk ukończ. w lutym 1959
Cena zł 15.—	Zam. 443 W-12

Warszawska Drukarnia Naukowa, Warszawa, Śniadeckich 8



STANISŁAW LORIA

(1883—1958)

I

Profesor Loria zmarł 8 sierpnia 1958 r. w Londynie w 76 roku życia. Zanim powiem więcej o jego życiu i pracy, chciałbym zacząć od paru osobistych wspomnień.

Poznałem Profesora Lorie, kiedy byłem studentem w Krakowie. Był młodym docentem, kiedy ja dopiero zaczynałem moje studia. Wykładał w owym czasie mechanikę teoretyczną, o której miałem bardzo słabe pojęcie. Chociaż nie uczęszczałem na wszystkie wykłady, gdyż były dla mnie za trudne, jednakże żywo mam w pamięci te, których wysłuchałem — tak uderzyło mnie piękno tematu i jego ujęcie. W drugim roku moich studiów spotykałem stale „docenta” Lorie w laboratorium fizycznym. Doskonale pamiętam jego pomocną, życzliwą postawę w stosunku do młodych, zapalonych studentów — pełną wdzięku i czaru.

Po śmierci Profesora Smoluchowskiego Loria udał się do Lwowa, by zająć miejsce Profesora Zakrzewskiego, ten zaś objął katedrę po Profesorze Smoluchowskim. Na wiele lat straciłem kontakt z Profesorem Lorią. Będąc profesorem gimnazjalnym na prowincji a później w Warszawie, nie miałem okazji widywania go. Spotkaliśmy się ponownie na zjeździe fizyków we Lwowie, w którym pierwszy raz brałem udział i na którym przedstawiłem pierwszą moją pracę. Bardzo byłem wzruszony, że Loria mnie pamiętał i życzliwie ustosunkował się do mnie. Interesował się moją pracą i prosił o przysłanie mu moich manuskryptów. Następny raz spotkałem Lorie w kilka lat później na kursie fizyki teoretycznej w Berlinie, na którym wykładali Schrödinger i Laue. Zdaje mi się, że to właśnie wówczas zaczęła się nasza przyjaźń. Później Profesor Loria zaproponował mi stanowisko asystenta na Uniwersytecie Lwowskim, to on wyciągnął mnie z gimnazjum i w ten sposób wpłynął na początek mej kariery naukowej. Nikomu nie zawdzięczam tyle co Profesorowi Lorii. Pragnę powiedzieć to teraz, kiedy go już nie ma między żyjącymi.

Istnieje jeszcze jeden powód, dla którego to wszystko napisałem. Chciałem na mym przykładzie wykazać rzecz ogólniejszą: stosunek Profesora Lorii do młodych, dbałość o ich dobrobyt i rozwój naukowy. To są charakterystyczne cechy dobrego nauczyciela. Takim właśnie był Profesor Loria!

II

Stanisław Loria urodził się w roku 1883 w Warszawie. Uczęszczał do szkoły podstawowej, gimnazjum i uniwersytetu w Krakowie. Po uzyskaniu tytułu doktora filozofii wyjechał na dalsze studia do Wrocławia, Getyngi i Berlina. W roku 1910 został docentem na Uniwersytecie Jagiellońskim w Krakowie. Trzy lata później wyjechał do Anglii, by odbywać dalsze studia naukowe na Uniwersytecie w Manchesterze. Kiedy Profesor Zakrzewski, który miał katedrę fizyki teoretycznej we Lwowie, przeniósł się do Krakowa, Loria zajął jako profesor jego miejsce na Uniwersytecie Lwowskim. Lata 1923—1926 spędził w Pasadenie jako „research associate“ w Kalifornijskim Instytucie Technologii. Po powrocie do Polski w 1927 roku objął Katedrę Fizyki Doświadczalnej na Uniwersytecie Lwowskim i pozostał tam do roku 1941, to jest do chwili zajęcia tego miasta przez Niemców. Przez następne cztery lata okupacji musiał się ukrywać. Po wyzwoleniu Polski został Zastępcą Delegata Ministra Oświaty na Dolnym Śląsku, a potem profesorem i prorektorem na Uniwersytecie Wrocławskim. W latach 1947—1948 jako stypendysta UNESCO wyjechał do Anglii. W roku 1951 przeniósł się z Wrocławia do Poznania na stanowisko profesora zw. fizyki doświadczalnej i jako pracownik naukowy Instytutu Fizyki Polskiej Akademii Nauk. Zmarł 8 sierpnia bieżącego roku w londyńskim szpitalu, gdzie poddał się operacji.

Śmierć Stanisława Lorii jest wielką stratą dla polskiej fizyki. Był on jednym z naszych najstarszych profesorów, znał dobrze prawie wszystkich wielkich fizyków pierwszej połowy naszego stulecia. Znał Lorentza i Ehrenfesta, studiował we Wrocławiu z Bornem i Ladenburgiem. (Zazwyczaj pierwsze słowa Borna do mnie, ilekroć spotkał się, były: „Jak się miewa Loria?“). Pracował w Manchesterze pod kierunkiem Lorda Rutherforda, a od roku 1923 do 1926 był, na zaproszenie prof. Millikana, „research associate“ w Pasadenie. Znał dobrze dawne ośrodki badawcze. Było prawdziwą rozkoszą słuchać, gdy opowiadał o swym wielkim nauczycielu Witkowskim, o Smoluchowskim i Natansonie, profesorach fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, o pani Curie-Skłodowskiej, o wszystkich wielkich fizykach, których znał osobiście, a których następne pokolenie znało już tylko z literatury.

III

Jego naukowa praca koncentrowała się wokół pięciu problemów, które pokrótce wymienię:

- I. Prace z zakresu psychologii eksperymentalnej:
 1. *Untersuchungen über das seitliche Sehen*, Bull. Acad. Cracovie, October 1904.
 2. *Über das periphere Sehen*, Zeitr. f. Psychol. u. Physiol. d. Sinnesorgane **40**, 160—186, 1906.

Prace te miały wówczas bardzo wielkie znaczenie, wykazywały bowiem, że jedna z filozoficznych teorii Wundta dotycząca „uwagi“ była sprzeczna z eksperymentem.

II. Prace z zakresu optyki:

1. *Untersuchungen über die Dispersion des Lichtes in Gasen. I. Die Dispersion des Acetylens u. Methans*, Bull. Acad. Cracovie, 1059—1067, 1908.
2. *Über die Dispersion des Lichtes in leuchtendem Wasserstoff* (z R. Ladenburgiem), Nature, **79**, 7, 1908; Verhandl. d. Deutsch. Phys. Ges. **10**, 858—866, 1908; Phys. Zeitr. **9**, 875—878, 1908.
3. *Untersuchungen über die Dispersion des Lichtes in Gasen. II. Die Dispersion des Äthylens u. Äthans*, Bull. Acad. Cracovie, 195—207, 1909.
4. *Über die Dispersion des Lichtes in gasförmigen Kohlenwasserstoffen*, Ann. d. Physik, **29**, 605—622, 1909.
5. *Bestimmung der Dispersion des Lichtes in nicht leuchtendem gesättigtem Na-Dampfe von der Temperatur 385 Gr. Celsius*, Bull. Acad. Cracovie 39—60, 1909; Ann. d. Phys. **30**, 240—356, 1909.
6. *Untersuchungen über die Dispersion des Lichtes in Gasen. III. Ammoniak* (z J. Patkowskim), Bull. Acad. Cracovie 494—508, 1913.
7. *Die Lichtsbrechung in Gasen als physikalisches und chemisches Problem* (Sammlung Vieweg H. 4.) Fr. Vieweg u. Sohn, Braunschweig 1914.
8. *Indirectly excited fluorescence spectra*, Phys. Review **26**, 573—584, 1925.
9. *The metastable 2p. — state of mercury atoms*, Proc. Nat. Acad., **11**, 673—679, 1925.
10. *Zur Frage nach der Abhängigkeit der sensibilisierten Fluoreszenze vom Zusatz der Gase*, Zeitr. f. Physik **38**, 672—674, 1926.

Prace te pochodzą z okresu pobytu Lorii we Wrocławiu i Pasadenie. Wrocławskie prace były pierwszymi, które wykazały rozpraszanie się światła w niektórych substancjach gazowych. Specjalną wagę miały prace napisane wspólnie z Ladenburgiem, w których po raz pierwszy odkryta została „anormalna” dyspersja w pobudzonym wodorze. Prace należące do okresu pasadeńskiego zajmują się problemem fluorescencji. Określono w nich okres czasu, podczas którego atomy wodoru znajdują się w stanie „metastabilnym”.

III. Prace o magneto-optycznym efekcie Kerra:

1. *The magneto-optic Kerr-effect in ferromagnetic compounds and alloys. I.* Proc. Amsterdam, **12**, 835—845, 1910.
2. *Über die optischen Konstanten einiger das magneto-optische Kerr Phänomen aufweisenden Substanzen*, Bull. Acad. Cracovie 278, 1910.

3. *O magneto-optycznym zjawisku Kerra w ferromagnetycznych związkach i stopach*, Kosmos **35**, 621—640, 1910.
4. *The magneto-optic Kerr-effect in ferromagnetic compounds and alloys. II*, Proc. Amsterdam **14**, 970—983, 1912.
5. *Der magnetooptische Kerr-effekt bei ferromagnetischen Verbindungen und Legierungen*, Annalen d. Physik **38**, 889—920, 1912.

Te prace wykonane w laboratorium profesora H. Dubois w Berlinie były pierwszymi, w których zjawisko Kerra w substancjach ferromagnetycznych zostało dokładnie zbadane.

IV. Prace o radioaktywności:

1. *Über die Verflüchtigung kondensierter Emanationen*, Wiener Berichte **124**, 829—841, 1915.
2. *Über die Verdampfung des ThB und ThC*, Wien. Berichte **124**, 567—575, 1915.
3. *Über die Verdampfung des RaC*, Wien. Berichte **124**, 1077—1088, 1915.
4. *Über die Verzweigungsstelle der Th-Reihe*, Phys. Zeitr. **17**, 6—9, 1916.
5. *Die Verflüchtigungskurven des Systems ThB + ThC auf Au*, Bull. Acad. Cracovie, 260—264, 1917.
6. *Über die Verflüchtigung aktiver Niederschläge*, Bull. Acad. Cracovie 549—556, 1917.

Prace te wskazują na rozgalezianie się radioaktywnych grup Th i Ra.

V. Praca o dyfrakcji fal elektrycznych:

1. *Beugungsversuche mit Elektronen mittlerer Energie*, Bull. Acad. Cracovie, 15—22, 1937.

Praca ta jest pierwszą publikacją na temat problemu, któremu Profesor Loria poświęcił niemało lat swego życia. Zajmuje się ona dyfrakcją elektronów w przedziale pomiędzy 18 a 4,5 tysiącami Volt. Niestety dalsze publikacje nie mogły się ukazać, gdyż tak notatki jak i przyrządy zostały przez hitlerowców wywiezione lub zniszczone.

Charakterystyka pracy naukowej Profesora Lorii nie byłaby pełna, gdybym nie wspomniał o jego zainteresowaniu dla fizyki teoretycznej i dla popularyzacji. Był on jednym z pierwszych fizyków, który prze studiował pracę Einsteina z 1905 roku i w parę lat później napisał, we właściwym sobie żywym stylu, książkę o teorii względności — pierwszą, która ukazała się na ten temat w Polsce.

Był fascynującym wykładowcą, wspaniałym nauczycielem i lojalnym kolegą. Jego praca naukowa obejmuje okres od narodzin nowoczesnej fizyki do ery atomowej. Dobrze zdawał sobie sprawę z powiązania problemów naukowych z szybkim rozwojem techniki i jednoczesnymi powikłaniami politycznymi. Był mądrym i prawnym człowiekiem i miał wielkie poczucie humoru. Ci, którzy go znali, zachowają na zawsze w sercu wspomnienie jego szlachetnej postaci.

Leopold Infeld

KITZBÜHEL I WIEN

Z Genewy pojechałem autem prosto do Kitzbühel. Jest to piękna miejscowość górską — Zakopane Austrii. Jechaliśmy przez Niemcy, które po Szwajcarii robiły wrażenie kraju raczej biednego. Nigdzie jednak po drodze — około 400 kilometrów — nie widziałem śladów wojny. Kraj obraz średni, drogi średnie, dopóki nie wjechaliśmy na autostradę z Monachium do Salzburga. Po 80 kilometrach tej wspaniałej autostrady wjechaliśmy do Austrii, do pięknych pasm górskich — niezbyt wysokich, pokrytych zielenią, z której tylko gdzieniegdzie wystrzelały nagie skały. Pragnę już tutaj zaznaczyć, że niemal wszędzie formalności paszportowe były niesłychanie proste. Niemal nigdzie nie wysiadaliśmy z auta. To słowo „niemal“ wskazuje, że istnieje wyjątek. Istotnie istnieje on. Dla uspokojenia dodaje, że tym wyjątkiem nie jest Polska, w której władze paszportowe i celne są równie grzeczne i sprawne, jak austriackie, szwajcarskie i niemieckie.

Z całego Kitzbühel widziałem tylko jedną jedyną ulicę. Bardzo ładną; są na niej albo stare domy, albo śliczne wille, sklepy z pięknymi oknami wystawowymi, kawiarnie, restauracje, hotele. Owa ulica, a raczej jej główna handlowa część, była przystrojona flagami 21 państw. Wśród nich była i flaga Polski.

Posiedzenia odbywały się tam, gdzie mieszkaliśmy: w Grand Hotelu, pięknym, komfortowym hotelu, który poza członkami konferencji mieścił jeszcze kilku gości, pomimo tego, że był to już koniec sezonu w Kitzbühel. Obrady trwały (z przerwami na jedzenie) cały dzień — od 9³⁰ rano do 6 po południu. Otrzymywaliśmy z góry referaty, które trzeba było przeczytać, trzeba było obmyśleć i przygotować swoje przemówienie, rozmawiać z innymi uczestnikami konferencji, wieczorami chodzić na zebrania towarzyskie, tak że poza kilkoma krótkimi spacerami wzdłuż owej ulicy nie było na nic innego czasu. Pomimo tego piękno tych gór, czystość powietrza, wspaniała (z bardzo małymi wyjątkami) pogoda, miały swój wpływ na nas i były jedną z przyczyn tej, z początku powoli, rozwijającej się atmosfery wzajemnego porozumienia i zaufania.

Jaka jest geneza konferencji w Kitzbühel? Nazwa jej brzmi: „Trzecia Pugwash Konferencja“. Słowo *Pugwash* stale powtarzane urasta już dzisiaj do godności symbolu, porozumienia wzajemnego pomiędzy naukowcami.

Pragnę tutaj dodać kilka słów osobistych. Od wielu lat, to znaczy, aby być bardziej konkretnym, od lat 8, od czasu mego przyjazdu do

Polski, robiłem, co mogłem, aby doszło do skutku zebranie naukowców obradujących nad ich odpowiedzialnością społeczną. Na pierwszym posiedzeniu biura naszej organizacji pokojowej postawiłem wniosek w sprawie zorganizowania takiego zebrania. Niestety okazało się to zbyt trudne, ponad siły organizacji pokojowej. Potem postawiłem podobny wniosek na posiedzeniu egzekutywy Federacji Pracowników Naukowych. Wniosek został entuzjastycznie przyjęty i ... nic z tego. Toteż ucieszyłem się bardzo, kiedy od Bertranda Russella otrzymałem list, w którym zawarta była rezolucja ułożona przez niego — dotycząca katastrofy wojny atomowej. Było to wkrótce po śmierci Einsteina i Einstein figurował jeszcze jako pierwszy z uczonych, który tę rezolucję podpisał. Chociaż nie zgadzałem się w pełni z argumentami rezolucji, uważałem, że należy ją podpisać i to podpisać szybko. Zdaje mi się, że rezolucja ta zawierała ostatecznie dziesięć podpisów, wśród nich siedmiu laureatów Nobla.

Rezolucja ta zrobiła wielkie wrażenie, między innymi, na Cyrusie Eatonie, milionerze amerykańskim, który zaproponował naradę tych, którzy podpisali ten apel (wspólnie z kilkoma innymi uczonymi) w dobrach swoich w Pugwash w Nowej Szkocji w Kanadzie. Niestety lekarze nie pozwolili mi na tak daleką podróż. Pojechał zamiast mnie profesor Danysz, którego nazwisko dobrze jest znane wśród fizyków poza granicami Polski. Wiem od niego, że konferencja była udana, że byli też na niej delegaci ze Związku Radzieckiego. Potem odbyła się druga konferencja, również nieliczna jak pierwsza i również nieoficjalna; żadnych apelów, ani rezolucji nie uchwalano. Dyskutowano na nich tylko sprawy naukowe, związane z niebezpieczeństwem prób atomowych, z niebezpieczeństwem wojny, z kontrolą wybuchów atomowych, itp. Były to dyskusje bez frazesów, bez sloganów pokojowych, czysto naukowe, często suche. Na zebraniach tych wybrano komitet, który składał się z 4 osób i przewodniczącego, którym został Bertrand Russell — nieobecny zresztą, z powodu podeszłego wieku, na obydwóch konferencjach. Jako członkowie tego komitetu zostali wybrani: profesor Powell, laureat nagrody Nobla; profesor Skobelcyn ze Związku Radzieckiego; profesor Rotblat, urodzony w Polsce, obecnie w Anglii, i profesor Rabinowitch ze Stanów Zjednoczonych.

Nie wiem dokładnie, jak to się stało, ale przedyfundowała do Warszawy wiadomość, że ten komitet przygotowuje trzecią „Pugwash“ konferencję, tym razem w Europie, w Austrii. Zarówno profesor Danysz (który niestety nie mógł przyjechać), jak i ja otrzymaliśmy zaproszenie na tę konferencję podpisane przez Russella. Jak się okazało z tego zaproszenia austriacka fundacja, znana jako *Fundacja Körnera*, zapraszała nas na 6 dni do Kitzbühel, po czym w siódmym dniu, już we Wiedniu, miała się odbyć już jawnie konferencja zakończona publicznym zebraniem.

W konferencji w Kitzbühel wzięło udział 69 uczonych; wśród nich 8 laureatów Nobla. Byli to: Max Born, mój profesor, z którym współpracowałem w Anglii; Lord Boyd-Orr, przyjaciel Polski; Lord Russell, od którego apelu zaczął się cały ruch *Pugwash*; Sir George Thomson z Anglii, znany fizyk, syn jeszcze bardziej znanego fizyka; profesor H. J. Muller, słynny genetyk; profesor Hideki Yukawa, teoretyk, który przepowiedział istnienie mezonu; profesor Linus Pauling, chemik kwantowy, wielki przyjaciel Związku Radzieckiego,

pomimo tego, że w tak zwanym okresie błędów i wypaczeń teorii jego były zwalczane i tam i u nas (niestety!).

Poza tym było wielu świetnych naukowców. Wśród delegatów ze Związku Radzieckiego byli: akademik Bogoliubow, słynny fizyk teoretyk, laureat nagrody Leninowskiej; członkowie Akademii Skobelcyn, Topczyjew, Winogradow. Jaki był wybór delegatów? Otóż ci, którzy przyjechali z Zachodu, uczynili to na skutek zaproszeń Bertranda Russella. Natomiast ci z krajów socjalistycznych, na skutek zaproszeń wysłanych do Akademii Nauk. (Ja byłem wyjątkiem — miałem zarówno osobiste zaproszenie, jak i też byłem przedstawicielem Akademii).

Referaty były na ogół bardzo ciekawe, interesujące, często dowcipne. Dopuszczonymi językami były: angielski i rosyjski z równoczesnym tłumaczeniem. W ogóle konferencja była doskonale zorganizowana. Przyczyniła się do tego obecność Cyrusa Eatona i jego sekretarek. Eaton, to bardzo miły, inteligentny starszy pan, który ładnie przemawiał przy różnych towarzyskich okazjach.

Ciekawy był skład osobowy delegacji. Poza delegatami z krajów socjalistycznych nie było żadnych komunistów wśród zebranych. Sympatyków naszych można byłoby łatwo policzyć na palcach jednej ręki. Delegacja amerykańska składała się z dwóch grup. Jedna, która uważała się za radykalną — nie miała wiele wspólnego z radykalnością w naszym znaczeniu tego słowa. Radykalność jej polegała na tym, że uznała zasadę współlistnienia i starała się wyciągnąć z niej wnioski, zgadzając się chętnie na tę konferencję międzynarodową. Druga grupa to konserwatyści, którzy również byli za zasadą współlistnienia i którzy również uważali, że wojna atomowa — to koniec naszej cywilizacji. Byli oni raczej przeciwni zebraniu o charakterze międzynarodowym i uważali, że należy się ograniczyć do walki o uniemożliwienie wojny atomowej we własnym kraju. Przyjechali namówieni przez swych kolegów i nie taili swego sceptycznego nastawienia.

Tak więc konferencja zawierała elementy różnorodne. Referaty były wygłaszane przez obydwie strony. Jakie były tematy tych referatów? Nie mogę podać ich wszystkich, aby artykuł ten nie zamienił się w nudny katalog tytułów. Podam jednak niektóre: *Efekt promieniowania radioaktywnego*, *Konsekwencje wojny atomowej*, *Techniczne zagadnienia rozbrojenia*, *Zmniejszenie napięcia międzynarodowego*, *Międzynarodowa wymiana naukowców*, itd.

Pierwszy dzień obrad zawierał nieprzyjemne zgrzyty. Postanowione było, że referaty i dyskusje będą apolityczne. Jednak polityka wdarła się i w referaty (które zawsze były rozdawane w przeddzień) i w dyskusję. Obawiałem się pierwszego dnia, że konferencja się rozpadnie. Ale już następnego dnia atmosfera była znacznie lepsza i z dniem każdym poprawiała się coraz bardziej. Konferencja w Kitzbühel skończyła się pogodnie uchwaleniem rezolucji, przy jednym (młodym zresztą Amerykaninie) wstrzymującym się od głosu. Główny kompromis polegał na zdaniu dotyczącym zakończenia prób atomowych. Podczas gdy delegaci krajów socjalistycznych domagali się, abyśmy żądali natychmiastowego zaprzestania tych prób, część delegacji zachodniej pragnęła zmienić owo żądanie w kontrolę. „Najpierw zaprzestanie prób, potem kontrola” argumentowaliśmy.

„Najpierw kontrola, potem zaprzestanie prób“ — argumentowali niektórzy. Po długiej dyskusji i różnych wnioskach zgodzili się wszyscy na kompromis, którego wyrazem były następujące zdania w rezolucji:

„Stwierdzamy z satysfakcją, że rządy USA, ZSRR i W. Brytanii uznały twierdzenia i wnioski zawarte w sprawozdaniu ekspertów technicznych. Jest to znaczny sukces. Mamy poważną nadzieję, że za tym uznaniem nastąpi wkrótce międzynarodowe porozumienie, prowadzące do zaprzestania wszystkich prób broni jądrowej i ustalenia efektywnego systemu kontroli. Byłoby to pierwszym krokiem w kierunku osłabienia napięcia międzynarodowego i zakończenia wyścigu zbrojeń“.

Pełny tekst rezolucji zamieszczony jest w tym numerze *Kosmosu B*. Rezolucję tę przyjęliśmy w piątek, 19 września 1958, i natychmiast udaliśmy się do Wiednia na ostatnie, sobotnie posiedzenie.

Sobota we Wiedniu była męcząca. Przed południem posiedzenie w Austriackiej Akademii Umiejętności. Sala pełna marmurów, malowideł na suficie i posągów wydawała się na pewno ludziom zeszłego stulecia ostatnim wyrazem smaku i przepychu. Odczytano rezolucję i wygłoszono przemówienia. Rozpoczęła się ta część uroczystości kwartetem muzycznym. Wprowadziło to uroczysty nastrój, chociaż, będąc niemuzycznym, nie pamiętam już, czy to był Mozart czy Schubert. Z przemówień chciałbym wspomnieć o dwóch. Pierwsze, to przemówienie prezydenta Austrii. Mądre i chwila mi nawet podniosłe: o neutralnej Austrii, o jej roli jako pacyfikatora, o jej stanowisku w sprawie zbrojeń atomowych. Następne to przemówienie Russella. Stary pan, bo ma już lat 86, z grywą siwych włosów, wygląda jak stary orzeł. Byłem wzruszony widząc tego chyba największego żyjącego naukowca i pisarza naszej epoki. Mówił głosem słabym, ale mówił mądrze. O tym, że wyzbycie się broni atomowej nie powinno być w ogóle sprawą polityczną. To tak, jak gdyby sfora wściekłych psów grasowała po Berlinie, a obywatele obydwóch części tego miasta czekali z założonymi rękami w nadziei, że psy pogryzą więcej obywateli tej drugiej części.

Obiad jedliśmy w cesarskim Burgu, gdzie gospodarzem naszym był prezydent Austrii.

Wreszcie po obiedzie ostatni akt — oficjalny. Oto w niedawno wybudowanej hali sportowej, nowoczesnej w wyglądzie, pięciokrotnie większej od Hali Mirowskiej, miał się odbyć wiec publiczny, na którym niektórzy uczestnicy konferencji mieli wygłosić przemówienia, mówiące ludności tego pięknego miasta o wynikach konferencji w Kitzbühel. Obecny był prezydent Austrii, a przewodniczył burmistrz Wiednia. Przemawiali między innymi Hindus B h a b h a, Lord B o y d - O r r, Japończyk Y u k a w a, radziecki uczony S k o b e l c y n i wreszcie jako ostatni przemawiałem ja. Był to największy wiec, jaki wiedeńscy pamiętają. Ilość obecnych wynosiła dziesięć tysięcy!

Mnie się wydaje, że konferencja ta była czymś niezmiernie ważnym politycznie. Nie stworzyliśmy wprawdzie jeszcze ram organizacyjnych, ale postanowiliśmy rozszerzyć nasz komitet 5 (Russell, Powell, Rotblat, Skobelcyn, Rabinowitch) do 10 przez kooptację, prawdopodobnie, 2 członków z delegacji USA, dwóch z ZSRR i jednego z W. Brytanii. Prawdopodobnie w przyszłości takich Kitzbühel będzie

więcej. Wpływ polityczny naukowców rośnie z każdym rokiem i niewątpliwie rósć będzie w przyszłości. Już w najbliższych latach politycy będą musieli liczyć się z naszą opinią. A jest ona za pokojem, skierowana przeciwko wojnie.

Na zakończenie pragnę podać dosłownie moje przemówienie na wiecu we Wiedniu, gdyż wydaje mi się, że odzwierciedla ono nasz nastrój, nadzieje, jakie wiążemy z tą konferencją, i wdzięczność, którą odczuliśmy dla małej Austrii za to, że tak pięknie spełniła swą rolę gospodarza.

Panie Prezydencie, Panie i Panowie!

Zaledwie wczoraj powróciłem z przepięknego Kitzbühel, gdzie miałem szczęście obradować, wspólnie z innymi uczonymi, nad problemem, który tak bardzo nam leży na sercu. Proszę mi pozwolić powiedzieć teraz coś osobistego. Pomoże mi to lepiej wyjaśnić problem, o którym chciałbym mówić i który był tematem niejednej naszej konferencji.

Urodziłem się w Krakowie, w czasach kiedy to piękne polskie miasto należało do austriacko-węgierskiej monarchii. Kiedy byłem jeszcze dzieckiem, mój ojciec zabrał mnie do Wiednia, w roku, kiedy cesarz Franciszek-Józef obchodził jubileusz sześćdziesięciolecia swego panowania. Podróż z Krakowa do Wiednia trwała wówczas — dobrze to sobie przypominam — siedem godzin. Było to pięćdziesiąt lat temu. Od tego czasu nastąpił potężny, nie przeczuwany przedtem, rozwój nauki i techniki. Ale jaki jest rezultat owego rozwoju dla mieszkańca Krakowa, który by dzisiaj jechał do Wiednia? Podróż trwa co najmniej dwa razy dłużej niż przed 50 laty!

Proszę mi pozwolić przytoczyć inny przykład, tym razem z literatury. Juliusz Verne w swojej książce opisał podróż dookoła świata dokonaną koleją, statkiem i balonem w 80 dni. Była to niewiarogodna szybkość, która wywołała w Anglii wielkie poruszenie. Przyjmijmy, że ktoś teraz przedsięwzięnie podróż dookoła świata. Taką podróż mógłby rozpocząć i ukończyć w ciągu jednej doby. To porównanie pokazuje nam, jak bardzo skurczył się świat. Ale poczekajmy chwilę! Bohater powieści Verne'a rozpoczyna swoją podróż, o ile sobie przypominam, prawie zaraz po powzięciu decyzji. Nie potrzebuje paszportu, nie potrzebuje żadnych wiz. Jakby to było dzisiaj, gdyby ktoś chciał tę podróż odbyć i zatrzymywać się w każdym kraju, przez który przejeżdża? Samo zbieranie wiz trwałoby najprawdopodobniej dłużej niż 80 dni! I ten przykład pokazuje nam, jak bardzo świat skurczył się przez technikę, ale równocześnie pokazuje nam, jak bar-

dzo wyolbrzymiały jego rozmiary z powodu atmosfery politycznej.

Nauka jest sprawą międzynarodową. Nowoczesna wiedza o atomie nie byłaby możliwa bez dzieła Greka Demokryta, Rosjanina Mendelejewa, Niemca Plancka, Austriaka Boltzmanna, Nowozelandczyka Rutherforda, Francuza Curie, Polki a później obywatelki francuskiej Skłodowskiej-Curie, niemieckiego, potem szwajcarskiego a w końcu amerykańskiego obywatela Einsteina, włoskiego a potem amerykańskiego obywatela Fermiego — by wymienić tylko kilka nazwisk uczonych, dziś już nie żyjących.

Naukowcy rozumieją niebezpieczeństwo stwarzane przez te dwie przeciwległe siły: technikę, która świat coraz mniejszym czyni, i polityczne napięcie, które wznosi nowe mury między krajami. Ten fakt jest groźbą dla pokoju świata, a w każdym razie jest przeszkodą na drodze rozwoju nauki, która dziś więcej niż kiedykolwiek przedtem potrzebuje dla swego rozwoju swobodnej wymiany naukowych idei.

Nie bądźmy jednak pesymistami. Jeden z moich amerykańskich kolegów oświadczył mi w Kitzbühel, że pierwszy raz widział radzieckiego uczonego przed trzema laty na genewskiej konferencji „Pokojuowego Wykorzystania Energii Atomowej“. To był początek wymiany naukowych idei pomiędzy uczonymi Związku Radzieckiego i Ameryki. Od tego czasu wiele zmieniło się na lepsze. Ale przed nami stoi wielkie zadanie. W Kitzbühel dyskutowaliśmy w przyjaźni i wzajemnym zaufaniu nad sprawą możliwości przyspieszenia współpracy naukowców całego świata.

Najważniejszym wynikiem konferencji jest to, że nauczyliśmy się wzajemnie rozumieć; że omawialiśmy formy wzajemnej współpracy.

Wyniki naszych obrad zawdzięczamy w szczególności gościnności. Ale spodziewam się, że osiągniemy jeszcze więcej — mam nadzieję, że porozumienie osiągnięte między naukowcami wywrze swój zbawienny wpływ na polityczną atmosferę całego świata. Jeżeli tak się stanie, wtedy nie tylko my, ale wszyscy stęknieni za pokojem ludzie będą wdzięczni waszemu pięknemu, neutralnemu krajowi.

DEKLARACJA WIEDENSKA
TRZECIEJ PUGWASH KONFERENCJI UCZONYCH
Z DZIEDZINY FIZYKI JĄDROWEJ

Kitzbühel — Wiedeń, Austria, 14—21 wrzesień 1958

KONIECZNOŚĆ POŁOŻENIA KRESU WOJNOM

Spotykamy się w Kitzbühel i w Wiedniu w chwili, gdy stało się zupełnie oczywiste, że rozwój broni jądrowej sprawia, iż człowiek może zniszczyć cywilizację i naturalnie siebie samego. Środki zniszczenia stają się coraz doskonalsze. Uczeni biorący udział w naszym spotkaniu długo byli związani z ich rozwojem i są jednomyślni w opinii, że wojna jądrowa na pełną skalę byłaby katastrofą światową o wielkości bez precedensu w dziejach. Według naszej opinii obrona przed atakiem jądrowym jest bardzo trudna. Nieuzasadniona wiara w środki obrony może nawet stać się powodem wybuchu wojny.

Jeśli nawet narody zgodzą się na wyeliminowanie broni jądrowych i innych broni masowego zniszczenia z arsenałów świata, to jednak wiedza o tym, jak produkować taką broń, nie zostanie zniszczona. Pozostanie ona cały czas potencjalną groźbą dla ludzkości. W każdej przyszłej większej wojnie każde walczące państwo będzie się czuło nie tylko w prawie, lecz będzie wprost zmuszone podjąć natychmiast produkcję broni jądrowych, gdyż żadna ze stron w czasie wojny nie będzie pewna, czy takie kroki nie zostały już poczynione przez nieprzyjaciela. Uważamy, że w takiej sytuacji główne potęgi przemysłowe świata będą potrzebowały mniej niż rok czasu do rozpoczęcia magazynowania broni atomowych. Wynika stąd, że jedynym sposobem przeciwko ich użyciu w wojnie byłoby porozumienie co do ich nieużywania, które zostałoby dokonane w czasach pokoju. Rozstrzygająca, jednakże, siła broni jądrowych mogłaby kuśić nieodparcie szczególnie tych przywódców, którzy staliby przed klęską.

Wydaje się zatem, że broń atomowa zostałaby użyta w każdej przyszłej większej wojnie ze wszystkimi jej straszliwymi konsekwencjami. Sugeruje się czasami, że wojny lokalne w ograniczonych rozmiarach mogłyby być jeszcze prowadzone bez katastrofalnych konsekwencji. Historia wskazuje jednak, że ryzyko rozrośnięcia się lokalnego konfliktu w wielką wojnę jest zbyt duże, aby można je było przyjąć w wieku broni masowego zniszczenia. Ludzkość musi zatem postawić sobie zadanie wyeliminowania wszystkich wojen, z lokalnymi wojnami włącznie.

ŻĄDANIE POŁOŻENIA KRESU WYŚCIGOWI ZBROJEŃ

Wyścig zbrojeń jest wynikiem utraty zaufania między państwami. Przyczynia się on z kolei do dalszej utraty tego zaufania. Każdy krok w kierunku zmniejszenia wyścigu zbrojeń, prowadzący nawet do małych redukcji zbrojeń i sił zbrojnych na zasadach wzajemnych i poddany niezbędnej kontroli, byłby zatem bardzo pożądanym. Witamy z radością wszelkie kroki w tym kierunku, w szczególności ostatnie porozumienie w Genewie między reprezentantami Wschodu i Zachodu, dotyczące możliwości wykrywania wybuchów próbnych. Jako uczonych cieszy nas szczególnie fakt, że to jednomyślne porozumienie, pierwsze po długiej serii nieudanych międzynarodowych negocjacji rozbrojeniowych, zostało umożliwione przez wzajemne zrozumienie i obiektywizm uczonych z różnych stron. Stwierdzamy z satysfakcją, że rządy USA, ZSRR i Wielkiej Brytanii uznały twierdzenia i wnioski zawarte w raporcie ekspertów technicznych. Jest to znaczny sukces. Mamy poważną nadzieję, że za tym uznaniem nastąpi wkrótce międzynarodowe porozumienie, prowadzące do zaprzestania wszystkich prób broni jądrowej i ustalenia efektywnego systemu kontroli. Byłoby to pierwszym krokiem w kierunku osłabienia napięcia międzynarodowego i zakończenia wyścigu zbrojeń.

Jest rzeczą powszechnie uznaną, że każde porozumienie rozbrojeniowe, a w szczególności rozbrojenie jądrowe, wymaga środków kontroli, aby zabezpieczyć każdą ze stron od możliwego ominięcia postanowień. Uczeni są świadomi tego, dzięki ich technicznym kompetencjom, że efektywna kontrola będzie w wielu przypadkach stosunkowo łatwa, podczas gdy jest ona stosunkowo trudna w innych. Na przykład, konferencja ekspertów w Genewie uzgodniła, że zaprzestanie prób bomb mogłoby być kontrolowane przez odpowiednią sieć stacji kontrolnych. Z drugiej strony bardzo trudnym problemem technicznym będzie ustalenie istniejących zapasów broni jądrowych i środków masowego zniszczenia. Porozumienie co do zaprzestania produkcji broni jądrowych stanowi problem o pośredniej technicznej trudności pomiędzy tymi dwoma krańcowymi przykładami.

Przyznajemy, że nagromadzenie ogromnych zapasów broni jądrowych uczyniło całkowicie niezawodny system kontroli pełnego rozbrojenia jądrowego ogromnie trudnym, a może i niemożliwym. Ażeby to rozbrojenie stało się możliwe, narody muszą oprzeć się nie tylko na jego praktycznej weryfikacji technicznej, lecz również na systemie porozumień politycznych, udanych układach bezpieczeństwa międzynarodowego i na doświadczeniu udanej współpracy na różnych polach. Wszystko to może stworzyć klimat wzajemnego zrozumienia, który teraz nie istnieje, oraz pewność, że narody dojrzą wreszcie wzajemne korzyści polityczne płynące z usunięcia podejrzeń.

Uznając trudności techniczne obecnej sytuacji uczeni czują się zobowiązani uświadomić swym narodom i swym rządów konieczność polityki, która wzmacniałaby zaufanie międzynarodowe i ograniczałaby wzajemne obawy. Obawy te nie mogą być ograniczane jedynie przez oświadczenia o dobrej woli; ich ograniczenie wymagać będzie politycznego dostrojenia i podjęcia aktywnej współpracy.

CO OZNACZAŁABY WOJNA?

Nasze wnioski co do możliwych konsekwencji wojny są uzasadnione przez raporty i referaty wygłoszone na naszej konferencji. Dokumenty te wskazują, że jeśli w przyszłej wojnie znaczna część dotychczas wyprodukowanej broni jądrowej zostałaby zrzucona na cele miejskie, to główne ośrodki cywilizacji w walczących krajach zostałyby całkowicie zniszczone, a większość ludzi zabita. Byłoby to faktem, niezależnie od tego, czy użyte bomby pobierałyby większość swej mocy z reakcji fuzji (tak zwane bomby „czyste”) czy zasadniczo z reakcji rozszczepienia (tak zwane bomby „brudne”). Oprócz zniszczenia większych ośrodków zaludnienia i przemysłu bomby takie zniweczyłyby także i ekonomikę zaatakowanego kraju przez zniszczenie środków dystrybucji i komunikacji. Większe państwa zgromadziły już olbrzymie zapasy „brudnych” bomb jądrowych; wydaje się, że czynią to jeszcze. Z czysto wojskowego punktu widzenia bomby „brudne” posiadają w wielu sytuacjach zalety; czyni to bardziej prawdopodobnym użycie ich w wielkiej wojnie.

Opad lokalny spowodowany intensywnym użyciem „brudnych” bomb spowodowałby śmierć olbrzymiej części ludności zaatakowanych krajów. Przy wielkiej liczbie eksplozji (każda bomba równoważna jest milionom ton zwykłych chemicznych materiałów wybuchowych) opad radioaktywny zostałby rozłożony nie tylko na obszarze, na który bomby zostały zrzucone, lecz przy zmiennym natężeniu i na pozostałej powierzchni ziemi. Spowodowałoby to wiele milionów zgonów nie tylko w krajach biorących udział w wojnie, lecz również w krajach nie biorących w niej udziału na skutek ostrych skutków promieniowania. Powstałyby więc wszędzie poważne uszkodzenia organizmów ludzkich i innych, wywołane długim promieniowaniem, z powodu efektów somatycznych, takie jak białaczka, rak kości, skrócenie długości życia oraz ze względu na skutki genetyczne, wywołujące skazy dziedzicznie przenoszone na potomstwo.

Znajomość genetyki ludzkiej nie jest jeszcze wystarczająca dla dokładniejszego sprecyzowania konsekwencji, które mogłyby powstać na skutek znacznego wzrostu ilości mutacji, wynikłych z nieograniczonej wojny jądrowej. Jednakże genetycy sądzą, że mogą one być groźne dla przyszłości pozostałej przy życiu ludności świata.

Istnieją czasami sugestie, że w przyszłej wojnie użycie broni jądrowej mogłoby być ograniczone do takich obiektów jak bazy wojskowe, koncentracje wojsk, lotniska i inne środki komunikacji i że w ten sposób można by uniknąć ataków na wielkie skupiska ludności. Jednak nawet broń taktyczna ma wielki promień działania, a miasta są zwykle związane z ośrodkami dostaw i transportu. Sądzymy zatem, że nawet „ograniczona” wojna doprowadziłaby pomimo prób ograniczenia celów, do szerokiego zniszczenia terytorium, na którym by miała miejsce, oraz do wymordowania znacznej części ludności. Dalej, porozumienie co do niewykorzystywania miast dla celów wojskowych, ustanowione dla uzasadnienia wykluczenia ich spod ataku, nie jest zazwyczaj dotrzymywane pod koniec wojny, zwłaszcza przez stronę przegrywającą. Ta ostatnia mogłaby się pokusić o użycie bomb jądrowych przeciwko ludności głów-

nych ośrodków nieprzyjaciela w nadziei, że złamie to jego wolę kontynuowania wojny.

NIEBEZPIECZEŃSTWO PRÓB BOMB JĄDROWYCH

Na naszej pierwszej konferencji uzgodniono, że mimo iż niebezpieczeństwa biologiczne prób z bombami mogą być małe w porównaniu z podobnymi niebezpieczeństwami, na które ludzkość jest narażona z innych źródeł, to niebezpieczeństwa ze strony prób istnieją i winny być poddane bliższym i ciągłym badaniom. Od tej pory zostały przeprowadzone intensywne badania przez Naukową Komisję Efektów Promieniowania przy Organizacji Narodów Zjednoczonych a jej autorytatywne wnioski opublikowane. I w tym przypadku również uczeni z wielu różnych krajów potrafili dojść do jednomyślnego porozumienia. Ich wnioski stwierdzają, że próby broni jądrowych wywołują określone niebezpieczeństwo i że są one winne znacznej liczby ofiar w obecnym i przyszłych pokoleniach. Pomimo iż ilość szkód genetycznych wydaje się być stosunkowo mała w porównaniu ze szkodami wywołanymi przez źródła naturalne, to jednak występowanie białaczki i raka kości spowodowane przez radioaktywność pochodzącą z wybuchów próbnych może wg oszacowania Komisji ONZ znacznie zwiększać naturalne występowanie tych chorób. Wniosek ten zależy od założenia (nie podzielanego przez wszystkie autorytety w tej dziedzinie), że efekty te mogą być wywoływane nawet przez najmniejszą ilość promieniowania. Niepewność ta wymaga intensywnych badań i ostrożnego przyjęcia, w międzyczasie, najbardziej pesymistycznego założenia. Zmusza to do przyjęcia ogólnie uzgodnionego wniosku, że wszelkie niepotrzebne wystawianie ludzkości na promieniowanie jest niepożądane i winno być unikane.

Wynika stąd bezpośrednio, że szkody biologiczne wywołane przez wojnę, w której użyto by wielu bomb jądrowych, byłyby bez porównania większe niż szkody wywołane przez próby; głównym więc bezpośrednim celem, stojącym przed ludzkością, jest zapewnienie warunków, które mogłyby wyeliminować wojnę.

NAUKA I WSPÓŁPRACA MIĘDZYNARODOWA

Uważamy, że jako uczeni, możemy wnieść poważny wkład w dzieło powiększenia zaufania i współpracy między narodami. Nauka, dzięki długoletniej tradycji, jest dziełem międzynarodowym. Uczeni o różnych narodowych patriotyzmach łatwo znajdują wspólną podstawę zrozumienia; wykorzystują oni te same koncepcje i te same metody, pracują w kierunku osiągnięcia wspólnych intelektualnych celów, pomimo różnic w poglądach filozoficznych, ekonomicznych i politycznych. Szybko rosnące znaczenie nauki w problemach ludzkości potęguje znaczenie środowiska uczonych.

Zdolność uczonych całego świata do wzajemnego zrozumienia i współpracy jest doskonałym narzędziem do zbliżenia narodów i zjednoczenia ich wokół wspólnego celu. Uważamy, że współpracując na każdym polu, gdzie tylko współpraca międzynarodowa jest możliwa, wnosimy

poważny wkład w utrwalenie poczucia wspólnoty narodów. Może on uczestniczyć w rozwoju klimatu wzajemnego zaufania, który jest konieczny dla rozwiązania konfliktów politycznych między narodami i który jest podstawą efektywnego rozbrojenia. Mamy nadzieję, że uczeni uświadomią sobie wszędzie swą odpowiedzialność względem ludzkości i swych własnych narodów za poświęcenie myśli, czasu i energii dla rozszerzenia współpracy międzynarodowej.

Kilka międzynarodowych przedsięwzięć naukowych osiągnęło już poważne sukcesy. Wspomnijmy tylko światową współpracę od 100 lat w meteorologii, dwa Międzynarodowe Lata Polarne, które poprzedziły (przed 75 i 25 laty odpowiednio) obecny Międzynarodowy Rok Geofizyczny oraz Konferencje Atom dla Pokoju. Mamy niepłonną nadzieję, że zostaną poczynione wysiłki dla zainicjowania podobnej współpracy w innych dziedzinach badań. Zostaną one z pewnością entuzjastycznie poparte przez wszystkich uczonych na całym świecie.

Żądamy wzrostu nieograniczonego przepływu informacji naukowej między narodami oraz szerokiej wymiany uczonych. Sądzymy, że narody, które budują swe narodowe bezpieczeństwo na tajności osiągnięć naukowych, poświęcają interesy pokoju i postępu nauki dla chwilowych korzyści. Naszym przekonaniem jest, że nauka może najlepiej służyć ludzkości, jeśli jest ona wolna od ingerencji jakichkolwiek dogmatów narzuconych z zewnątrz i jeśli korzysta ona ze swych praw do kwestionowania wszystkich postulatów, włącznie z własnymi.

TECHNIKA W SŁUŻBIE POKOJU

W naszych czasach nauki czyste i stosowane stają się coraz bardziej współzależne. Osiągnięcia nauk podstawowych, teoretycznych i doświadczalnych są coraz to szybciej przekształcane w nowe osiągnięcia techniczne. To przyspieszające się ciągle zjawisko manifestuje się zarówno w tworzeniu broni o rosnących możliwościach zniszczenia, jak i w rozwoju środków niezbędnych dla zapewnienia zdrowotności i dobrobytu ludzkości. Sądzymy, że tradycja wzajemnego zrozumienia i współpracy międzynarodowej, która tak długo istnieje w naukach podstawowych, może i powinna być rozciągnięta na wiele dziedzin techniki. Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej, na przykład, ma na celu nie tylko współpracę dla ustalenia faktów dotyczących energii atomowej, lecz również niesie pomoc narodom świata w rozwoju nowych źródeł energii, jako bazy niezbędnej dla poprawy ich materialnego dobrobytu. Uważamy, że współpraca międzynarodowa na tym i na innych polach, takich jak rozwój ekonomiczny oraz polepszenie zdrowotności, powinna być wydatnie zwiększona.

Niezwykle niski poziom życia w przemysłowo niedorozwiniętych krajach świata jest i będzie źródłem napięcia międzynarodowego. Widzimy palącą potrzebę przyspieszenia badań i ustalenia programów efektywnego uprzemysłowienia tych krajów. Poprawiłoby to nie tylko poziom życia większości ludności świata; mogłoby to również zredukować źródła konfliktów między wysokoprzemysłowymi mocarstwami. Badania takie stworzyłyby także wdzięczny teren dla wspólnych wysiłków uczonych całego świata.

Wielki wzrost wygod i szybkości komunikacji oraz nasze wzrastające zrozumienie tego, jak siły natury wpływają na warunki życia narodów w różnych częściach świata, wskazują nam, w sposób niemożliwy dawniej do zrealizowania, do jakiego stopnia dobrobyt indywidualnego narodu związany jest i uzależniony od dobrobytu całej ludzkości oraz jak szybko mógłby on wzrosnąć przy wspólnych międzynarodowych wysiłkach. Wierzymy, że przez takie wspólne wysiłki koegzystencja między narodami o różnych ustrojach socjalnych i ekonomicznych może stać się nie tylko pokojową i konkurencyjną, lecz w coraz to większym stopniu opierać się będzie na współpracy a przez to stanie się bardziej stabilną.

Jako uczeni jesteśmy głęboko świadomi wielkich zmian w warunkach życia ludzkości, które zostały spowodowane przez współczesny rozwój i zastosowanie nauki. Mając pokój ludzkość stanie przed początkiem wielkiej naukowej ery. Nauka może zapewnić ludzkości wciąż wzrastające zrozumienie sił przyrody i środków ich wykorzystania. Doprowadzi to do wielkiego wzrostu dobrobytu, zdrowotności i pomyślności wszystkich ludzi.

ODPOWIEDZIALNOŚĆ UCZONYCH

Uważamy, że jest obowiązkiem uczonych we wszystkich krajach pomóc w kształceniu swych obywateli przez szerokie uświadomienie ich o niebezpieczeństwach i możliwościach niebywałego rozwoju nauki. Apelujemy do naszych kolegów, by współdziałali wszędzie w tych wysiłkach zarówno przez objaśnianie dorosłych jak i przez wychowywanie przyszłych generacji. W szczególności wychowywanie powinno podkreślać rozwój wszystkich form stosunków ludzkich oraz powinno wyeliminować wszelką gloryfikację wojny i gwałtu.

Uczeni są, ze względu na swą wiedzę specjalną, dobrze wyposażeni w możliwość wczesnego uświadomienia sobie niebezpieczeństw i korzyści płynących z odkryć naukowych. Mają więc z tego powodu specjalne kompetencje i specjalną odpowiedzialność w stosunku do najistotniejszych problemów naszych czasów.

W obecnych warunkach braku zaufania między narodami oraz wyścigu zmierzającego do uzyskania przewagi militarnej, który wypływa zeń, wszystkie gałęzie nauki — fizyka, chemia, biologia, psychologia — coraz bardziej biorą udział w rozwoju środków wojennych. W oczach ludzi wielu krajów nauka stała się nierozłącznie związana z rozwojem broni. Uczeni są albo podziwiani za ich wkład w bezpieczeństwo narodowe albo przeklinani za narażanie ludzkości na niebezpieczeństwo przez odkrycie broni masowego zniszczenia. Wzrastająca pomoc materialna, którą uzyskuje nauka w wielu krajach, jest głównie następstwem jej znaczenia bezpośredniego lub pośredniego dla potęgi militarnej kraju i jego powodzenia w wyścigu zbrojeń. Odrywa to naukę od jej właściwego celu, którym jest wzrost ludzkiej wiedzy oraz pomoc w zycietyście człowieka nad siłami natury dla dobra wszystkich ludzi. Bolejemy nad warunkami, które doprowadziły do tej sytuacji i apelujemy do wszystkich ludzi i ich rządów o stworzenie warunków dla trwałego pokoju.

LISTA UCZESTNIKÓW TRZECIEJ PUGWASH KONFERENCJI

Australia

Profesor M. L. E. Oliphant

Austria

Prof. Hans Thirring

Bulgaria

Akademik G. Nadjakow

Czechosłowacja

Dr Viktor Knapp

Dr J. Kožešnik

Dania

Prof. Mogens Pihl

Francja

Ojciec Daniel DuBarle

Dr Bernard Gregory

Dr J. Gueron

Prof. Antoine Lacassagne

Holandia

Prof. B. R. A. Nijboer

Indie

Dr H. J. Bhabha

Dr K. S. Krishnan

Prof. P. C. Mahalanobis

Japonia

Prof. Iwao Ogawa

Prof. S. Tomonaga

Prof. Yasuo Miyake

Prof. Schoichi Sakata

Prof. Hideki Yukawa

Jugosławia

Prof. Paul Sawicz

Niemiecka Republika Demokratyczna

Prof. Günther Rienacker

Niemiecka Republika Federalna

Prof. Max Born

Prof. G. Burkhardt

Prof. Helmut Honl

Prof. Werner Kliefoth

Dr Hanfried Lenz

Norwegia

Dr Gunnar Randers

Polska

Prof. Leopold Infeld

Stany Zjednoczone AP

Prof. Harrison Brown

Dean David Cavers

Prof. Charles Coryell

Prof. William Davidson

Prof. Bernard Feld

Prof. Bentley Glass

Prof. Morton Grodzins

Dr David Hill

Dr Martin Kaplan

Prof. H. J. Muller

Prof. Jay Orear

Dr Harry Palevsky

Prof. Linus Pauling

Prof. Eugene Rabinowitch

Prof. Frederick Seitz

Prof. Walter Selove

Prof. Leo Szilard

Dr Alvin Weinberg

Prof. Victor Weisskopf

Prof. Eugene Wigner

Węgry

Prof. Lajos Janossy

Wielka Brytania

Lord Boyd-Orr

Dama Kathleen Lonsdale

Prof. C. F. Powell

Prof. M. H. L. Pryce

Prof. J. Rotblat

Lord Bertrand Russell

Sir George Thomson

Włochy

Prof. E. Amaldi

Prof. E. Boeri

ZSRR

Akademik N. N. Bogoliubow

Prof. N. A. Dobrotin

Prof. E. K. Fedorow

Prof. E. A. Korowin

Prof. A. M. Kuzin

W. P. Pawliczenko

Akademik D. V. Skobieltcyn

Akademik A. W. Topczyjew

Dr W. S. Wawilow

Akademik A. P. Winogradow

C. F. Powell

WKŁAD BADAŃ PROMIENIOWANIA KOSMICZNEGO DO WIEDZY O CZĄSTKACH ELEMENTARNYCH *

NIETRWAŁE CZĄSTKI ELEMENTARNE I ICH PRZEKSZTAŁCENIA

Cząstki zgrupowane w tablicy I ilustrują dwa ważne odkrycia ostatnich lat. Po pierwsze przyglądając się tym cząstkom, opisanym przez dane zawarte w dwóch pierwszych kolumnach od lewej, widzimy, że istnieją trzy typy mezonów π : z ładunkiem dodatnim (+), ujemnym (—) i bez ładunku (0); dwa rodzaje mezonów K : + i — itd. Trzy typy mezonów π należy uważać za tę samą cząstkę w różnych stanach naładowania. Cząstce takiej przypisaliśmy nową liczbę kwantową, spin izotopowy T : liczba stanów naładowania dowolnej cząstki wynosi $2T + 1$. Tak więc spin izotopowy cząstki π równy jest 1, mezonów K — $1/2$ itd.

Doświadczenia przeprowadzone w ciągu ostatnich dwudziestu lat wykazały, że oprócz neutronów, protonów i elektronów wchodzących w skład atomów otaczającego nas świata, w przyrodzie występuje wiele cząstek nietrwałych, mezonów i hiperonów. Tablica I zawiera listę znanych nam cząstek wraz z masą i średnim czasem życia.

Po drugie, istnieją już obecnie bardzo silne dowody na to, że dla każdej cząstki istnieje w naturze odpowiednia antycząstka. Co więcej, w stosunku do dowolnego oddziaływania między cząstkami jądrowymi lub jakiegokolwiek ich przekształcenia, prawa fizyki subatomowej są niezmiennicze dla operacji przekształcających cząstkę w jej antycząstkę. Nazywamy to zasadą sprzężenia ładunku. Jeśli cząstka ma ładunek i skończony moment magnetyczny, odpowiednie wielkości antycząstki mają równą wartość bezwzględną, lecz przeciwny znak. Zarówno masy jak i średnie czasy życia są dla pary cząstka — antycząstka takie same. Prawa kolumna tablicy I ukazuje antycząstki odpowiadające cząstkom podanym w lewej kolumnie.

ROLA DOŚWIADCZEŃ W WIEDZY O PROMIENIOWANIU KOSMICZNYM

Tablica II pokazuje typ rozpadu cząstek wymienionych w tablicy I oraz rodzaj doświadczeń, w jakich cząstki te odkryto.

Zasadniczymi źródłami cząstek o dużej energii do doświadczeń fizyki jądrowej są: a. promieniotwórczość naturalna, b. promieniowanie kosmiczne

* Referat wygłoszony na II Konferencji Atomowej w Genewie. W tekście dokonano kilku nieznacznych zmian w związku z jego adaptacją dla naszego czasopisma. Red.

ne, c. wielkie akceleratory. Głównymi przyrządami, za pomocą których badamy zjawiska związane z przekształceniami jądrowymi tych cząstek, są: i) różnego typu liczniki, łącznie z licznikami scyntylacyjnymi, ii) komory mgłowe (Wilsona) i komory pęcherzykowe, iii) emulsje fotograficzne. Tablica II pokazuje, jak wielki wkład do naszej wiedzy o istnieniu i przekształceniach nietrwałych cząstek elementarnych wniosły badania promieniowania kosmicznego.

Tablica I

Typ cząstki	Symbol cząstki	Masa w m_e	Spin izotopowy	Średni czas życia	Anty-cząstka
Neutrino	ν	0			$\bar{\nu}$
Elektron	e	1			e^+
Mezon μ	μ^-	206,8		$2,1 \cdot 10^{-6}$ sek	μ^+
	π^+	273,1		$2,6 \cdot 10^{-8}$ sek	π^-
Mezony π	π^-	273,1	1	$2,6 \cdot 10^{-8}$ sek	π^+
	π^0	264		10^{-16} sek	π^0
Mezony K	K^+	966		$1,3 \cdot 10^{-8}$ sek	K^-
	K^0	966	1/2	$\left\{ \begin{array}{l} t_1 10^{-10} \text{ sek} \\ t_2 10^{-7} \text{ sek} \end{array} \right.$	$\bar{K}^0$
Nukleony	p^+	1836,9			p^-
	n^0	1838	1/2	13,5 min	$\bar{n}^0$
Hiperon Λ	Λ^0	2185	0	$3 \cdot 10^{-10}$ sek	$\bar{\Lambda}^0$
	Σ^+	2327		$8 \cdot 10^{-11}$ sek	$\bar{\Sigma}^-$
Hiperon Σ	Σ^-	2341	1	$1,7 \cdot 10^{-10}$ sek	$\bar{\Sigma}^+$
	Σ^0	2327		10^{-13} sek	$\bar{\Sigma}^0$
Hiperony Θ	Θ^-	2581	1/2	10^{-10} sek	$(\bar{\Theta}^+)$
	(Θ^0)				$(\bar{\Theta}^0)$

Tablica II pokazuje także, jak wielkie jest znaczenie przyrządów rejestrujących ślady cząstek dla wiedzy o cząstkach elementarnych. Poważną zaletą takich przyrządów jest, że pozwalają one czasem na wyciągnięcie daleko idących wniosków z obserwacji pojedynczych zdarzeń rzadko zachodzących zjawisk. Mówiąc ogólnie, liczniki i podobne przyrządy odgrywają rolę decydującą, gdy badane zjawiska są już dobrze poznane a głównym zadaniem jest zebranie obserwacji o dużej wadze statystycznej.

Odkrycia cząstek nietrwałych w doświadczeniach nad promieniowaniem kosmicznym były zawsze ściśle związane z faktem, że w promieniowaniu kosmicznym występują cząstki o energiach dużo wyższych od energii, jakie można cząstkom sztucznie nadać w akceleratorach. Istotnie, dopiero od dziesięciu lat umiemy wytwarzać wiązki protonów sztucznie

przyspieszanych do energii dostatecznie wysokich, by w zderzeniach z jądrami powstawały lepsze mezony. Później, gdy uruchomiono synchrociklotrony i synchrotrony protonowe, stały się możliwe doświadczenia z wiązkami mezonów π i K o jednorodnej energii kinetycznej i w ten sposób można było przeprowadzić szczegółowe badania właściwości tych cząstek i ich oddziaływania z materią.

W wyniku szczegółowych badań własności mezonów i hiperonów można było ustalić pewne prawa opisujące wzajemne oddziaływania tych cząstek; do praw tych należą również nowe prawa zachowania, jak również także zjawiska jak spin izotopowy i prawo sprzężenia ładunku, o których już mówiliśmy.

Z doświadczeń ostatnich trzech — czterech lat wynika, że znamy już wszystkie, lub prawie wszystkie cząstki o średnim czasie życia większym od 10^{-11} sekundy, lub też istnienie ich możemy z dużym zaufaniem wydedukować na podstawie znanych praw. Wydaje się prawdopodobne, że jeśli nie odkryliśmy jeszcze jakiejś istniejącej cząstki, to albo występuje ona bardzo rzadko, albo ma bardzo krótki czas życia.

Obecne przyrządy doświadczalne pozwalają na zidentyfikowanie cząstek krótkotrwałych, jeśli ich czas życia jest nie mniejszy od 10^{-11} sekundy. W rzeczywistości jednak możemy w zasadzie rozpoznać cząstki o tak krótkim średnim czasie życia jak czas rzędu 10^{-13} sekundy. Cząstki jeszcze bardziej krótkotrwałe byłyby dziś bardzo trudno wykryć. Jest wobec tego możliwe, że istnieją cząstki o średnich czasach życia zawierających się w przedziale 10^{-13} — 10^{-20} sekundy, które uszły dotąd obserwacji.

Mimo ogromnego bogactwa zaobserwowanych zjawisk i wielkiego sukcesu w porządkowaniu materiałów doświadczalnych, bardzo mało wiemy o prawdziwym znaczeniu nowych odkryć. Upłynęło już dwadzieścia lat od czasu, jak Yukawa dał wielki bodziec rozważaniom teoretycznym, wprowadzając ideę, iż zupełnie tak samo jak istnieją wolne cząstki odpowiadające polom elektromagnetycznym między naładowanymi cząstkami, mianowicie fotony promieniowania, tak należy oczekiwać istnienia „ciężkich kwantów“ odpowiadających polom jądrowym, wywołującym kohezję między nukleonami. Wydawało się, że właściwości mezonów π bardzo dobrze odpowiadają przepowiedzianym „ciężkim kwantom“, co dawało nadzieję, że dokonano zasadniczego kroku naprzód. Wraz z odkryciem nowych cząstek stało się jednak jasne, że koncepcja Yukawy była zbyt prosta, by opisać skomplikowane zjawiska, jakie obserwowano. Nie można wprowadzać nowego pola dla opisu każdego nowego rodzaju cząstek, w miarę ich odkrywania.

W tej sytuacji wydaje się rozsądne przyjąć, że doświadczenia nad promieniowaniem kosmicznym — niezależnie od tego, że są one same w sobie ciekawe, gdyż dostarczają nam bardzo ważnych wiadomości kosmogonicznych — mogą znów dać użyteczny wkład w tej dziedzinie. Pierwotne cząstki promieniowania kosmicznego mają energię aż do $\sim 10^{18}$ eV. Jeśli jako granicę energii dostarczanej przez obecne maszyny przyjmiemy $5 \cdot 10^{10}$ eV, to widzimy, że pierwotne promienie kosmiczne niosą energię więcej niż 10 milionów razy większe, niż możemy mieć nadzieję wytworzyć w ciągu najbliższych 10 lat. Należy więc przyjąć, że przy tak wielkiej różnicy w skali energii, o sześć lub siedem rzędów wielkości, muszą wy-

stępować nowe zjawiska; a jeśli je poznamy, rzuca one światło na nasze obecne problemy. W układzie środka masy, ilości energii wyzwanej przy zderzeniach pewnych protonów promieniowania kosmicznego z nukleonami, daleko przewyższają energie możliwe do uzyskania w doświadczeniach nad zderzeniami wiązek cząstek sztucznie przyspieszonych w znanych obecnie przyrządach. Energie dostarczane przez zderzenia niektórych protonów promieniowania kosmicznego z nukleonami najzupełniej wystarczają do powstania pary cząstka-antycząstka, nawet o dowolnej masie spoczynkowej. Ważnym przedmiotem badań powinny stać się względne częstości występowania różnych typów takich par.

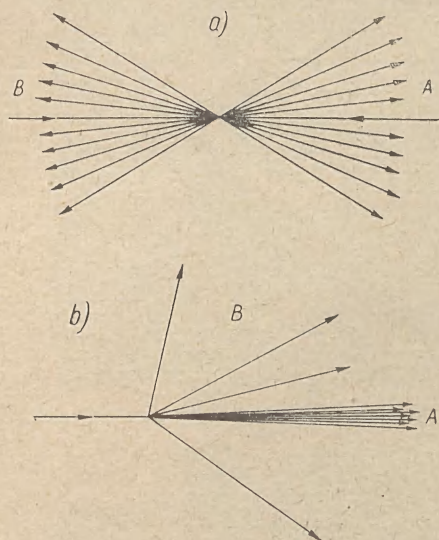
Powyższe rozważania wskazują na poważne powody, dla których należałoby wyzyskać wielką energię niesioną przez niektóre cząstki promieniowania kosmicznego, lecz istnieją obecnie jeszcze bardzo duże trudności techniczne. W promieniowaniu kosmicznym pierwotne cząstki o energii 10^{18} eV występują tak rzadko, że obecnie możemy je wykrywać tylko na podstawie efektów, jakie wytwarzają w ogromnych tacach liczników działających na powierzchni ziemi. Pojedyncza cząstka o energii 10^{17} eV przechodząc przez atmosferę daje początek kaskadzie wielu milionów cząstek wtórnych, przeważnie elektronów i mezonów rozsianych na powierzchni rzędu kilometra kwadratowego. Niezwykle ciekawym zagadnieniem byłoby ustalenie procesu fizycznego, zachodzącego gdzieś we wszechświecie i prowadzącego do wytworzenia cząstek o tak niezwykle wysokich energiach; z punktu jednak widzenia fizyki cząstek elementarnych niezwykle trudno byłoby z efektów obserwowanych na poziomie morza wyciągnąć wnioski o pierwszym zderzeniu cząstki pierwotnej z nukleonem. Na poziomie morza obserwuje się efekty wielu pokoleń wzajemnych oddziaływań cząstek w atmosferze, jakie następują po pierwszym zderzeniu.

ZALETY PRACY Z EMULSJAMI

W badaniach pierwotnych oddziaływań jądrowych cząstek promieniowania kosmicznego o dużych energiach najbardziej pożądane jest przeprowadzanie doświadczeń, w których byłyby one bezpośrednio rejestrowane. W tym celu w ciągu ostatnich pięciu lat powszechnie stosuje się wysyłanie w balonach dużych paczek klisz jądrowych na wysokość ponad 100 000 stóp (30 km), gdzie działanie pozostałego tam powietrza jest niewielkie. Panuje tu taki rozkład energii pierwotnych cząstek promieniowania kosmicznego i taki strumień cząstek pierwotnych, że po 20 godzinach naświetlania przez powierzchnię zbierającą 10 cm^2 przechodzi jedna cząstka o energii większej od 10^{14} eV. Można więc śmiało przyjąć, że metodą tą można będzie szczegółowo zbadać poszczególne zderzenia nukleon-nukleon przy energiach do 10^{15} eV i przeprowadzić statystyczne badania zjawisk zachodzących przy nieco niższych energiach. Fotografie ukazują różne zjawiska jakie można zarejestrować w tych warunkach.

Cechą charakterystyczną rozpadów wytwarzanych przez protony o bardzo dużej energii jest silne skolimowanie cząstek wtórnych; od tej cechy pochodzi nazwa takich wiązek — *jet*. Jest to wynikiem ogromnej prędkości z jaką porusza się środek masy układu dwóch zderzających się nukleonów; patrz rys. 1. W tym układzie obie zderzające się cząstki zbliżają się do siebie z równymi, lecz przeciwnie skierowanymi prędkościami,

a cząstki wtórne wytworzone w zderzeniu wyrzucane są z równymi prawdopodobieństwami w stosunku do kierunku ruchu każdego z nukleonów. Tak więc w układzie laboratorium otrzymujemy dwa stożki mezonów, jeden wąski, drugi bardziej rozmyty, odpowiadające — pierwszy nukleonowi w ruchu, drugi nukleonowi uderzonemu. W niektórych przypadkach kąt połówkowy wąskiego stożka może być mniejszy od $0,01^\circ$.

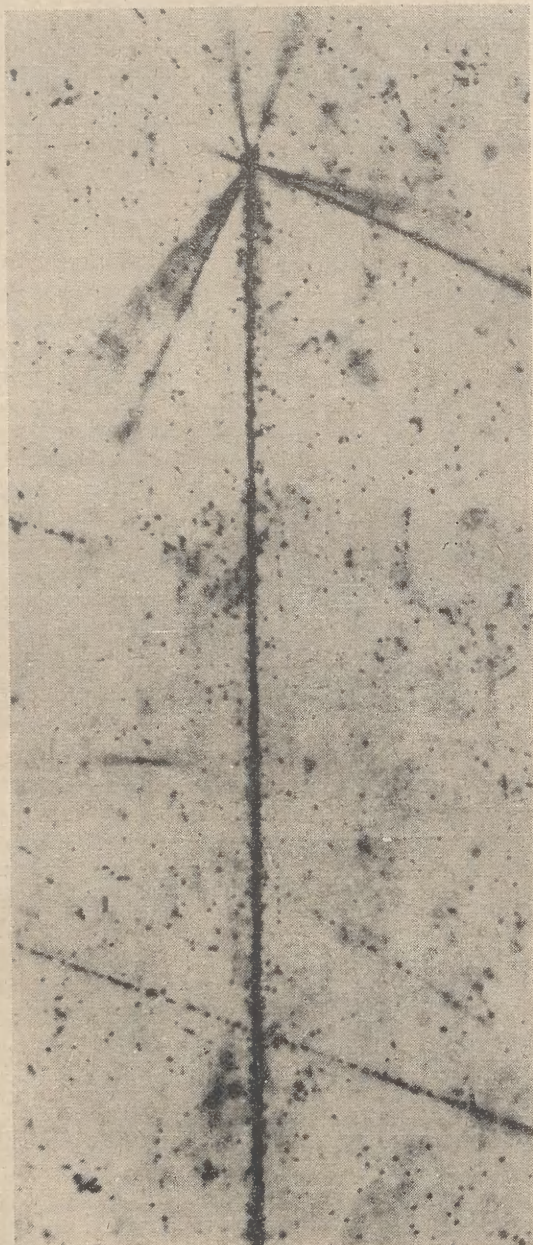


Rys. 1. Schematyczne przedstawienie wyniku zderzenia dwóch nukleonów. W a) oba nukleony zbliżają się do siebie z jednakowymi prędkościami, a wytworzone w zderzeniu cząstki wtórne rozpraszają się symetrycznie w stosunku do obu torów ruchu. W b) wyniki zderzenia przedstawiono w układzie odniesienia — laboratorium; wąski stożek A odpowiada cząstkom związanym z nadchodzącym nukleonem, rozmyty „stożek” B — związanym z uderzonym nukleonem.

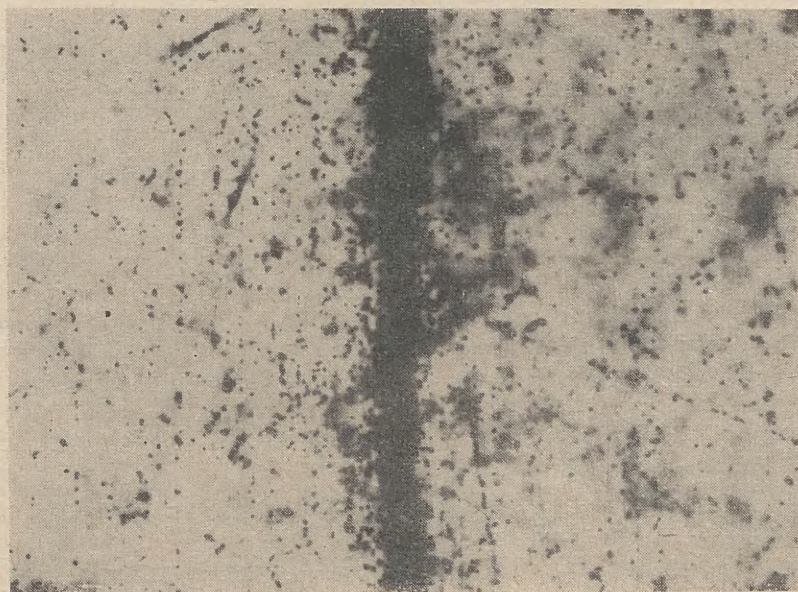
Badanie rozkładu kąтового cząstek wtórnych jest najlepszą znaną obecnie metodą wyznaczania prędkości zderzenia w układzie środka mas, a więc energii cząstki pierwotnej. Jeśli więc średni kąt wyrzucania cząstek wtórnych w układzie laboratorium w stosunku do kierunku ruchu cząstki pierwotnej jest η , to dla dużych energii energia cząstki pierwotnej dana jest zależnością: $E_p \sim 2/\eta^2$ BeV.

IDENTYFIKACJA CZĄSTEK WTÓRNYCH

Identyfikacja cząstek wtórnych powstających w takich zderzeniach przedstawia poważne trudności techniczne, gdyż większość z nich porusza się prędkościami ze skrajnego obszaru relatywistycznego. W przypadkach gdy mamy do czynienia z niewielką liczbą cząstek o mniejszej prędkości, możemy je zidentyfikować obliczając ich masy z pomiaru jonizacji właściwej — otrzymanej z liczby ziaren na jednostkę długości śladu — i z wielokrotnego rozpraszania, jakiego doznają w emulsji. Mówiąc ogólnie z jonizacji właściwej otrzymujemy prędkość cząstki, a rozpraszanie jest miarą iloczynu pędu przez prędkość, tak że oba pomiary dają razem ocenę masy. Takie powolne cząstki występują jednak rzadko w zderzeniach wielkich energii, a dla cząstek poruszających się z prędkością bardzo bliską prędkości światła metoda ta nie znajduje zastosowania; jonizacja właściwa słabo się zmienia przy bardzo dużych zmianach pędu cząstki.



Rys. 2. Charakterystyczny *jet* cząstek wytworzonych w zderzeniu pierwotnego protonu z promieniowania kosmicznego z jądrem atomu emulsji. Czarne środkowe „jądro” cząstek wtórnych składa się z około 50 śladów. Można odróżnić poszczególne ślady silniej rozproszonych cząstek wtórnych. Cząstka pierwotna miała energię około 50 000 BeV.



Rys. 3. Cząstki wtórne wytworzone przez jedną cząstkę pierwotną o energii około 10^{15} eV, przechodzącą przez emulsję po przejściu przez płytkę ołowianą. Gęste „jądro” śladów wytworzyło się głównie w kaskadzie powstałej w oddziaływaniach elektromagnetycznych.

Pomimo tych trudności okazało się możliwe stwierdzenie, za pomocą podanej niżej metody, że większość cząstek powstających w *jetach* to mezony π . Mamy poważne dowody, iż w zderzeniach tego rodzaju powstają — niezależnie od fluktuacji statystycznych — dodatnie, ujemne i obojętne mezony π w równych liczbach. Mezony π^0 przekształcają się natychmiast w promienie γ , a te przechodząc przez emulsję materializują się w wyniku elektromagnetycznego oddziaływania z jądrami, wytwarzając

T a b l i c a I I

Sposób odkrycia nietrwałych cząstek elementarnych i ich przemiany

Cząstka	Rodzaj przemiany	Źródło promieniowania	Przyrząd	Anty-cząstka
μ^+	$\mu^+ \rightarrow e^+ + \nu + \bar{\nu}$	Promieniowanie kosmiczne	Komora Wilsona	μ^-
π^+	$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$	Promien. kosm.	Klische fotogr.	π^-
π^-	$\pi^- \rightarrow \mu^- + \nu$	Promien. kosm.	Klische fotogr.	π^+
π^0	$\pi^0 \rightarrow 2\gamma \rightarrow$ $\rightarrow \gamma + (e^+ + e^-)$	Akcelerator Promien. kosm.	Liczniki Klische fotogr.	
K^+	$K^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$ $\rightarrow \pi^+ + \pi^0$ $\rightarrow \pi^+ + \pi^- + \pi^+$ $\rightarrow e^+ + \pi^0 + \nu$ $\rightarrow \mu + \pi^0 + \nu$ $\rightarrow \pi^+ + \pi^0 + \pi^0$	Promien. kosm. Promien. kosm. Promien. kosm. Promien. kosm. Promien. kosm. Akcelerator	Kom. Wils. Kom. Wil. kl. fot. Klische fotogr. Klische fotogr. Klische fotogr. Klische fotogr.	K^-
K^0	$K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^-$ $\rightarrow$ inne przemiany	Promien. kosm. Prom. kosm. akc.	Komora Wils. Kom. Wils. kom. pęcherzykowa	$\bar{K}^0$
n^0	$n^0 \rightarrow p^+ + e^-$	Źródło promieniotwórcze	liczniki	$\bar{n}^0$
Λ^0	$\Lambda^0 \rightarrow p^+ + \pi^-$	Promien. kosm.	Komora Wils.	$\bar{\Lambda}^0$
Σ^+	$\Sigma^+ \rightarrow p^+ + \pi^0$ $\rightarrow n^0 + \pi^+$	Promien. kosm. Promien. kosm.	Kom. Wils. kl. fot. Klische fot.	$(\bar{\Sigma}^-)$
Σ^-	$\Sigma^- \rightarrow n^0 + \pi^-$	Promien. kosm.		$(\bar{\Sigma}^+)$
Σ^0	$\Sigma^0 \rightarrow \Lambda^0 + \gamma$	Akcelerator	Komora pęcherzykowa	$(\bar{\Sigma}^0)$
Ξ^-	$\Xi^- \rightarrow \Lambda^0 + \pi^-$	Promien. kosm.	Kom. Wilsona	$(\bar{\Xi}^+)$

pary elektronów. Obserwując liczbę takich par elektronowych wytworzonych w pewnej odległości od punktu, z którego pochodzą dezintegracje wysokiej energii, można obliczyć odpowiednią liczbę powstałych obojętnych mezonów π — a stąd liczbę naładowanych mezonów π . W ten sposób

znaleziono, że około 70% naładowanych cząstek wtórnych stanowią mezony π , w równej liczbie dodatnie i ujemne.

Inny sposób ustalenia natury cząstek wtórnych, to oznaczenie względnego stosunku naładowanych i obojętnych cząstek wtórnych, które po wytworzeniu w *jetach*, przechodząc przez emulsję wywołują dalsze dezintegracje. Jeśli zwrócimy uwagę na „jądro” *jetu*, na ogół można łatwo rozpoznać naturę każdej dezintegracji wtórnej, gdyż powstające z niej trzecie pokolenie cząstek porusza się w tym samym kierunku, co główny strumień cząstek w kaskadzie powstałej w pierwotnym zderzeniu — patrz rys. 2. Obserwowane dezintegracje wtórne mogą powstać przez oddziaływanie cząstek naładowanych takich jak mezony π , K, nukleony i antynukleony czy hiperony. Z drugiej strony, niezmiernie małą tylko część dezintegracji wywoływanych przez cząstki neutralne można przypisać mezonom π^0 , ze względu na ich bardzo krótki czas życia; wytwarzają je obojętne mezony K, neutrony, antyneutrony itp. Ponieważ znamy zawartość mezonów π w ułamku cząstek naładowanych wytwarzających dezintegracje, możemy ocenić stosunkową zawartość mezonów π i cięższych cząstek — mezonów K, nukleonów itp. wśród cząstek wytwarzających dezintegracje. Wyniki wskazują, że udział naładowanych i obojętnych cząstek ciężkich w wytwarzaniu dezintegracji jest w przybliżeniu równy; wynik zgodny z poglądem, że są to cząstki o spinie izotopowym równym 1/2, patrz tabl. II.

CECHY ODDZIAŁYWAŃ POMIĘDZY NUKLEONAMI O DUŻEJ ENERGII

Oto dwie ważne cechy oddziaływań pomiędzy nukleonami, cechy poparte poważnymi dowodami doświadczalnymi: Podczas oddziaływania między dwoma nukleonami prawa zachowania wymagają, by na nowe cząstki i ich energie kinetyczne przeszła nie więcej niż pewna określona część całkowitej dostępnej energii. Zdarzenie nazywamy całkowicie niesprężystym, jeśli cała ta część początkowej energii przejdzie na cząstki wtórne. Wydaje się obecnie pewne, że przy zderzeniach bardzo wysokiej energii — rzędu 10^{15} eV obserwowana część dostępnej energii, jaka ukazuje się w postaci cząstek wtórnych, stanowi na ogół małą tylko część maksymalnej dostępnej energii. Zdarza się często, że pierwotny nukleon wychodzi ze zderzenia z większością, powiedzmy z 80%, swej energii początkowej. Mówimy, że zderzenia takie są słabo „niesprężyste”.

Po wtóre, stwierdzono, że rozkład kątowy cząstek wtórnych w układzie środka mas zmienia się silnie w różnych zderzeniach. Czasami cząstki wtórne, nawet w układzie środka mas, znajdują się w obszarze bardzo bliskim do kierunku obu zbliżających się do siebie nukleonów; czasem są rozproszone niemal izotropowo. Wydaje się, że różnice te zależą od parametrów danego zderzenia. Możliwe, że nagromadzenie danych o zderzeniach między protonami o energiach zawartych w stosunkowo wąskim zakresie powinno dostarczyć ważnych informacji ściśle związanych z budową nukleonów.

POTRZEBA NOWYCH DOŚWIADCZEŃ

W celu polepszenia wagi statystycznej i dokładności zebranych już wyników, ważne byłoby przeprowadzenie długich naświetlań bardzo dużych paczek emulsji. Paczki o ogólnej objętości 100 litrów pozwoliłyby na dużo szczegółowszą analizę poszczególnych dezintegracji powstających w emulsji. Takie doświadczenia pozwoliłyby dokładniej ocenić energie cząstek pierwotnych, poprzez badania wtórnych i trzeciorzędowych dezintegracji związanych z danym zderzeniem dokładniej określić względne liczby występowania poszczególnych rodzajów cząstek wtórnych.

Ważną cechą zderzeń wysokiej energii występujących w emulsji jest to, że można je łatwo rozpoznać i odróżnić od bardzo licznych dezintegracji o mniejszej energii, na podstawie wytwarzanych przez nie kaskad elektronowych, często widzialnych gołym okiem. Ta cecha oraz silna kolimacja cząstek wtórnych pozwala duże paczki emulsji naświetlać przez szereg dni w wysokich warstwach atmosfery, bez obawy, by tło zderzeń o niskiej energii, miliony razy liczniejszych, zakłóciło wyniki badań. Całkowite przebadanie pod mikroskopem takiej paczki klisz zwykłymi metodami zajęłoby tysiące pracownikolat, lecz większość zderzeń wysokiej energii można szybko znaleźć gołym okiem.

W zasadzie najbardziej zadowalającą metodą naświetlenia paczki klisz byłoby wysłanie takiej paczki, o wadze 400 kg, we wnętrzu satelity poza atmosferę ziemską na powiedzmy tydzień. Przeprowadzenie takiego doświadczenia wymaga rozwiązania zagadnienia sposobu sprowadzenia materiałów na ziemię; zanim to nastąpi, musimy zadowolić się dwu- trzydniowymi naświetleniami na dużych wysokościach, prowadzonymi za pomocą wolnych balonów. Planujemy obecnie takie doświadczenia. Ze względu na duże koszty związane z naświetleniami wielkich paczek emulsji oraz ogromną pracę nad szczegółową analizą poszczególnych zderzeń, otwiera się tu pole dla międzynarodowej współpracy naukowej.

Akademik I. E. Tamm

PROMIENIOWANIE CZĄSTKI PORUSZAJĄCEJ SIĘ Z PRĘDKOŚCIĄ WIĘKSZĄ NIŻ PRĘDKOŚĆ ŚWIATŁA *

Techniczną nazwą zjawiska, o którym chcę mówić, jest termin „promieniowanie Czerenkowa“, lecz początkowo używaliśmy dlań bardziej obrazowej nazwy „śpiewającego elektronu“. Główną przyczyną, dla której wybrałem ten temat, jest fakt że zastosowanie tego promieniowania w badaniach wysokiej energii i w pewnych innych gałęziach fizyki nieustannie rośnie, zarówno co do zakresu jak i znaczenia, i że szczególnie w fizyce plazmy, która była jednym z głównych tematów obrad fizycznych obecnej Konferencji, powstały pewne bardzo interesujące problemy ściśle związane z promieniowaniem Czerenkowa. Poza tym historia odkrycia tego dość specjalnego zjawiska jest bardzo prostym i jasnym przykładem sytuacji nie tak rzadkich w nauce: zjawisko to mogłoby być łatwo przewidziane teoretycznie na wiele dziesiątków lat przed jego aktualnym odkryciem, lecz zostało to opóźnione na skutek bezkrytycznego zastosowania dobrze sprawdzonego postulatu fizycznego.

Zobaczycie to natychmiast, jeśli pozwolicie mi zadać pytanie — czy wielu spośród państwa zauważyło pewną skazę w tytule mego odczytu? Brzmi on: Promieniowanie cząstki poruszającej się z prędkością większą od prędkości światła. A czy może cząstka w ogóle osiągnąć taką prędkość? Dobrze wiadomo, że prędkość propagacji światła w próżni, która jest zazwyczaj oznaczana literą c i która równa jest 300 000 km/sec, jest prędkością graniczną w tym sensie, że żadne ciało materialne a więc i żadna cząstka nie może osiągnąć tej granicy. Fakt ten stanowi jedną z zasadniczych podstaw teorii względności.

Rozwiązanie tej pozornej sprzeczności jest całkiem proste. Światło propagowane jest w próżni z graniczną prędkością c , lecz prędkość światła w ośrodku materialnym, takim jak szkło, woda lub powietrze, którą oznaczamy przez c' , jest na ogół różna od c . Wartość tej prędkości zależy zarówno od własności ośrodka jak i od częstotliwości fali świetlnej. W wielu przypadkach prędkość światła w ośrodku c' jest mniejsza od prędkości światła w próżni c . A zatem cząstka poruszająca się w ośrodku może posiadać prędkość v , która, mimo iż jest mniejsza niż prędkość graniczna c , jest jednak większa niż prędkość światła c' w tym ośrodku.

* Odczyt popularny wygłoszony na II Konferencji Atomowej w Genewie w dniu 5.IX.1958. Tekst publikowany jest z nieznacznymi zmianami, związanymi z adaptacją tekstu mówionego do potrzeb artykułu. Na odczycie wyświetlane były zdjęcia, których niestety nie udało się zreprodukować. Red.

Konieczność rozróżniania pomiędzy prędkością światła w próżni i w ośrodku jest całkiem oczywista. Mimo to, historycznie rzecz biorąc, właśnie brak takiego rozróżnienia był przyczyną faktu, że fizycy przez około 30 lat, które minęły pomiędzy powstaniem teorii względności a odkryciem Czerenkowa, przyjmowali milcząco, że prędkość cząstki większa od prędkości światła jest nieosiągalna, nawet jeśli cząstka porusza się nie w próżni lecz w ośrodku.

Rozważmy teraz, co zdarzy się, jeśli cząstka naładowana elektrycznie, poruszająca się w ośrodku, osiągnie prędkość v większą od prędkości światła w tym ośrodku $v > c'$. Najpierw jednak rozważmy pewne całkiem ogólne cechy mechanizmu promieniowania fal, niekoniecznie fal świetlnych lecz również fal dźwiękowych w powietrzu lub fal hydromechanicznych na powierzchni wody. We wszystkich przypadkach promieniowanie fal wywołane jest przez ruch pewnych ciał — prądów elektrycznych, towarzyszących ruchowi elektronów w antenie radiowej lub w świecącym atomie, ruch struny drgającej w przypadku dźwięku itd. Jeśli teraz prędkości tych ruchów są mniejsze od prędkości rozpatrywanych fal, wtedy zasadą ogólną jest, że jednostajny, nieprzyspieszony ruch rozpatrywanych ciał nie wywołuje w ogóle emisji promieniowania. W tym przypadku jedynie ruchy drgające emitują promieniowanie, jak drgania elektronów, spowodowane przez prąd zmienny w antenie radiowej czy drgania struny. Wtedy zaś i tylko wtedy, gdy prędkość ruchu staje się większa od prędkości propagacji fal, pojawia się nowy i bardzo ważny mechanizm promieniowania. Promieniowanie emitowane jest przez ten mechanizm nawet przy jednostajnym, nieprzyspieszonym ruchu rozpatrywanych ciał.

Dajmy przykład. Pamiętamy, jak trudno było przekroczyć w lotnictwie barierę dźwięku. Tak długo, jak prędkość samolotu jest mniejsza od prędkości dźwięku w powietrzu, dźwięk emitowany w locie produkowany jest jedynie przez ruch drgający silników, śmigieł itd. Lecz gdy prędkość samolotu staje się naddźwiękowa, wtedy nawet jednostajny ruch samolotu jako całego wywołuje dodatkowe promieniowanie bardzo intensywnych fal dźwiękowych, które odkrywamy jako zwykły ryk samolotu odrzutowego. Emitowanie fal dźwiękowych oznacza straty energii, przy czym straty te są tak znaczne, że aby je pokryć musiano wydatnie zwiększyć moc silników samolotów naddźwiękowych.

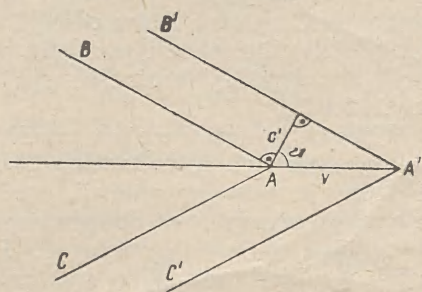
Naładowana cząstka, poruszająca się w ośrodku z prędkością większą od prędkości światła w tym ośrodku, promieniuje fale świetlne, zwane promieniowaniem Czerenkowa za pomocą tego samego mechanizmu, za pomocą którego samolot naddźwiękowy lub pocisk promieniuje dźwięk. Właśnie ta analogia pomiędzy promieniowaniem Czerenkowa a świstem pocisków skłoniła nas do początkowego stosowania dla tego promieniowania nazwy „śpiewającego elektronu“.

Zróbmy teraz małą dygresję matematyczną. Samolot naddźwiękowy w powietrzu względnie elektron nadświetlny w ośrodku produkuje falę dźwiękową względnie odpowiednio falę świetlną, która jest stacjonarna względem samolotu czy też odpowiednio elektronu. Oznacza to, że jeśli, powiedzmy, elektron przejdzie w ciągu przedziału czasowego t od położenia A do położenia A' , wtedy czoło towarzyszącego mu promieniowania Czerenkowa AB i AC przejdzie wraz z elektronem bez deformacji z położenia BAC na położenie $B'A'C'$. Fala świetlna propaguje się prostopadle

do tego frontu z prędkością c' . Innymi słowy pole magnetyczne propaguje się z AC do A'C' z prędkością c' . Jeśli oznaczymy przez ϑ kąt między kierunkiem elektronu a kierunkiem propagacji fali świetlnej, to znajdziemy z trójkąta prostokątnego (rys. 1), że

$$\cos \vartheta = \frac{c'}{v}$$

Ponieważ $\cos \vartheta$ jest zawsze mniejszy od 1, to otrzymujemy rezultat, o którym już mówiliśmy wyżej, że na to by promieniowanie było możliwe prędkość v cząstki musi być większa od prędkości światła w ośrodku. Jednocześnie otrzymujemy nowy rezultat: promieniowanie propagowane jest nie we wszystkich kierunkach, jak to ma miejsce dla zwykłego źródła światła, lecz propagowane jest pod ściśle określonym kątem ϑ do kierunku ruchu cząstki.



Rys. 1.

Na rysunku pokazana jest tylko jedna płaszczyzna, lecz promieniowanie emitowane jest w przestrzeni wzdłuż powierzchni stożkowej, tworzącej kąt $\frac{\pi}{2} - \vartheta$ z kierunkiem ruchu. Gdy elektron po przejściu pewnej drogi w ośrodku zostaje wreszcie zahamowany, to ta fala stożkowa propaguje się w tym ośrodku jako swobodna fala świetlna.

Jak widzimy całe zjawisko jest rzeczywiście bardzo proste, lecz nie zawsze jest łatwo odkryć proste fakty, a w tym przypadku, jak już wspominałem wyżej, bezkrytyczne zastosowanie zasad teorii względności bardzo opóźniło odkrycie. Jego historia jest całkiem fantastyczna. Znany fizyk radziecki W a w i ł o w zaproponował C z e r e n k o w o w i, który był w tym czasie aspirantem, badanie luminescencji różnych ciał, powodowanej przez napromieniowywanie tych substancji przez promienie γ . Ponieważ substancje te używane były w roztworach wodnych, pierwszym zadaniem Czerenkowa było zbadanie najpierw samego rozpuszczalnika — to jest wody — która, jak przypuszczano, dawać będzie pod wpływem promieniowania γ znaczną luminescencję. Całkiem niespodziewanie znalazł on jednak, że nawet najczystsze próbki wody dawały bardzo małą luminescencję. Źródła promieni γ , których używał C z e r e n k o w w tych czasach, były bardzo nikle, tak że mógł on widzieć słabą luminescencję wody tylko w ciemnym pokoju po długiej akomodacji oka, będąc w ciemności przez godzinę lub dwie. Wielu z fizyków, którym pokazywano eksperyment C z e r e n k o w a, odnosiło się do niego sceptycznie i wielu z nich robiło aluzje do halucynacji optycznych młodego człowieka uwiecznionego w absolutnych ciemnościach przez długi czas.

Lecz nawet ci, którzy uważali tę luminescencję za realną, zakładali, że ma ona tę samą naturę co dobrze znana luminescencja wielu substancji chemicznych powstająca pod wpływem napromieniowania promieniami γ , która powodowana jest przez wzbudzenie molekuł danej substancji.

W istocie tak postawiona sprawa wydawała się być całkiem rozsądna, lecz Wawiłow posiadał węch fizyczny i na skutek jego propozycji Czerenkow wykonał pewne dalsze, decydujące eksperymenty. W rzeczywistości rola Wawiłowa w tej sprawie była tak decydująca, że w ZSRR nazywamy ten efekt nie efektem Czerenkowa lecz efektem Wawiłowa-Czerenkowa.

Zmierzywszy polaryzację luminescencji wody i zmiany w jej natężeniu wywołane przez ogrzewanie lub przez dodanie do niej tzw. substancji gaszących Czerenkow odkrył w roku 1934, że zachowanie się rozpatrywanej luminescencji pod tym względem jest całkiem różne od zachowania się zwykłej luminescencji, tak że była ona całkiem szczególnym zjawiskiem.

Wkrótce potem Frank rzucił sugestię, że ta specyficzna luminescencja może nie być powodowana bezpośrednio przez promienie γ lecz przez elektrony β wysokiej energii, produkowane przez promienie γ w wodzie. Frank zaproponował doświadczenie wykorzystujące do sprawdzenia tego sugestii pole magnetyczne. Po wykonaniu przez Czerenkowa doświadczenie to nie tylko wykazało to, co chciał wykazać Frank, lecz dało dalsze, całkiem niespodziewane rezultaty — szybkie elektrony emitują promieniowanie nie izotropowo lecz kierunkowo, tylko pod bardzo małym kątem w stosunku do ich ruchu. Fakt ten doprowadził mnie osobiście do konkluzji, że promieniowanie to musi być powodowane nie przez zderzenia elektronów z molekułami ośrodka, jak to ma miejsce w przypadku zwykłej luminescencji, lecz przez jednostajny ruch elektronów w okresie między tymi zderzeniami. Rozpracowując tę ideę Frank i ja skonstruowaliśmy w roku 1937 właściwą teorię tego zjawiska.

Jest to typowy przykład okrężnych dróg, po których osiąga się czasami pogląd na bardzo proste sprawy, gdy uprzednio przemyślane idee sprawdza się i odrzuca.

Interesujące jest zauważyć, że promieniowanie światła przez wodę, napromieniowaną promieniami γ i β które było tak nikłe i trudne do zaobserwowania w latach trzydziestych, kiedy Czerenkow miał do swej dyspozycji jedynie słabe źródła promieniowania, rzuca się teraz po prostu w doświadczeniach wykładniczych w oczy obserwatora. Niebieskie światło, emitowane przez wodę wypełniającą reaktor oraz przez promieniowanie β i γ , emitowane przez uranowe paliwo reaktora, jest właśnie promieniowaniem Czerenkowa.

Najwyższy czas przejść teraz do praktycznych zastosowań promieniowania Czerenkowa. Najprostszym jest licznik Czerenkowa, za pomocą którego można wykryć szybkie cząstki naładowane i zmierzyć ich prędkość. Najprostszy schemat takiego licznika jest następujący. Szybka cząstka emituje światło przechodząc przez radiator, tj. przezroczystą substancję, w której prędkość widzialnego światła jest mniejsza od prędkości rozpatrywanej cząstki. Światło emitowane jest wzdłuż powierzchni stożkowej i wywołuje pierścień świecący na ekranie lub płycie fotograficznej. Mierzając promień tego pierścienia określić można kąt, pod którym emitowane jest światło, i obliczyć prędkość cząstki ze wzoru podanego wyżej. Oczywiście liczniki Czerenkowa używane w praktyce są o wiele bardziej skomplikowane niż podany wyżej schemat. Liczniki Czerenkowa są teraz powszechnie używane w badaniach prowadzonych na akceleratorach.

Przewyższają one pod wieloma względami liczniki innych typów. Nie wchodząc w szczegóły wspomnę tylko o pewnych z nich: licznik Czerenkowa mierzy bezpośrednio prędkość cząstki, rejestracja cząstek jest natychmiastowa, wydajność rejestracji jest bardzo wysoka, ruch cząstki określa się bezpośrednio. Wspomnę tylko o jednym przykładzie zastosowania. Wiadomo, że w roku 1955 Segre, Chamberlain i współpracownicy odkryli niezwykle interesujący, nowy rodzaj cząstek elementarnych zwany antyprotonem. Wiązka szybkich cząstek wyprodukowanych przez akcelerator kalifornijski zawierała cząstki naładowane ujemnie, wszystkie o tym samym pędzie. Większość z nich była mezonami π , lecz oczekiwano, że powinna być również w wiązce bardzo mała liczba antyprotonów. W jaki sposób przeprowadzić dowód ich istnienia? Ze względu na taki sam pęd prędkość ciężkich antyprotonów powinna być równa $3/4$ prędkości lżejszych mezonów π .

Na drodze wiązki umieszczono liczniki Czerenkowa. Jeden z nich rejestrował tylko te cząstki, których prędkość odpowiadała oczekiwanej prędkości antyprotonów, a nie rejestrował szybszych mezonów. W ten sposób każdy impuls licznika świadczył o tym, że przeszedł przezeń antyproton. Istnienie antyprotonów w wiązce ustalono więc z powodzeniem, mimo iż było ich 44 000 razy mniej niż mezonów. Oczywiście użyto też i innych metod rejestracji antyprotonów.

Liczników Czerenkowa używa się szeroko nie tylko przy pracy z akceleratorami, lecz również przy badaniach promieni kosmicznych, czego dam również przykłady.

Duże zainteresowanie budzą tzw. szerokie pęki powietrzne promieni kosmicznych, gdyż są one spowodowane przez cząstki pierwotnego promieniowania kosmicznego, docierające do atmosfery ziemskiej z przestrzeni zewnętrznej z ogromnymi energiami aż do rzędu 10^{19} eV. Dla porównania mogę wspomnieć, że maksymalna energia nadana do tej pory cząstkom przez akceleratory osiąga tylko 10^{10} eV, jest więc miliard razy mniejsza. Cząstki te na swej drodze przez atmosferę ziemską produkują znaczną liczbę cząstek wtórnych — elektronów, pozytronów, mezonów itd. Zbiór tych wszystkich cząstek stanowi to, co zwiemy pękiem.

Do niedawna pęki kosmiczne badane były za pomocą różnego rodzaju liczników, które rejestrowały cząstki naładowane pęku podczas padania ich na pewną część powierzchni ziemi. Lecz jest bardzo ważne, by nie tylko zmierzyć liczbę i energię cząstek w pęku na danej wysokości nad poziomem morza, lecz również wyznaczyć rozwój danego pęku. Innymi słowy określić liczbę i energię jego cząstek w różnych punktach wzdłuż jego drogi od najwyższych warstw atmosfery do powierzchni ziemi.

Blacket w roku 1949 pierwszy rzucił sugestię, że taką charakterystykę pęku określić można mierząc promieniowanie Czerenkowa jego cząstek. Pomimo że współczynnik załamania światła dla powietrza w widmie widzialnym przekracza jedynekę tylko o 0,03%, to prędkość większości elektronów i pozytronów pęków kosmicznych różni się od prędkości światła w próżni o jeszcze mniejszy procent. A zatem poruszając się w atmosferze emitują one promieniowanie Czerenkowa. Co więcej, promieniowanie to skierowane jest prawie dokładnie wzdłuż drogi cząstki w pęku, to jest w kierunku ziemi. Ogniskując to promieniowanie za pomocą zwierciadła parabolicznego można zarejestrować w jasną, bezksiężycową noc

błyski promieniowania Czerenkowa pęku i z jego natężenia wyliczyć energię i inne charakterystyczne wielkości pęku. Pomiaru tego rodzaju są obecnie wykonywane w wielu krajach.

Teraz inny przykład z fizyki promieni kosmicznych. W Instytucie Fizyki Akademii Nauk w Moskwie znajduje się wielki 5-metrowy zbiornik stożkowy, wypełniony wodą i zaopatrzony w odbijające ścianki, na których zainstalowano pewną liczbę fotomnożników. Cząstki kosmiczne o dużej energii wchodząc do takiego zbiornika przez otwór na jego wierzchu zużywają całą swą energię na produkcję pęku w wodzie zbiornika, podobnego do opisywanych wyżej pęków kosmicznych w powietrzu. Jedyna różnica polega na tym, że cząstki przebiegają w wodzie o wiele krótszą drogę niż w atmosferze, tak że cały pęk jest zasadniczo zawarty w zbiorniku. Zmierzywszy całkowitą energię promieniowania Czerenkowa pęku można określić energię cząstek wchodzących do zbiornika. W przypadku cząstek o bardzo dużej energii byłoby o wiele trudniej i o wiele kłopotliwiej wykonać takie pomiary za pomocą innych metod.

Wspomnijmy jeszcze o innym problemie. Pierwotne cząstki kosmiczne z zewnętrznych okolic przestrzeni składają się z szybkich protonów, to jest jąder wodoru. Jednak obecny jest także mały procent jąder cięższych atomów. Określenie procentowości jąder różnych atomów o różnych liczbach atomowych w pierwotnych promieniach kosmicznych jest rzeczą bardzo ważną, bo z danych tych można obliczyć, jak długo cząstka kosmiczna wędrowała w przestrzeni pomiędzy chwilą jej powstania oraz chwilą jej absorpcji w atmosferze ziemi lub w innych cięższych ciałach. Liczniki Czerenkowa nadają się doskonale do takich pomiarów, bowiem gdy cząstka naładowana przechodzi przez nie, powstałe promieniowanie proporcjonalne jest do kwadratu ładunku cząstki.

Trzeci sputnik radziecki wyposażony jest w licznik Czerenkowa, który daje pewne informacje tego rodzaju. W przyszłości liczniki Czerenkowa o bardziej udoskonalonej konstrukcji zainstalowane na sputnikach dostarczą bardziej wyczerpujących danych dotyczących tego interesującego zagadnienia.

Do tej pory rozważaliśmy tylko wykorzystanie promieniowania Czerenkowa do rejestracji i badania szybkich cząstek. Efekt Czerenkowa może być również użyty jako sztuczne źródło fal elektromagnetycznych. Generacja Czerenkowa mikrofal radiowych, tj. fal o długościach mniejszych niż 1 cm, może być szczególnie cenna, gdyż generowanie tych krótkich fal za pomocą innych metod jest dość trudnym problemem. Pierwszą sugestię na ten temat podał w roku 1947 G i n s b u r g (Moskwa).

Na pierwszy rzut oka wydaje się, że istnieje dużo trudności na drodze do realizacji tej możliwości. Przede wszystkim wydaje się, że generator tego rodzaju będzie nieekonomiczny, gdyż wymaga on intensywnego strumienia bardzo szybkich elektronów — innymi słowy drogich akceleratorów. Nie jest tak jednak. Prędkość propagacji mikrofal radiowych jest o rząd wielkości mniejsza niż prędkość światła w próżni. A zatem fale te są wypromieniowywane przez elektrony poruszające się w takich ośrodkach z energią rzędu paru keV.

Tak powolne elektrony wydają się z kolei być bardzo nieefektywne ze względu na szybkie ich spowolnienie po przebyciu bardzo krótkiej drogi w rozpatrywanym medium.

Wychodząc jednak z idei podanych przez Mandelsztama, Ginsburg i Frank udowodnili, że trudność ta może być pokonana, jeśli wiązka elektronów przechodzi, na przykład, przez wąski otwór wydrążony w rozpatrywanym materiale. Elektrony będą poruszać się w otworze swobodnie, natomiast jeśli tylko promień otworu jest mały w porównaniu z długością promieniowania, którym jesteśmy zainteresowani, to istnienie otworu nie ma praktycznie żadnego wpływu na promieniowanie Czerenkowa i jego natężenie będzie prawie takie same, jak w przypadku gdy elektron porusza się w ośrodku gęstym.

Panie Minakowa i Wołkowa skonstruowały taki generator na Uniwersytecie w Moskwie. Pierwszy eksperymentalny model generuje fale w pasmie od 3 do 10 cm i posiada wydajność paru miliwatów. Obecnie pracują one nad konstrukcją generatora fal krótszych, w oparciu o wyniki otrzymane przy pierwszym eksperymencie. Będzie on miał o wiele większą moc, rzędu jednego watta.

Na zakończenie mego wykładu chciałbym wspomnieć o zagadnieniu efektu Czerenkowa w plazmie, tj. w całkowicie zjonizowanym gazie. Była ona ośrodkiem zainteresowania sesji fizycznej naszej Konferencji, gdyż jest ona medium, w którym mamy nadzieję zrealizować reakcje termojądrowe.

Na pierwszy rzut oka wydaje się, że promieniowanie Czerenkowa w plazmie jest niemożliwe, gdyż dobrze wiadomo, że prędkość światła w plazmie przewyższa jego prędkość w próżni.

Jeśli jednak wzbudzimy pole magnetyczne w plazmie, to prędkość propagacji światła w niej zmienia się i dla pewnych kierunków propagacji i pewnych polaryzacji światła prędkość ta staje się mniejsza niż c , tak że promieniowanie Czerenkowa staje się możliwe.

Jest rzeczą bardzo ważną i na pierwszy wzgląd dziwną, że taka zmiana może być do pewnego stopnia uzyskana nawet przez bardzo małe pola magnetyczne. Jednak wytłumaczenie tego jest proste. Podczas nieobecności zewnętrznego pola magnetycznego mogą propagować się w plazmie 2 różne rodzaje fal: po pierwsze, zwykle poprzeczne fale elektromagnetyczne, których prędkość jest większa niż c i po drugie, tak zwane fale plazmowe. Częstość tych ostatnich zależy jedynie bardzo słabo od ich długości, prędkość w szerokim zakresie częstości jest bardzo mała, są one wynikiem kolektywnego ruchu elektronów plazmy i towarzyszy im oscylacyjne lecz podłużne pole elektryczne.

Gdy wzbudzimy zewnętrzne pole magnetyczne, oba rodzaje fal w plazmie mieszają się ze sobą i interferują, tak że ostre rozgraniczenie między nimi staje się niemożliwe. Przy nieobecności zewnętrznego pola magnetycznego za pomocą mechanizmu Czerenkowa mogłyby być wypromieniwane tylko fale plazmowe, jednak w tym przypadku są one tłumione w tak znacznym stopniu, że nie mogą propagować się na żadną rozsądną odległość. Nawet nikłe pole magnetyczne zewnętrzne zmienia fale w taki sposób, że promieniowanie Czerenkowa staje się możliwe.

Są widoki praktycznego wykorzystania tego promieniowania. Aby dać przykład, Morozow w Moskwie wykazał ostatnio, że prąd elektryczny, który porusza się w plazmie z prędkością większą niż prędkość termiczna elektronów plazmy, emituje promieniowanie Czerenkowa o dużym

natężeniu. Obecnie rozważa się kilka sposobów produkowania w plazmie ruchomych prądów kołowych o wystarczającym natężeniu.

Jeśli okaże się to praktyczne, to takie kołowe prądy mogą być użyte do grzania plazmy, a jak wiadomo grzanie plazmy jest jednym z ważniejszych problemów w badaniach fuzji. Grzanie w tym przypadku mogłoby być osiągnięte drogą absorpcji przez plazmę promieniowania, emitowanego przez ruchome prądy kołowe.

Doprowadziło to nas do ważnego zagadnienia absorpcji fal w plazmie. W stosunkowo chłodnej i gęstej plazmie absorpcja i tłumienie światła i innych fal powodowana jest zasadniczo przez zderzenia pomiędzy naładowanymi cząstkami, tworzącymi plazmę. Lecz w plazmie gorącej i rozrzedzonej częstość tych zderzeń jest już tak zredukowana, że stają się one mało istotne w porównaniu do innych możliwych mechanizmów absorpcji. W interesującym referacie, przedstawionym na Konferencji, *Sagdiyev* i *Szafrańow* udowodnili, że jednym z najważniejszych spośród tych mechanizmów jest właśnie mechanizm odwrotny do promieniowania Czerenkowa — gdy prędkość termiczna elektronów plazmy staje się większa niż prędkość propagacji fal określonego rodzaju, wtedy nie tylko staje się możliwe wypromieniowanie Czerenkowa tych fal przez elektrony, lecz jednocześnie również i absorpcja przez elektrony fal tego rodzaju produkowanych zewnątrz.

Istnieje wiele jeszcze innych zastosowań promieniowania Czerenkowa zarówno w fizyce plazmy, jak i w innych gałęziach fizyki, lecz już nie ma czasu, by zatrzymać się na tych zagadnieniach. Mam nadzieję, że wykazałem, iż promieniowanie Czerenkowa posiada wiele interesujących zastosowań, z których pewne stały się już zwykłymi narzędziami eksperymentalnymi, podczas gdy inne należą do obszaru nie zrealizowanych na razie projektów.

Roman Żelazny i Cyryl Dąbrowski

KONTROLOWANE REAKCJE TERMOJĄDROWE NA II KONFERENCJI ATOMOWEJ W GENEWIE

Jednym z najważniejszych i najciekawszych cykli tematycznych II Konferencji Pokojowego Wykorzystania Energii Atomowej w Genewie (1.9—13.9.1958), zorganizowanej pod egidą ONZ, był cykl referatów dotyczących kontrolowanych reakcji termojądrowych. Cykl ten z fizycznego punktu widzenia nazwać by trzeba cyklem prac dotyczących eksperymentalnych i teoretycznych zagadnień fizyki plazmy. Prace te referowane były na tak zwanych sesjach plenarnych, na których omawiano ogólne aspekty kontrolowanych reakcji termojądrowych oraz programy badań różnych ośrodków i państw w tym zakresie oraz na sesjach A, czyli na sesjach sekcji fizycznej. Oprócz tego bardzo cennym elementem konferencji w tym zakresie była Wystawa Naukowa, na której wystawiono ogromną większość istniejących obecnie maszyn i urządzeń, służących do badania plazmy. Znakomita część tych urządzeń była oryginalna i pracowała podczas trwania Wystawy, dając możliwość bezpośredniego zapoznania się z zagadnieniami fizyki plazmy. Jeśli dodamy do tego, iż przy urządzeniach tych dyżurowali ludzie, którzy urządzenia te najczęściej projektowali, budowali i na nich pracowali i którzy zazwyczaj udzielali informacji z niewyczerpaną cierpliwością i uprzejmością, to z łatwością zrozumiemy znaczenie Wystawy i wielkie jej powodzenie.

JAK PRZEDSTAWIA SIĘ WSPÓŁCZESNY STAN BADAŃ DOTYCZĄCYCH REAKCJI TERMOJĄDROWYCH W ŚWIETLE II KONFERENCJI GENEWSKIEJ?

Jak wiadomo pod terminem reakcja termojądrowa rozumie się wysoce egzotermiczną reakcję łączenia się dwóch jąder atomowych izotopów wodoru, deuteru i trytu, zgodnie z jednym z trzech wzorów:



Ponieważ w reakcjach tych uczestniczą jednakowo naładowane jądra, odpychające się zgodnie z prawem Coulomba, przeto dla zaistnienia reakcji trzeba nadać tym jądom odpowiednią energię. Z drugiej strony na to, by reakcje te zachodziły odpowiednio często, energię tę musi posiadać większość rozpatrywanych jąder w pewnej objętości. Warunki te będą spełnione, jeśli będziemy mieli do czynienia z odpowiednio gorącą plazmą, to znaczy z gazem o odpowiednio wysokiej temperaturze, przy której wszyst-

kie atomy gazu są całkowicie zjonizowane i posiadają energię wystarczającą na wywołanie reakcji termojądrowej. Oczywiście z praktycznego punktu widzenia interesujemy się reakcjami termojądrowymi, które dostarczają o wiele większej energii, niż energia potrzebna do ogrzania plazmy do temperatury „zapłonu“.

W związku z powyższymi zasadniczymi problemami dla realizacji reakcji termojądrowych jest doprowadzenie temperatury plazmy do odpowiedniej wysokości oraz ograniczenie plazmy w objętości, w której chcemy realizować reakcje termojądrowe. Innymi słowy chodzi o ogrzanie plazmy i jej lokalizację. Należy przy tym zdecydować, czy najpierw należy wykonywać grzanie plazmy, a następnie przystępować do jej lokalizowania w komorze reakcji, czy też najpierw umieścić ją w tej komorze a następnie ogrzewać. Możliwe są też rozwiązania pośrednie. Różne typy maszyn są różnymi realizacjami jednej z tych możliwości.

Przystąpmy kolejno do omówienia głównych sposobów grzania plazmy oraz metod jej lokalizacji.

Najprostszym sposobem grzania plazmy jest sposób oparty o ciepło Joule'a wydzielane przy przepływie prądu. Realizuje się go przez wywołanie wyładowania elektrycznego w plazmie. Wyładowanie to wywołuje się przez rozładowanie odpowiedniego układu kondensatorów. Warto w tym miejscu dodać, iż przy wyładowaniu elektrycznym, na przykład w rurze cylindrycznej, obserwuje się zjawisko będące produktem ubocznym grzania plazmy, ale o bardzo ważnym znaczeniu. Zjawiskiem tym jest tzw. zjawisko skurczu (pinch) plazmy: podczas wyładowania przebiegająca część plazmy kumuluje się dokoła osi rury, tworząc sznur plazmy izolowany do pewnego stopnia od ścian rury. Następuje więc samorzutna lokalizacja plazmy, a co ważniejsze izolacja plazmy od ścian naczynia. Ma to istotne znaczenie ze względu na to, iż nie znamy w ogóle materiałów, które mogłyby znieść temperaturę reagującej plazmy, równą prawie temperaturze wnętrza słońca, oraz ze względu na to, iż gorąca plazma niezwykle szybko „stygnie“ przy zetknięciu się z ciałami o niższej energii.

Pewną modyfikacją tego rodzaju grzania plazmy jest grzanie transformatorowe albo betatronowe. Plazma złożona z cząstek naładowanych, jonów i elektronów, występuje w roli drugiego obwodu transformatorowego (obwodu wtórnego). W obwodzie tym indukowane są silne prądy, wywołane przez zmiany prądu w obwodzie pierwotnym.

Obie powyższe metody zawdzięczają swą efektywność zderzeniom cząstek plazmy i zaczynają zawodzić przy temperaturach plazmy rzędu 10^7 °K, przy których częstotliwość zderzeń znacznie spada, a plazma staje się doskonałym przewodnikiem. Powstała więc konieczność opracowania innych sposobów grzania plazmy, by doprowadzić ją do temperatur rzędu $3 \cdot 10^9$ °K.

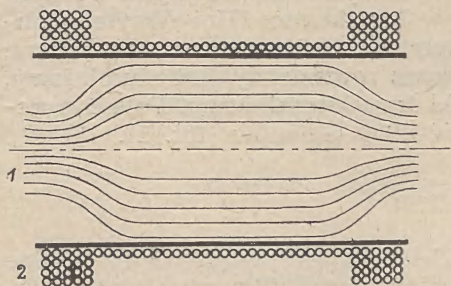
W wielu urządzeniach ważną rolę odgrywa stabilizujące, osiowe pole magnetyczne. Pole to można użyć również do grzania plazmy. Pulsacja tego pola wywołuje drgające pole elektryczne, okrążające rurę, w której znajduje się plazma. Pole to zwiększa energię naładowanych cząstek, poruszających się ruchem śrubowym dokoła linii sił poosiowego pola magnetycznego. W stadium badań znajduje się kilka wariantów tej metody.

Jednym z nich jest metoda magnetycznego pompowania, przy której częstość zmian pola magnetycznego jest znacznie niższa od częstości cyklotronowej jonów, drugi zaś stosuje właśnie częstości cyklotronowe. O ile pierwszą metodę można by potraktować jako pewnego rodzaju makroskopowe wpompowywanie energii w plazmę, to druga metoda wykorzystuje mikroskopowy rezonans pomiędzy drgającym polem elektrycznym a ruchem śrubowym jonów. Bardzo interesującym trikiem w metodzie rezonansowej jest zestawienie dwóch obwodów, wywołujących drgające pole magnetyczne, przesuniętych względem siebie w fazie o 180° . Przeciwdziała to zjawisku separacji ładunków w plazmie i ekranowaniu jonów przez elektrony, co zwiększa efektywność grzania.

Ostatnią dyskutowaną możliwością grzania plazmy na zasadach rezonansu jest grzanie oparte o mechanizm odwrotny do mechanizmu promieniowania Czerenkowa. Sprawa ta omówiona jest w artykule akademika I. E. Tamma, zamieszczonym w niniejszym numerze *Kosmosu B*.

Oprócz powyższych metod duże nadzieje budzi metoda wtryskiwania przyspieszonych już w akceleratorze cząstek plazmy do komory reakcji (lub cząstek, z których plazma produkuje się w komorze), w której plazma lokalizowana jest za pomocą metod, które za chwilę omówimy. Ewentualne dalsze grzanie możliwe jest za pomocą zmiennego w czasie i przestrzeni pola magnetycznego. Możliwe są następujące dwa sposoby grzania: 1. poprzez ściskanie promieniowe — jest to adiabatyczne sprężanie plazmy za pomocą wzrastającego w czasie natężenia pola lokalizującego 2. poprzez ściskanie osiowe — jest to adiabatyczne sprężanie za pomocą przesuwania zwierciadeł (miejsc magnetycznego natężenia pola magnetycznego). Ponadto pole magnetyczne zmienne w przestrzeni (które lokalizuje plazmę) pozwala na termalizację plazmy, czyli zamianę energii ruchu uporządkowanego plazmy w ruch chaotyczny, termiczny.

Jak wyglądają teraz metody l o k a l i z a c j i plazmy? Częściowo o tym problemie już wspominaliśmy. Chodzi tu o izolowanie plazmy od ścian naczynia oraz o jej ograniczenie przestrzenne w komorze reakcji. Jednym ze sposobów realizacji tego celu jest sposób oparty o omawiane wyżej



Rys. 1. Ukształtowanie pola magnetycznego w maszynie zwierciadlanej.

1 — linie pola magnetycznego, 2 — uzwojenia.

zjawisko skurczu, wywołane przez własne pole magnetyczne wyładowania elektrycznego w plazmie. Jeżeli wyładowanie to lub prąd indukowany w plazmie odbywa się w naczyniu w kształcie torusa, to oba cele lokalizacji są w zasadzie spełnione. Okazuje się jednak, że metoda ta nie daje spodziewanych wyników ze względu na występujące tu niestabil-

ności zjawiska skurczu. Omówimy ten problem przy omawianiu konkretnych urządzeń opartych o tę zasadę (stellarator).

Inna metoda opiera się o zewnętrzne pola magnetyczne, tak ukształtowane w przestrzeni, iż tworzą tzw. pułapki magnetyczne, jak to ilustruje rys. 1. Cząstka naładowana znalazłszy się wewnątrz takiej pułapki „odbija się” jakby od miejsc zagęszczenia linii pola magnetycznego (stąd też maszynę wykorzystującą taką pułapkę magnetyczną nazywa się maszyną zwierciadlaną). Oczywiście odbicie cząstki możliwe jest przy spełnieniu odpowiednich warunków. Nie do uniknięcia są więc straty, czyli przecieki plazmy z naszego urządzenia; można je jednak uczynić dostatecznie małymi.

Przystąpmy z kolei do omówienia ważniejszych typów maszyn i urządzeń plazmowych.

ZETA

Jednym z najbardziej znanych urządzeń rokujących realizację kontrolowanej reakcji termojądrowej jest brytyjska Zeta, wokół której skupiają się brytyjskie prace z tej dziedziny. Jest to urządzenie eksperymentalne do badania pierścieniowych wyładowań ze skurczem. Wyładowania potężnego układu kondensatorowego o pojemności $1600 \mu F$ i napięciu $25 kV$ powodują za pośrednictwem układu transformatorowego wyładowania w torusie wypełnionym plazmą. Wyładowaniu temu towarzyszy skurcz i normalne grzanie joułowskie, dające w warunkach Zety temperaturę jonów rzędu $0,7-5 \cdot 10^6 K$ (ten duży rozrzut w określaniu temperatury spowodowany jest brakiem wiarygodnej metody określania temperatury jonów). Torus wykonany jest z aluminium o grubości $2.54 cm$ i posiada prześwit o średnicy $100 cm$. Prąd płynący w uzwojeniach nawiniętych na torusie daje osiowe pole magnetyczne, wielkości $160 Gaussów$, stabilizujące sznur wyładowania skurczowego w plazmie.

PERHAPSATRON

Urządzeniem amerykańskim będącym modyfikacją Zety jest Perhapsatron, którego kilka wersji zbudowano w Los Alamos (Uniwersytet Kalifornijski). Główna różnica polega na tym, że wewnątrz torusa wykonane jest z kwarcu, a więc z dielektryka, płaszcz zewnętrzny jest aluminiowy, jak w Zecie, i stanowi pierwotny obwód transformatorowy. Pole magnetyczne poosiowe może osiągnąć wielkość $4000 Gaussów$ [fot. 1].

STELLARATOR

Znacznie poważniejszą modyfikacją idei Zety jest urządzenie toroidalne w Princeton, noszące nazwę Stellaratora, którego kilka wersji przedstawiono w Genewie. Oprócz tego w budowie znajduje się wielki stellarator C. Ma on być wykonany wraz z własną halą w roku 1960.

Zasadniczą ideą stellaratora jest dalsze grzanie plazmy podgrzanej już przy pomocy układu transformatorowego przez wykorzystanie magnetycznego pompowania lub rezonansu cyklotronowego. Wymaga to walki z dwoma głównymi czynnikami, utrudniającymi grzanie i lokalizację

plazmy, a mianowicie z niestabilnościami skurczowego wyładowania w plazmie oraz z zanieczyszczeniami, pochodzącymi głównie od ścian.

Niestabilności w torusie spowodowane są głównie niejednorodnym rozkładem pola magnetycznego, związanym z krzywizną torusa. Istnienie tych niejednorodności powoduje istnienie gradientu pola magnetycznego, co z kolei wywołuje separację ładunków, czyli tzw. drift. Aby przeciw-



Rys. 2. Przekrój rury stellatora z zaznaczonymi punktami $P_1, P_2, \dots$ przez które przechodzi cząstka naładowana po kolejnym obiegu torusa stellatora w przypadku istnienia powierzchni magnetycznej (linia przerywana).

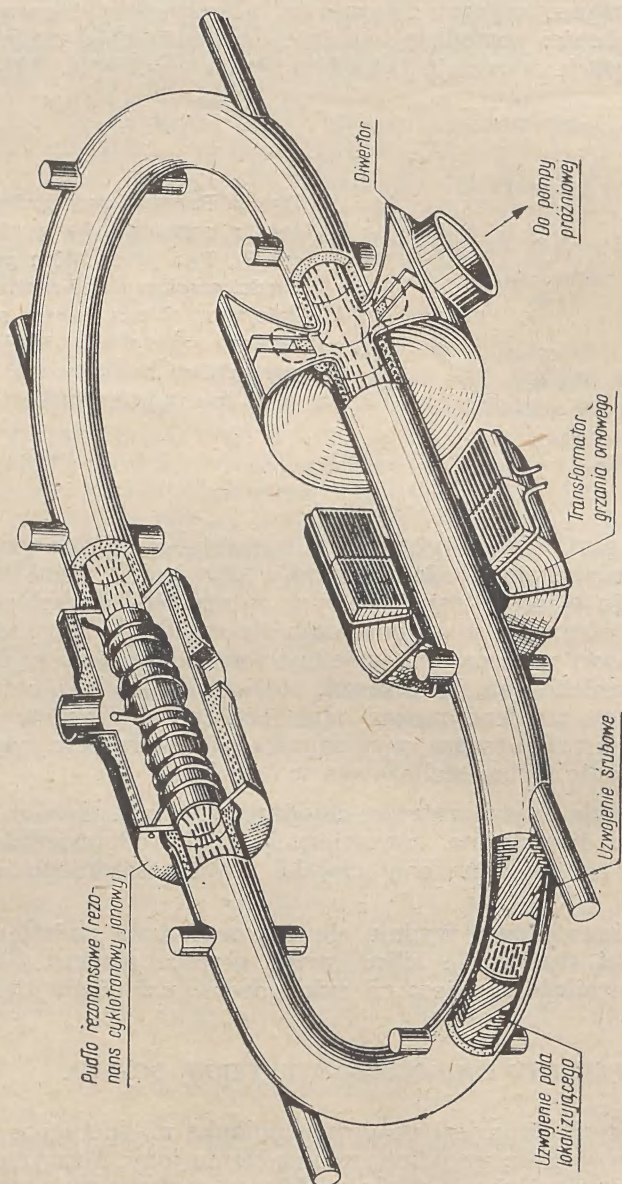
działać tej separacji, która prowadzi nieuchronnie do kontaktu plazmy ze ścianami torusa, dąży się do wywołania tzw. powierzchni magnetycznych, w kształcie torusów współosiowych z torusem-naczyniem. Po tych powierzchniach magnetycznych poruszają się cząstki plazmy, tak że gdybyśmy obserwowali ruch cząstki w jednym przekroju torusa, przy kolejnych przechodzeniach cząstki przezeń, to otrzymalibyśmy obraz jak na rys. 2. Efekt ten uzyskać można albo poprzez dodatkowe uzwojenie śrubowe na powierzchni torusa, wywołujące dodatkowe pole magnetyczne, albo przez skrócenie torusa stellatora w ósemkę.

Zanieczyszczenia w stellaratorze, chłodzące znacznie plazmę, usuwa się za pomocą tzw. diwertorów, zasysających dzięki odpowiednio ukształtowanemu polu magnetycznemu cząstki z bezpośredniego sąsiedztwa ścian [rys. 3].

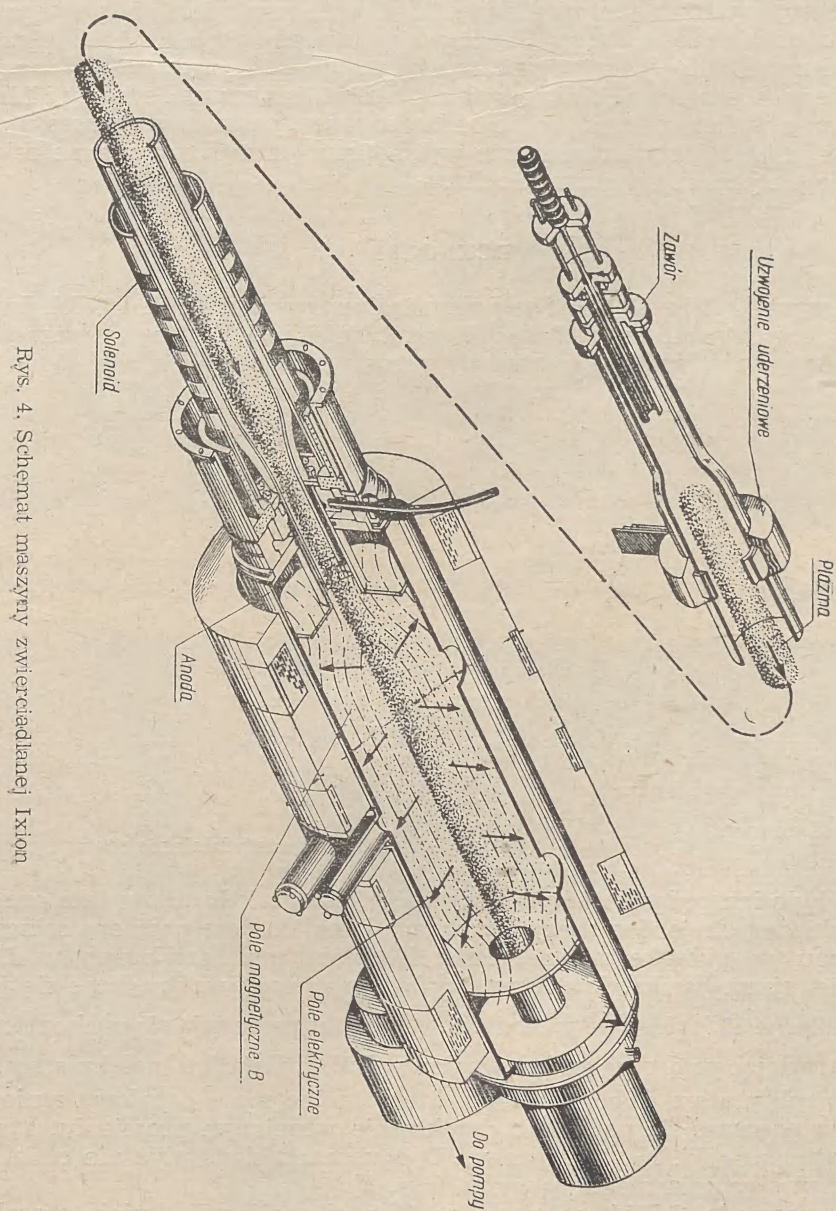
Program stellaratorowy wydaje się rokować duże nadzieje, głównie dzięki możliwości stosowania kilku metod grzania plazmy. Skuteczność tego programu uzależniona jest od sukcesów w usunięciu niestabilności plazmy.

MASZYNY ZWIERCIADLANE, IXION, SCYLLA

Maszyna zwierciadlana jest po prostu pułapką magnetyczną, do której wstrzykuje się przyspieszone w innym urządzeniu jony. Maszyna ta dysponuje zmiennym w czasie i przestrzeni polem magnetycznym pozwalającym na sprężanie zawartej w niej plazmy. Obok adiabatycznego sprężania (o którym mówiliśmy omawiając metody grzania plazmy) możliwe są i procesy odwrotne, a więc adiabatyczne rozprężanie plazmy. Pozwala to snuć nadzieję, iż maszyna zwierciadlana pozwoli na bezpośrednią zamianę energii reakcji termojądrowych na energię elektryczną prądów wywoła-



Rys. 3. Ogólny schemat stellaratora B-65

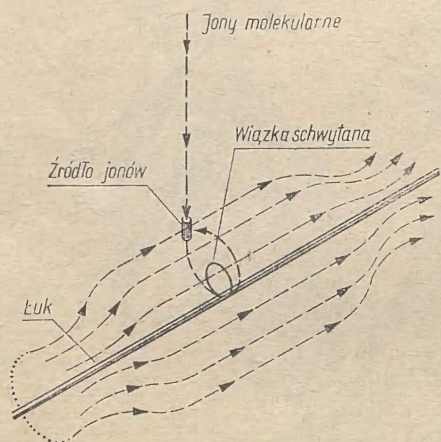


Rys. 4. Schemat maszyny zwierciadlanej Ixion

nych przy adiabatycznym rozprężaniu plazmy w obwodach, służących do tworzenia pola magnetycznego maszyny. Byłby to pewnego rodzaju generator termojądrowy, pracujący na zasadach zbliżonych do silnika tłokowego na ropę. Sprężenie adiabatyczne plazmy wywołuje reakcję termojądrową, a więc nagły wzrost energii plazmy. Następnie rozprężenie plazmy powoduje powstanie prądu, którego część służy do ponownego sprężania plazmy, a część może być wykorzystana konsumpcyjnie. Maszyna ta badana jest głównie w laboratoriach Uniwersytetu Kalifornijskiego w Berkeley i Livermore oraz w Los Alamos. W Los Alamos maszyna tego typu nosi nazwę Ixion [rys. 4]. Podobne urządzenie wykorzystujące szybko zmienne osiowe pole magnetyczne nosi nazwę Scylla.

DCX, OGRA

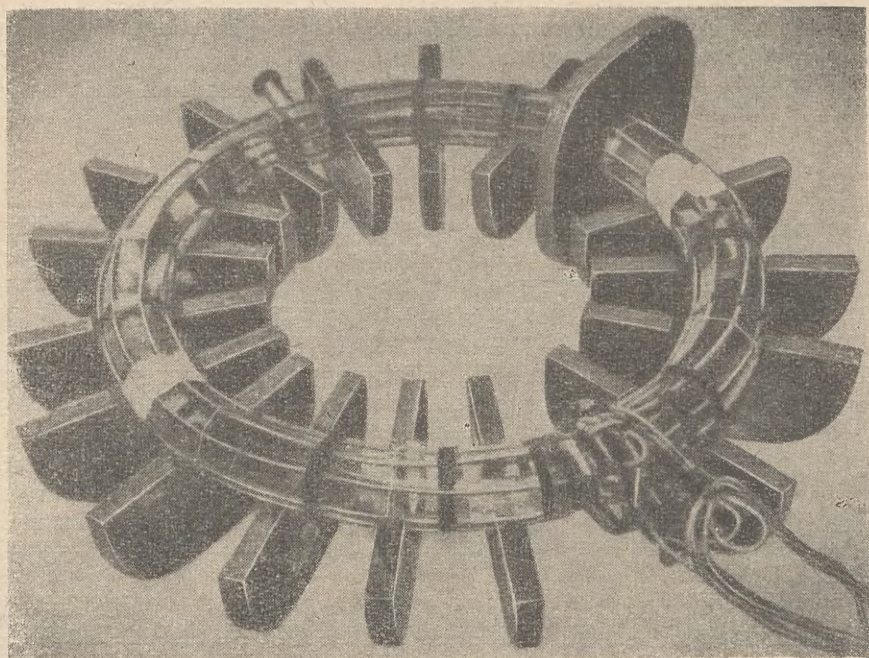
Maszyna DCX z Oak Ridge Laboratorium oraz maszyna OGRA Instytutu Energii Atomowej AN ZSRR jest z kolei pułapką magnetyczną nastawioną na wstrzykiwanie bardzo energetycznych jonów, tak ażeby nie



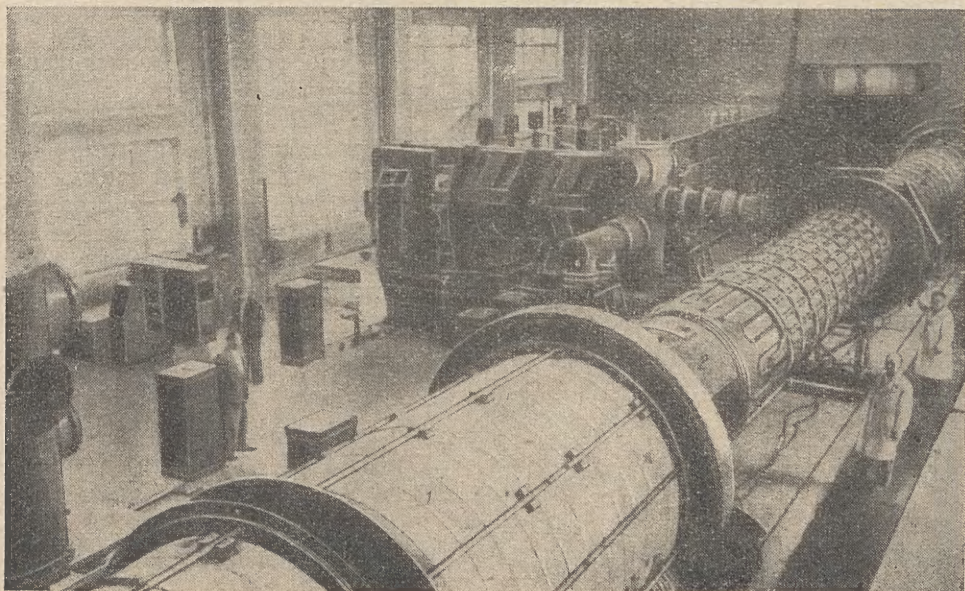
Rys. 5. Schemat działania maszyny DCX

trzeba było ich podgrzewać po schwyтaniu. Ze względu na wysoką energię wstrzykiwanych jonów specjalnym zagadnieniem jest problem schwyтania jonu w pułapkę magnetyczną. Problem ten rozwiązano w DCX w następujący, bardzo dowcipny sposób. Do maszyny wstrzykuje się jony molekularne D_2^+ . Jony te wchodząc do pułapki poruszają się ruchem kołowym, trafiając po drodze na łuk węglowy. Łuk rozбивa jon molekularny D_2^+ na neutralny atom D oraz jon D^+ , który mając masę o połowę mniejszą zaczyna poruszać się po kole o dwukrotnie mniejszym promieniu, a więc wewnątrz pułapki. Neutralny atom D opuszcza układ, gdyż nie oddziałują nań siły pola magnetycznego [rys. 5].

W maszynie OGRA założono możliwość realizacji dwóch sposobów chwyтania jonów D^+ . Jeden sposób opiera się na dysocjacji molekularnych jonów D_2^+ przez zderzenia z resztkami gazu wewnątrz pułapki magnetycznej. Drugi sposób realizowałby się dzięki dysocjacji tych jonów



Fot. 1. Torus maszyny Perhapsatron. Na zdjęciu widoczne jest uzwojenie pierwotne oraz rdzenie żelazne do magnesów używane do grzania plazmy.



Fot. 2. Kamera OGRY z odwiniętymi uzwojeniami: 1 — uzwojenia, 2 — kamera próżniowa, 3 — inżektor, 4 — wysokonapięciowe zasilanie źródła elektronów.

na chłodnym słupie plazmy o gęstości $10^{11} - 10^{12}$ elektronów/cm³ o średnicy równej połowie średnicy pułapki [fot. 2].

Obie maszyny, zwłaszcza OGRA, znajdują się w stadium prób i badań wstępnych.

ASTRON

Jest maszyną nie mieszczącą się w ramach przeprowadonej klasyfikacji. Wykorzystuje ona elektrony relatywistyczne o bardzo dużych energiach, które wstrzykuje się do naczynia próżniowego w obecności zewnętrznego pola magnetycznego, tak iż krążą one po orbitach kołowych. Wirujące elektrony relatywistyczne sprawują następujące funkcje:

1. Tworzą pole magnetyczne, które wraz z zewnętrznym polem magnetycznym tworzy zamknięte linie pola magnetycznego, wewnątrz których może być zlokalizowana plazma.

2. Jonizują one odpowiednio dostarczone atomy neutralne (łatwiejszy sposób wstrzyknięcia ze względu na neutralność!). Utworzona w ten sposób chłodna plazma zawarta jest wewnątrz pułapki magnetycznej.

3. Przez zderzenia z plazmą grzeją one elektrony plazmy, podnosząc jej temperaturę.

Można mieć nadzieję, iż energia uzyskana z reakcji termojądrowej znacznie przewyższy energię potrzebną do iniekcji relatywistycznych elektronów i straty na ucieczkę części plazmy z pułapki magnetycznej. Wydatki energetyczne na te dwa cele ocenia się na około 15% energii uzyskiwanej z reakcji termojądrowych. Na wystawie przedstawiono model urządzenia tego typu budowanego w Laboratorium Promieniowania w Livermore (Uniwersytet Kalifornijski).

Oczywiście dokonany przegląd nie wyczerpuje wszystkich wystawionych eksponatów Wystawy Naukowej i omawianych w referatach Konferencji koncepcji urządzeń termojądrowych. Wydaje się nam jednak, iż pozwala on zorientować się w głównych współczesnych ideach panujących w tej dziedzinie. Nie wykluczona jest przy tym jednakże i ta możliwość, iż praktyczne przyszłe rozwiązanie tego wspaniałego problemu zrealizowane być może na zupełnie innej drodze. Możliwości są tu olbrzymie zarówno dla prac teoretycznych jak i eksperymentalnych. Zwraca uwagę fakt, iż niektóre z urządzeń eksperymentalnych są bardzo skromne i nie wymagają kosztownych i czasochłonnych inwestycji.

URAN NA II KONFERENCJI ATOMOWEJ W GENEWIE

I Międzynarodowa Konferencja dla Wykorzystania Energii Jądrowej do Celów Pokojowych, która odbyła się w Genewie w 1955 r., była dla całego świata nauki prawdziwą sensacją. Po raz pierwszy wielkie potęgi świata ujawniły szczegóły swych osiągnięć w osłanianej dotąd ścisłą tajemnicą dziedzinie ujarzmienia energii jądrowej. Tego posmaku sensacji pozbawiona była już II Konferencja Atomowa, która odbyła się w Genewie w pierwszej połowie września r. 1958. W okresie trzech lat tj. od roku 1955 do 1958 dokonał się jednak dalszy postęp w dziedzinie energii jądrowej stanowiący nowy skok nauki, którego wyniki budziły nie mniejsze zainteresowania niż osiągnięcia zaprezentowane na pierwszej konferencji. Tym nowym skokiem są prace w zakresie energii termonuklearnej. Osiągnięcia w tej dziedzinie były szczególnie interesujące dla tych, którzy pracują nad budową przemysłów paliw jądrowych opartych na uranie, torze i in. Nie jest celem niniejszego referatu opisywanie niewątpliwie ogromnych zdobyczy nauki w pracach nad syntezą lekkich jąder, stanowiącą źródło wielkich energii, które w razie uzyskania pomyślnych wyników mogłyby się stać groźnym konkurentem dla uranu i innych paliw rozszczepialnych, natomiast warto przyrzec się, jak na tle tego faktu przedstawia się przyszłość przemysłu uranu.

Jeżeli przed drugą konferencją genewską mogły istnieć jeszcze niejakie wątpliwości co do celowości dalszej rozbudowy przemysłu uranu w obliczu nadchodzącej niewątpliwie ery energii termonuklearnej, to wątpliwości te rozwiązała chyba dość wyraźnie Konferencja ta jako całość. Tak więc okazało się przede wszystkim, że mimo bardzo optymistycznych przewidywań dawniejszych trudności opanowania procesów termojądrowych są bardzo duże i nie można liczyć na to, by udało się wcześniej niż w r. 2000 uzyskać efekty praktyczne w skali przemysłowej¹. Równocześnie wielka ilość prac przedstawionych na konferencji odnoszących się do naukowych podstaw jak i technologii paliw uranowych wskazuje na to, że jest to dziedzina nadal szybko rozwijająca się, na którą nie szczędzi się najlepszych sił i środków. Uzupełnieniem tego wrażenia były ekspozycje demonstrowane na dwóch wystawach, naukowej i przemysłowej, jakie równocześnie odbywały się w Genewie. Piszący te słowa uczestniczył w czerwcu tego roku w innej jeszcze wystawie, a mianowicie w wystawie

¹ Na temat ten istnieje duża rozbieżność poglądów. Optymiści sądzą, że w ciągu najbliższego 20-lecia nastąpi praktyczne wykorzystanie reaktorów termojądrowych.
Red.

przemysłu chemicznego „ACHEMA“ we Frankfurcie n/Menem. Na wystawie tej znajdował się oddzielny pawilon przemysłu energii jądrowej. Chociaż wystawa ta nie może być porównywana z wystawami genewskimi, ponieważ energia jądrowa potraktowana była na wystawie tej raczej marginesowo, to jednak łatwo było zorientować się, że nauka i przemysł intensywnie pracują nad paliwami jądrowymi rozszczepialnymi a zwłaszcza nad uranem.

Jedno z podstawowych zagadnień produkcji uranu stanowi oczywiście kwestia jego źródeł. Uran jest pierwiastkiem, którego związki reagują bardzo łatwo, dzięki czemu ulegał on w toku epok geologicznych licznym przemianom. Uran należy do pierwiastków bardzo rozpowszechnionych w skorupie ziemskiej ale zarazem do bardzo rozproszonych. Niektóre skały pierwotne zawierają przeciętnie 0,0004% uranu. Woda morska zawiera 0,000 006% uranu. Tylko dzięki temu, że związki uranowe ulegają sorpcji przez niektóre substancje organiczne nastąpiła koncentracja uranu, co dało początek dzisiejszym ubogim zresztą złożom substancji bitumicznych uranonośnych. Także i w innych skałach wtórnych, osadowych, występują koncentracje mające znaczenie przemysłowe. Fizyk węgierski Szalay przedstawił na konferencji ciekawą teorię wędrówki uranu w przyrodzie. Według tej teorii uran wymywany jest przez wody z wietrzejących skał pierwotnych, a następnie nagromadzany w gnijących częściach roślin przede wszystkim z wody morskiej. Teoria ta została potwierdzona doświadczeniami.

Najlepszym może dowodem tego, że zainteresowanie uranem nie słabnie, ale nadal poważnie wzrasta, są nieustające poszukiwania geologiczne oraz prace nad możliwością ekonomicznego wykorzystania nawet najsłabszych źródeł. Rudy zawierające ok. 0,2% uranu, a więc 2 kg uranu metalicznego na tonę rudy, nazywane są nadal rudami ubogimi. W rzeczywistości rudy takie stanowią obecnie całkowicie normalny i przeciętny surowiec przemysłu uranowego. Fakt ten wynika zupełnie pewnie z obszernego referatu, jaki przedstawił na konferencji genewskiej dyrektor departamentu surowców Komisji Energii Atomowej USA J. C. Johnson, jak i z referatów przedstawionych przez inne państwa, jak np. Francję. Co więcej, istnieją już produkcje oparte na jeszcze uboższych materiałach, np. na fosforytach zawierających 0,01 do 0,02% uranu. W Północnej Ameryce odkryte zostały potężne złoża zawierające kilka milionów ton uranu w postaci łupków bitumicznych. Łupki te zawierają od 0,004 do 0,01% uranu. Są to złoża Chattanooga. Koszt wydobycia uranu z tych materiałów byłby sześciokrotnie wyższy niż koszt wydobycia uranu z surowców przeciętnych, a mimo to Johnson uważa, że warto nadal pracować nad znalezieniem procesu, który by pozwolił złoża te wykorzystać.

Najdalej idącym osiągnięciem w zakresie ubogich surowców jest praca Laskowina i współpracowników z ZSRR, którzy przedstawili aż trzy możliwości wydobycia uranu z wody mórz i jezior. Uczeń radziecyy wykazał, że uran mimo wysokiego stopnia rozcieńczenia można koncentrować na żelach fosforanu wapnia, na boksycie naturalnym, na glince lub wodorotlenku żelaza, przez sorpcję na jonitach organicznych albo też metodą współstrącania (koprecypitacji) siarczanem glinu lub żelaza. W referacie przedstawiono schemat urządzenia półtechnicznego do tego celu.

Wszystkie te niewątpliwie poważne wysiłki świadczą wymownie o tym, że perspektywy uranu jako paliwa są raczej coraz większe. Widoczne to jest również z natężenia i zakresu prac nad przeróbką surowców uranowych. Metody dotychczas stosowane posługują się procesami chemicznymi trawienia bądź to kwasem siarkowym, bądź też roztworem węglanu sodu. Obie te metody mają swoje zalety i wady powszechnie już dziś znane.

Żadna z tych metod nie jest doskonała. Liczne prace zajmują się więc kwestią zwiększenia uzysku uranu z rud, uproszczenia procesów jak i znalezienia całkowicie nowych sposobów wydobywania uranu z rud. Metody stosowane przez hutnictwo metali kolorowych do wzbogacania ubogich surowców mineralnych, jak np. flotacja lub metody grawitacyjne w przypadku uranu, zawodzą prawie całkowicie. Przyczyną tego jest wysoki stan rozproszenia uranu w materiale rudnym. Pewne nadzieje przywiązuje się ciągle jeszcze do metod radiometrycznych, wykorzystujących promieniowanie uranu i jego pochodnych do celów sortowania materiału uranonośnego. Jedno z udanych rozwiązań przedstawiła na Wystawie Francja. Wydaje się jednak, że metoda ta może być zastosowana tylko do niektórych typów rud.

Trawienie rud kwasem siarkowym ma tę poważną zaletę, że pozwala na wydobycie prawie 100% uranu zawartego w rudzie. Kwas siarkowy używany w tej metodzie zużywa się jednak nie tylko na uran ale także na inne tlenki znajdujące się w rudzie. Można przyjąć, że tylko 1% kwasu siarkowego wprowadzonego do procesu zużywa się na uran, a 99% traci się bezużytecznie. W metodzie alkalicznej, w której rudy uranowe trawi się roztworem węglanu i kwaśnego węglanu sodu, wydobywa się od 85 do 90% uranu, natomiast zużycie chemikalii jest w tym przypadku nieznaczące. Toteż prace badawcze skoncentrowane są w tej chwili, jak to stwierdziliśmy w Genewie, na głębszym poznaniu i poprawieniu metody alkalicznej. Poznane więc zostały zarówno zasadnicze mechanizmy tego procesu (Schortmann i DeSesa) jak i sposoby katalitycznego przyspieszania tego procesu przez sole miedziowe (DeSesa i współpracownicy). Uzyskano w ten sposób w zakładach Monticello przeciętny wzrost wydajności w skali przemysłowej z 86 do 91%. Przy przeróbce rud uranowych z Colorado metodą alkaliczną uzyskali Beverly i Charles nawet 97,9% wydobywania. Istotną zmianą w procesie, jaką badacze ci zastosowali, było przedłużenie czasu trawienia: zwykle trawi się ok. 4 godzin, a w omawianym przypadku trawiono rudy do 48 godzin. Ostatecznie jednak dotychczas w Stanach Zjednoczonych Ameryki Północnej tylko 29% produkcji uranu otrzymuje się metodą alkaliczną a resztę metodami kwaśnymi. We Francji stosuje się dotychczas wyłącznie kwas siarkowy, lecz przewiduje się przejście na metodę alkaliczną z chwilą rozpoczęcia przeróbki łupków uranonośnych z Wogezów.

We wszelkich rozważaniach na temat produkcji uranu ogromny nacisk kładzie się na sprawę kosztów tej produkcji. Koszt produkcji a raczej usiłowania obniżenia tego kosztu stanowią źródło i powód wielu prac badawczych. Przyczyny tego są zrozumiałe. Uran nie jest zwykłym metalem rzadkim w znaczeniu gospodarczym, tak jak np. wanad, molibden lub cyrkon. Uran jest paliwem, wobec czego koszt jego produkcji decyduwać będzie niedługo o kosztach energii elektrycznej, koszt energii elektrycznej zaś decyduje dziś już o wszelkich kosztach występujących w życiu gospo-

darczym: o kosztach dóbr inwestycyjnych i konsumpcyjnych, o transporcie i kosztach życia codziennego. Technologia uranu dysponuje różnymi możliwościami takiego uproszczenia produkcji i zmniejszenia zużycia środków, by produkować uran coraz taniej. Istnieje jednak jeszcze jedna grupa metod niedostatecznie wykorzystana, a umożliwiająca tańszą produkcję uranu. Chodzi tu o odzyskiwanie wielu cennych pierwiastków, które towarzyszą uranowi w jego rudach. Wiele referatów wygłoszonych w Genewie zwracało uwagę na możliwości wydobywania z niektórych surowców takich metali jak miedź, wanad, niob i tantal, a Johnson wymienia nawet takie pierwiastki jak glin i żelazo, kiedy mówi o sposobach poprawienia rentowności wielkich złóż Chattanooga. Także w Związku Radzieckim na sprawy kompleksowej przeróbki rud zwraca się duża uwaga. Tak np. Szewczenko z współpracownikami przedstawił technologię otrzymywania z 10%-owej rudy uranowej radu (30 mg/t), jonu czyli toru (230) oraz protoktynu.

Po procesie trawienia rudy otrzymuje się roztwór zawierający obok uranu w ilości rzędu 1 g/litr wielką ilość wszystkich tych pierwiastków, które w czasie trawienia zwłaszcza w procesie kwaśnym przeszły do roztworu. Należy więc z tego roztworu uranu wydobyć i to w sposób jak najbardziej ekonomiczny, a następnie oczyścić go od zanieczyszczeń. Wymagania są tu bardzo wysokie, ponieważ pierwiastki stanowiące zanieczyszczenie mają dużą zdolność wychwytywania neutronów. Ponieważ zaś podstawowym zjawiskiem decydującym o działaniu reaktora jądrowego jest wytwarzanie neutronów i rozszczepianie przez nie jąder uranu (235), to utrata tych neutronów jest zjawiskiem w najwyższym stopniu niepożądanym. Niektóre pierwiastki jak bor, kadm, srebro, miedź a przede wszystkim metale ziem rzadkich są szczególnie pod tym względem szkodliwe. Toteż opracować należało nowe procesy umożliwiające osiągnięcie czystości związków uranu nie znanej dotychczas w całej technologii chemicznej. Uzyskano to przy pomocy procesów ekstrakcji roztworów wodnych rozpuszczalnikami organicznymi. Klasycznym przedstawicielem takich rozpuszczalników jest fosforan trój-n-butyłowy znany powszechnie jako TBP, który stanowił rewelację pierwszej konferencji w Genewie. W ciągu ostatnich trzech lat związek ten jak i setki innych podobnych badano co do ich zdolności selektywnej ekstrakcji związków uranowych. Dodać należy, że technika ta stosowana jest również do wydobywania z roztworów i oczyszczania innych transuranowców: plutonu, neptunu, ameryku, a dalej metali ziem rzadkich i wielu innych. Istotą tych procesów stanowi tworzenie się kompleksów pomiędzy związkami tych metali a związkami organicznymi. Wywołało to konieczność rozwinięcia szerokich prac badawczych nad tymi kompleksami, w których to pracach także polscy naukowcy biorą udział. Z dziedziny tej przedstawione zostały w Genewie przez polskich chemików podstawowe prace badawcze odnoszące się do zdolności kompleksotwórczej uranu i plutonu (Jeżowska-Trzebiatowska, Taube). Procesy ekstrakcji związków nieorganicznych z roztworów wodnych rozpuszczalnikami organicznymi mają obok wysokiej selektywności, dzięki której są prawie niezastąpione w produkcji paliw uranowych, cały szereg ogólnych zalet, dzięki którym spodziewać się należy wielkiej ich przyszłości w całej technologii chemicznej. Procesy te pozwalają przecież na stężanie roztworów, oczyszczanie ich

oraz rozdzielanie pierwiastków jak i związków jednego pierwiastka w sposób bardzo prosty, bez konieczności doprowadzania energii cieplnej lub elektrycznej, nie wymagają też stosowania ciśnienia. Druga konferencja genewska i obie wystawy stanowiły dla chemika bardzo ciekawy pokaz najnowszych zdobyczy w tej dziedzinie. Obok prac nad fizyko-chemią tych procesów prowadzi się rozległe badania nad aparaturą, w której procesy te są przeprowadzane. Jedną z aparatur stanowiła w pewnym sensie osiągnięcie szczytowe dowodzące, w jak wysokim stopniu opanowana została fizyka układów złożonych z dwóch cieczy nie mieszających się z sobą. W układzie takim uzyskuje się w czasie mieszania obu cieczy z sobą zawieszinę kropeł jednej cieczy w drugiej, a więc np. kropeł oleju w wodzie. Istnieje jednak również możliwość takiego poprowadzenia procesu, by otrzymać zawieszinę kropeł wody w oleju. Aparatura, o której mówimy, skonstruowana była w ten sposób, że na przestrzeni kilkudziesięciu centymetrów uzyskiwano w sposób, którego tu bliżej opisywać nie będziemy, kilkakrotnie odwracanie zawiesiny, tj. na przemian olej w wodzie i woda w oleju. Taki sposób postępowania stanowi bardzo intensywną metodę ekstrakcji.

Druga dziedzina, w której poczyniono w ostatnich latach poważne postępy, to jonity. Jonity inaczej zwane wymiennicami jonowymi znane są od dawna. Zastosowanie ich ograniczało się jednak prawie wyłącznie do technologii oczyszczania wody kotłowej. Dopiero rozwój prac nad uranem spowodował zwiększenie zainteresowania się teorią i technologią jonitów i już pierwsza konferencja genewska zademonstrowała dużą ilość prac z tego zakresu. Ponieważ jonity stanowią właściwie żywice syntetyczne, można je w czasie produkcji formować odpowiednio do potrzeb nadając im np. kształt drobnych kuleczek. Ta postać znalazła zastosowanie w tzw. procesie r-i-p (resin in pulp — żywica w zawieszinie). W procesie tym jonit służy do wydobywania uranu z roztworów potrawiennych, stanowiących zawieszinę wytrawionej rudy w roztworze. Żywicę — jonit umieszcza się w naczyniu perforowanym, które zanurza się wielokrotnie w zawieszinie potrawiennej, przy czym uran zostaje zaadsorbowany przez żywicę. Druga konferencja genewska przyniosła wiadomości o dalszych postępach w tym zakresie. Tak np. zamiast umieszczania żywicy w naczyniu stosuje się złożę ziarn jonitu periodycznie wstrząsane (jigged-bed). Zawiesina potrawienna przepływa przez to złożę oddając przy tym uran. Inną nowość stanowią jonity nieorganiczne a więc sole takie jak fosforan cyrkonu, molibdenu, toru i tytanu, a także arseniany i wolframiany tych metali. Jonity te cechuje duża stabilność termiczna, której nie posiadają jonity organiczne (żywice), a dzięki której jonity nieorganiczne mogą być stosowane nawet przy temperaturze 300°C.

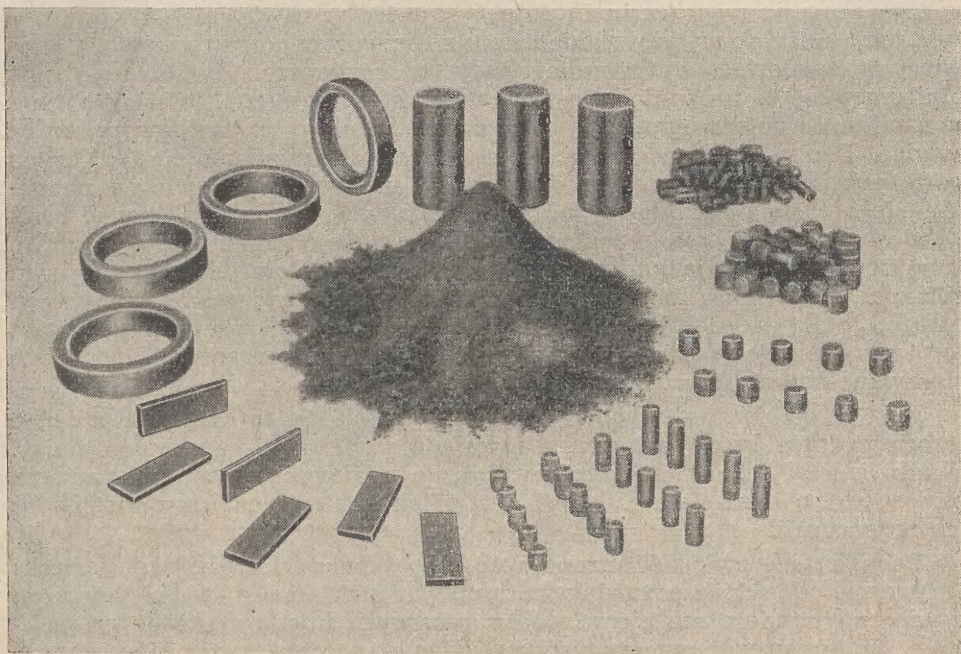
Inną nowością z tej dziedziny są jonity ciekłe. Są to aminy organiczne trzeciorzędowe, które są cieczami i posiadają własności te same co jonity. Wielką zaletą jonitów ciekłych jest ich niewrażliwość na zanieczyszczenia (nie są to bowiem ciała mikroporowate tak jak żywice) oraz możliwość ich regeneracji.

Oczyszczanie związków uranowych przy pomocy TBP było dotychczas jedyną metodą, która pozwalała otrzymywać związki o czystości jądrowej, a więc nie zawierające pierwiastków psujących bilans neutronowy reaktora. Na konferencji genewskiej przedstawiony został przez USA sposób

nowy polegający na precyzyjnej destylacji frakcjonowanej sześćciofluorku uranu. Ta niewątpliwie trudna technika jest podobno tak obiecująca, że autorzy spodziewają się otrzymywania związków uranu o wysokiej czystości wprost z rud. Jest to przykład nieustannych nowych poszukiwań w dziedzinie produkcji uranu.

„Klasyczny“ już dziś proces otrzymywania uranu metalicznego prowadzi przez otrzymywanie z jądrowo czystego azotanu uranylu czterotlenku, trójtlenku, dwutlenku, i wreszcie czterofluorku uranu. Również i na tym odcinku pokazano w Genewie możliwości nowych rozwiązań zarówno w samym przebiegu procesu jak i nowych rozwiązań aparatury. Proces wymaga zachowania przez cały czas wysokiej czystości osiągniętej w procesie ekstrakcji. Wymaganie to spełnione być może między innymi przez to, że produkty reakcji przechodzą drogę możliwie jak najkrótszą, a zatem poddawane są poszczególnym operacjom możliwie bez przenoszenia ich z jednej aparatury do drugiej. To wymaganie spełnia bardzo dobrze proces opracowany w Hiszpanii (Pedregal i współprac.), w którym wszystkie wymienione wyżej procesy wykonywane są w jednej i tej samej aparaturze.

Najistotniejszy jednak zwrot w technologii paliw uranowych, jaki dokonał się w ostatnim trzyleciu, stanowi stopniowe lecz zupełnie zdecydowane przechodzenie od uranu metalicznego do paliw ceramicznych a więc tlenków i węglików uranu. Wydaje się, że wśród tych związków największą przyszłość ma dwutlenek uranu. Poważną wadą dwutlenku uranu jako paliwa jest jego złe przewodnictwo cieplne. Nie jest to jedyna wada, gdyż zwykle otrzymuje się tlenek uranu w postaci subtelnego proszku o małej gęstości, co jest również nie do przyjęcia. Rozwinięto więc w ostatnim



czasie intensywne prace nad otrzymywaniem dwutlenku uranu w postaci brył o dużej gęstości zbliżonej do teoretycznej gęstości krystalicznego dwutlenku uranu. Materiał taki uzyskuje się przez wielokrotne spiekanie dwutlenku uranu w wysokich temperaturach i pod obciążeniem. Trzeba stwierdzić, że technika ta poszczycić się może dziś już pięknymi rezultatami. W ten sam zresztą sposób uzyskuje się spieki innych tlenków, np. berylu, wapnia, magnezu, glinu, tytanu, cyrkonu, toru. Na wystawie naukowej przedstawiciele Francji demonstrowali precyzyjne wyroby ze spiekanych tlenków, wyglądem przypominające prawie porcelanę. Piszącemu te słowa wydaje się, że jest to jedno z najciekawszych osiągnięć technicznych ostatnich czasów i dlatego załączona została do niniejszego artykułu fotografia omawianych wyrobów. Prace techniczne poprzedzone były i uzupełniane są w dalszym ciągu przez bardzo trudne i wnikliwe badania laboratoryjne, które referowane były szczegółowo na konferencji. Ta sama technika zastosowana została do otrzymywania spieków z węgliku uranu (UC) jak i spieków z uranu metalicznego sproszkowanego i węgliku uranu. Na wystawie demonstrowano całą kolekcję takich cermetów (materiałów ceramiczno-metalicznych) o różnym składzie od metalicznego uranu do czystego węgliku uranu. Bardzo duży postęp w zakresie paliw ceramicznych dokonał się w Kanadzie, której program rozwoju energetyki jądrowej przewiduje budowę reaktorów z paliwem ceramicznym.

Przedstawione tutaj spostrzeżenia i wrażenia wyniesione z konferencji w Genewie, obejmujące jedynie wąski stosunkowo odcinek uranu i jego związków, stanowią w rzeczywistości treść stu kilkudziesięciu referatów obejmujących cały omawiany zakres prac. Wniosek ogólny, jaki nasuwa się nieodparcie na podstawie przeglądu tych prac, jak i na podstawie wysiłków i osiągnięć przemysłu światowego zademonstrowanych na wystawach, jest taki, że uran jest i będzie jeszcze długo paliwem przyszłości.

STARY PRZYSZYNEK DO WZNOWIONEJ DYSKUSJI NA TEMAT MECHANIZMU PROCESU BIELICOWEGO

W nauce o glebie, podobnie zresztą jak i w innych dziedzinach wiedzy, istnieje obok twierdzeń dobrze udowodnionych również pewna liczba tez o słabszej podbudowie materiałem doświadczalnym. Do tych ostatnich zaliczyć można próby wyjaśnienia mechanizmu uruchamiania i migracji związków żelaza w procesie bielicowym.

Dyskusja na temat tego procesu trwa od kilkudziesięciu lat. Od czasu do czasu wysuwane są nowe hipotezy, lecz żadna z dotychczasowych koncepcji nie zdołała na razie zapewnić sobie zdecydowanej przewagi. Bywa i tak, że jakiś dawno zapomniany pogląd odżywa nagle w nowej wersji, przy czym trudno nieraz wywnioskować, czy wznowiający go autor świadomie nawiązuje do dawniejszych teorii, czy też uważa swój pogląd za całkowicie nowy i oryginalny.

Ostatnio np. w różnych krajach pojawiają się publikacje (między innymi S. P. Jarkow [8] i B. G. Rozanowa [11] w ZSRR, C. Bloomfielda [1] w Anglii, a u nas J. Tomaszewskiego [14], szczególnie silnie podkreślające rolę procesów redukcyjnych w mechanizmie tworzenia się gleb bielicowych. W myśl tych koncepcji związki żelaza wymywane są z górnych poziomów gleb bielicowych przede wszystkim w postaci połączeń żelaza dwuwartościowego.

Tak np. S. P. Jarkow [8] uważa, że w glebach bielicowych obserwuje się wiosną i jesienią nadmierne uwilgotnienie górnych warstw gleby oraz beztlenowy rozkład organicznych substancji i pojawienie się form żelaza dwuwartościowego, które w połączeniu z niskocząsteczkowymi kwasami organicznymi tworzą łatwo rozpuszczalne związki.

Podobnie C. Bloomfield [2, 3, 4, 5, 6] stara się wykazać, że wodne wyciągi ściółki pochodzącej z różnych roślin mogą redukować związki żelazowe na żelazawe i tworzyć z nimi łatwo rozpuszczalne kompleksy organomineralne¹.

Również J. Tomaszewski [14] pisze: „Na podstawie uzyskanych w ciągu długiego szeregu lat danych wyrażam pogląd, że proces bielicowania może zaistnieć i rozwijać się w glebach leśnych znajdujących się w określonych warunkach ekologicznych, spowodowany okresowo nawie-

¹ S. P. Jarkow [9] a także C. Bloomfield [7] przedstawili swoje poglądy na istotę procesu bielicowego również na ostatnim Międzynarodowym Kongresie Gleboznawczym, który odbył się w Paryżu w 1956 r.

dzającą górne poziomy gleb anaerobiozą umożliwiającą powstawanie procesów redukcyjnych". Dodać należy, że powyższe koncepcje w sformułowaniu J. T o m a s z e w s k i e g o podtrzymuje ostatnio również M. S t r z e m s k i [13], starając się przy ich pomocy wytłumaczyć powstawanie tzw. „zbielicowanych rędzin”.

W nawiązaniu do wyżej zreferowanych poglądów warto przypomnieć, że analogiczne tezy głosił 80 lat temu słynny duński badacz gleb leśnych P. E. M ü l l e r [10]. Poniżej przytaczam w streszczeniu ważniejsze fragmenty wywodów tego autora:

Jeśli z jakichkolwiek przyczyn ograniczona zostanie działalność życiowa zwierząt glebowych, które rozdrabniają resztki organiczne i mieszają je z glebą mineralną, wówczas, praktycznie rzecz biorąc, cały opad ścióły pozostaje na powierzchni gleby i może ulec „sfilcowaniu” wskutek po-przerastania drobnymi korzonkami roślin i strzępkami grzybni. Taka sfilcowana warstwa butwiny ogranicza dostęp powietrza do gleby. Wskutek tego tlen, którego udział jest niezbędny w procesach przetwarzania próchnicy, nie może być czerpany z atmosfery, lecz odbierany jest bogatym w ten składnik związkom nieorganicznym — zwłaszcza związkom żelazowym. Następuje przy tym redukcja tych ostatnich do związków żelazawych. Te z kolei, jako stosunkowo łatwiej rozpuszczalne, ulegają wymyciu w głąb profilu przez wody opadowe i przesiąkające wraz z nimi roztwory kwasów próchnicznych, dzięki czemu powstają charakterystyczne poziomy gleb bielcowych.

Należy dodać, że również P. E. M ü l l e r nie był bynajmniej twórcą przedstawionej koncepcji i że podobne, tak nowocześnie dziś brzmiące poglądy, głoszone były już w roku 1862 przez F. S e n f t a [12].

Czy z przytoczonego wyżej zestawienia dat i faktów należy wnioskować, że rozwój pewnych dziedzin gleboznawstwa był w ciągu kilkudziesięciu ostatnich lat niesłychanie powolny? Chyba nie. Wydaje się raczej, że podany przykład wznawiania dawnych hipotez wykazuje tylko, iż teorie te nie były w chwili swych narodzin dostatecznie silnie poparte odpowiednim materiałem dowodowym. Dziś, gdy nauka dysponuje doskonalszymi niż niegdyś metodami badawczymi, te spośród dawniej głoszonych twierdzeń, które przetrwały próbę czasu, muszą być podbudowywane nowymi materiałami analitycznymi. Lecz nie byłoby rzeczą słuszną, gdyby trud dawnych badaczy pozostał przy tym zapomniany.

LITERATURA

1. Bloomfield C. — Translocation of Iron in Podzol Formation. *Nature* V, 170, nr 4326, 1952.
2. Bloomfield C. — A Study of Podzolization. Part I: The Mobilization of Iron and Aluminium by Scots Pine Needles. *J. of Soil Sci.* V. 4, nr 1, s. 5—16, 1953.
3. Bloomfield C. — A Study of Podzolization. Part II: The Mobilization of Iron and Aluminium by the Leaves and Bark of *Agathis australis* (Kauri). *J. of Soil Sci.* V. 4, nr 1, s. 17—23, 1953.

4. Bloomfield C. — A Study of Podzolization. Part III: The Mobilization of Iron and Aluminium by Rimu — *Dacrydium cupressinum*. *J. of Soil Sci.* V. 5, s. 39—45, 1954.
5. Bloomfield C. — A Study of Podzolization. Part IV: The Mobilization of Iron and Aluminium by Picket and Fallen Larch Needles. *J. of Soil Sci.* V. 5, s. 46—49, 1954.
6. Bloomfield C. — A Study of Podzolization. Part V: The Mobilization of Iron and Aluminium by Aspen and Ash Leaves. *J. of Soil Sci.* V. 5, s. 50—56, 1954.
7. Bloomfield C. — The Experimental Production of Podzolization. *VI^e Congrès International de la Science du Sol*. Paris, V, E, s. 21—23, 1956.
8. Jarkow S. P., Kułakow E. W., Kauriczew I. S. — Obrazowanie zakisnego żelaza i osobiennosti fosfatnego rieżima w diernowo-podzolistych poczwach. *Poczwowiedienije* 8, s. 466—475, 1950.
9. Jarkow S. P. — Dynamique saisonnière de certains processus dans les sols. *VI^e Congrès International de la Science du Sol*. Paris V, E, s. 401—405, 1956.
10. Müller P. E. — *Studien über die natürlichen Humusformen und deren Einwirkung auf Vegetation und Boden*. Berlin 1887 (oryginał w języku duńskim — 1879).
11. Rozanow B. G. — O prirode kontaktnogo oswietlennogo gorizonta poczw na dwuczlennych porodach. *Poczwowiedienije* 6, s. 16—23, 1957.
12. Senft F. — *Humus-, Marsch-, Torf- und Limonitbildungen*. Leipzig 1862.
13. Strzemski M. — Rędziny węglanowe woj kieleckiego. *Roczniki Nauk Rolniczych*, t. 81 — D, 1953.
14. Tomaszewski J. — Stadia rozwojowe niektórych rodzajów (typów) gleb. *Roczniki Gleboznawcze*, t. II, s. 28—46, 1952.

OSUWISKA PODMORSKIE

Osuwiska podmorskie znane są od dość dawna. Już w końcu ubiegłego stulecia zwrócono uwagę na charakterystyczne pofałdowane i potrzaskane warstwy znajdujące się między utworami niezaburzonymi. Prawie równocześnie prace limnologiczne doniosły o ruchach masowych odbywających się na dnach jezior, a badanie przyczyn zrywania kabli transoceanicznych pozwoliło na stwierdzenie współczesnych osuwisk podmorskich.

Na przełomie XIX i XX stulecia liczni badacze zainteresowali się ruchami grawitacyjnymi. W tym czasie powstała słynna praca *Andersona* o soliflukcji (1905). Niedługo później publikowany był artykuł *A. Heima* (1908) dotyczący interesujących nas osuwisk subakwalnych. W swej pracy *A. Heim* proponuje niezupełnie adekwatny i zaniechany później termin subsoliflukcji.

W ciągu 50-lecia, które upłynęło od tej publikacji, znaleziono liczne kopalne zaburzenia osuwiskowe; problematyką tą zajmowało się wielu badaczy i powstała obszerna literatura.

Należy zresztą podkreślić, że osuwiska podmorskie nie są fenomenem sedimentacyjnym. Poznano je ostatnio w wielu utworach odmiennych od siebie facjalnie i wiekowo. Wielu geologów nie zwracało dawniej większej uwagi na struktury skał, koncentrując swoje obserwacje i badania na oznaczaniu wiekowym zespołów warstw i ich ewentualnej przydatności. Dlatego prawdopodobnie w wielu znanych już seriach można będzie stwierdzić zaburzenia wywołane przez te procesy.

Przeprowadzenie dokładnej analizy procesów współczesnych napotyka w odniesieniu do pomorskich osuwisk na poważne przeszkody. Powodem tego są nie tylko utrudniające obserwacje głębokości, na których występują dzisiejsze osady spływowe. Osuwiska zaobserwowano we wszystkich prawie strefach głębokościowych mórz. Znane są zjawiska tego rodzaju, zachodzące na przedpolu delt, na wybrzeżu, w głębszych i płytszych partiach szelfu, na skłonie kontynentalnym i największych głębiach otwartych oceanów.

Bardziej szczegółowe badanie utworów leżących na większych głębokościach jest rzeczywiście utrudnione, lecz główną przeszkodą uniemożliwiającą częstokroć dokładne rozpoznanie zjawiska jest brak konsolidacji materiału. Z tej przyczyny specyficzne struktury spływowe osadów mogą być i bywają z łatwością niszczone przy pobieraniu próbek i innych kontaktach niezbędnych przy badaniu. Dlatego wiadomości nasze o współczesnych zsuwach podmorskich mimo publikacji *Archangielskiego*,

(1930), K u e n e n a (1952), S h e p a r d a (1948) i innych są fragmentaryczne i raczej niedostateczne. Poczyniono już próby rekompensaty luk w poznaniu spływów współczesnych przez badania laboratoryjne, które pozwalają na odtworzenie podstawowych zespołów warunków panujących na dnie morskim. Prace tego rodzaju mają duże znaczenie ze względu na możliwość dokładnej obserwacji wszystkich etapów badanych zjawisk geologicznych. Jednakże przy transponowaniu wyników badań eksperymentalnych na konkretne procesy zachodzące w przyrodzie zawsze występują duże trudności. Związane jest to z olbrzymią dysproporcją ilości czynników naturalnych i badanych w laboratoriach, dlatego badania doświadczalne, mimo że ułatwiają zrozumienie problemów, definitywnie ich nie rozwiązują.

GENEZA

Zarówno osuwiska podmorskie, jak i powierzchniowe są wynikiem działania siły grawitacyjnej. Powstają, gdy siła ciężkości przewyżczy opór stawiany przez tarcie zachodzące między poszczególnymi cząsteczkami skały. Tarcie to uzależnione jest od kształtu i wielkości ziaren, a także od stopnia wilgotności oraz od składu mineralnego ziaren. Siły grawitacyjne natomiast zależą od ciężaru osadu, od jego kąta nachylenia. Ażeby sedyment utrzymywał się w równowadze, tarcie wewnętrzne musi być większe lub przynajmniej równe siłom grawitacyjnym.

Matematyczne uogólnienie zależności, zachodzących między siłami ciężkości a siłami tarcia wewnętrznego, możemy wyprowadzić przez analogię między procesem ścinania, który powoduje osuwisko, a procesem zachodzącym na równi pochyłej. Należy jednak pamiętać, że charakter sił tarcia w skale jest znacznie bardziej skomplikowany niż przy przesunięciu ciała stałego po równi pochyłej.

Poślizgowi ciała, znajdującego się na równi pochyłej, przeciwdziała siła tarcia wywołana działaniem składowej ciężaru ciała (C) i składowej prostopadłej do powierzchni poślizgu (N). Poślizg ciała można wywołać przez zwiększenie kąta nachylenia równi (γ)

$$T = fN,$$

współczynnik tarcia:

$$f = \frac{T}{N},$$

$$\frac{T}{N} = \frac{C \sin \gamma}{C \cos \gamma}.$$

Więc

$$\frac{T}{N} = \frac{C \sin \gamma}{C \cos \gamma} = \operatorname{tg} \gamma,$$

zatem

$$T = N \operatorname{tg} \gamma.$$

Warunki równania zostają spełnione, gdy siła ścinająca (S) i siła hamująca (T) są sobie równe. Osad utrzymuje się w równowadze, gdy

$$T = N \operatorname{tg} \gamma.$$

Natomiast, gdy stosunek ten przesuwają się na korzyść prawej strony równania, następuje zaburzenie równowagi układu, czego efektem jest osuwisko.

Mamy więc trzy zasadnicze czynniki warunkujące podwodny ruch masowy:

- 1) nachylenie powierzchni akumulacji,
- 2) wielkość sił tarcia (spoistości),
- 3) ciężar sedymentu.

NACHYLENIE POWIERZCHNI AKUMULACJI

Badania dna morskiego prowadzone przez liczne ekspedycje oceanograficzne pozwoliły na poznanie faktów utrzymywania się osadu na bardzo dużych nachyleniach, dochodzących do 40° . Jednak z drugiej strony te same badania pozwoliły stwierdzić liczne wypadki braku osadów na tego rodzaju spadkach. Wydaje się, że nieskonsolidowana pokrywa osadowa w bardziej nachylonych partiach dna morskiego jest niepełna i nierównomierna. W wypadkach skrajnie dużych nachyleń, jakie przyjmują świeże sedymenty, zawsze trzeba się liczyć z możliwością syndepozycyjnej diaogenezy.

Dane uzyskane eksperymentalnie na drodze badań laboratoryjnych dowodzą jednak istnienia względnie dużego kąta nachylenia świeżych niescementowanych osadów. Badania przeprowadzone nad cienkimi warstwami sedymentów okruchowych dały następujące wyniki:

piasek nieotoczony	43°
„ otoczony	38°
muł	30°

Są to maksymalne kąty nachylenia osadów, przy których ich równowaga nie zostaje zakłócona. Należy podkreślić, że dane te dotyczą warstw bardzo cienkich. W miarę wzrastania miąższości osadu kąt równowagi zmniejsza się proporcjonalnie. Dlatego grubsze partie osadów nie mogą utrzymać się na spadkach tego rzędu bez współczesnej osadzaniu konsolidacji.

W ubiegłym stuleciu większość badaczy przypuszczała, że dna mórz, a już na pewno dna otwartych oceanów są płaskie. Dokładniejsze badania prowadzone przy pomocy echosondy ujawniły niesłuszność tych twierdzeń. Badania te dowiodły, że dna zbiorników morskich bynajmniej nie są płaskie, że mają one deniwelacje względne tego samego rzędu co powierzchnie lądów. Stwierdzenie to ma dla nas duże znaczenie. Pozwala ono na wyprowadzanie wniosku o pierwotności nachylenia powierzchni akumulacji. Fakty tego rodzaju były znane już dawniej, lecz wskutek niepełności danych obserwacyjnych uważano, że nachylenia pierwotne płaszczyzn akumulacji mogą mieć miejsce tylko w niektórych typach facjalnych, jak np. na stokach podwodnych wulkanów, raf koralowych i w strefie brzeżnej. Obecnie możliwości pierwotnych nachyleń rozcigamy na prawie wszystkie obszary sedimentacyjne i facjalne. Oczywiście osady składane na nachylonym dnie będą przyjmować jego kształty i utwory tam składane będą pierwotnie nachylone.

Ważniejszy od stałej pierwotnej inklinacji jest wzrost nachylenia powstały w czasie osadzania. Tego rodzaju zmiany, najogólniej rzecz biorąc, dokonywać się mogą dwójako — na drodze diastroficznej i sedymentacyjnej.

Zmieniające kąt nachylenia procesy diastroficzne mogą mieć miejsce w obszarach aktywnych sejsmicznie, na terenie odmładzanych uskoku lub współczesnych fałdowań. Przypuszczalnie zachodziły one dość często w morzach fliszowych. Wywołane przez nie zaburzenia mają stosunkowo duże rozmiary. Na przykład opracowane przez O. T. Jonesa (1937) osuwiska z Denbigshire (Płn. Walia), powstałe wskutek zmian kąta nachylenia osadów fliszowych podczas ruchów geosynkliny kaledońskiej, osiągają bardzo często kilkaset metrów długości i kilkadziesiąt mierzoności. Podobne rozmiary mają znane z trzeciorzędu Peru i Ekwadoru (B. Brown, 1939 i R. C. Bardly, 1938) osuwiska podmorskie, których powstanie R. C. Bardly przypisuje odmładzaniu uskoku kontynentalnego (oddzielającego Andy od Pacyfiku) i związanymi z tym nagłymi zmianami nachylenia.

Niewątpliwie zarówno w obu wyżej wymienionych przypadkach, jak we wszystkich ich analogiach dużą rolę odgrywały także trzęsienia ziemi. Wskutek drgań skały ilaste o dużej zawartości wody przechodzą w stan solu — upłynniają się. Dlatego trzęsienie dna może spowodować poruszenie osadów, leżących pod kątem nachylenia mniejszym od krytycznego. Drgania sejsmiczne uważane są przez Fr. Shepparda (1947) za główną siłę motoryczną osuwisk, odbywających się na dnach głębokich oceanów, w strefie powolnej i równomiernej sedymentacji.

Do ważniejszych czynników natury sedymentacyjnej należą:

- 1) nierównomierna akumulacja,
- 2) zróżnicowana ściśliwość,
- 3) współczesna erozja.

Przykładem nierównomiernej akumulacji mogą być delty, gdzie w partiach wyższych, położonych bliżej ujścia rzeki, pozostaje więcej osadu niż w częściach leżących dalej od niego. W ten sposób spadek powiększa się. Proces ten zresztą ma miejsce nie tylko w deltach, a we wszystkich prawie podmorskich obszarach akumulacyjnych, gdzie występuje jeden kierunek transportu materiału. Równie dobrym przykładem może być sedymentacja na stokach podmorskich wulkanów i na skłonie kontynentalnym. W obu wypadkach osadzanie odbywa się głównie w środkowej części stoku, powodując jego wybrzuszenie. Ruchy masowe dążą do zniwelowania tych wybrzuszeń¹.

Zróżnicowaną ściśliwość osadów wynikłą z rozmaitego ich składu niektórzy badacze traktują jako jedną z ważniejszych przyczyn deniwelacji dna o genezie sedymentacyjnej. Ściśliwość mas skalnych zależy od wielu czynników. Najważniejszymi z nich są: stopień uwodnienia skały oraz jej skład granulometryczny i mineralny. Osady o niższej za-

¹ Transport materiałów w dół skłonu kontynentalnego lub innej nachylonej powierzchni podmorskiej odbywa się głównie dzięki ruchom masowym (zarówno dyspersyjnym jak niedyspersyjnym), które przenoszą go etapami coraz niżej, dążąc do zniwelowania spadku skłonu. Przy czym spadek ten wcześniej zmniejsza się u dołu niż u góry powierzchni nachylonej.

wartości wody i o większym ziarnie są mniej ściśliwe od bardziej uwodnionych i drobnoziarnistych. Z tego powodu przy obciążeniu niezestalonych sedymentów przez skały nadkładu mogą powstawać różne odkształcenia. Prowadzi to do lokalnych zmian nachylenia dna. Przyjmuje się, że zjawiska tego rodzaju mogą odgrywać pewną rolę w strefach szybkiej akumulacji materiału okrucowego.

Współczesna erozja. Jak wykazują badania oceanograficzne, w morzach dzisiejszych istnieją olbrzymie obszary pozbawione współczesnej sedymentacji i poddane czynnikom erozyjnym. Niemniej częste są ślady erozji podmorskiej w osadach kopalnych. Siła i charakter tych czynników oraz ich efekty wahają się w dużych granicach. Obok delikatnych ruchów wody dennej umożliwiających wg K. Smulikowskiego (1954) tworzenie się na twardych dnach agregatów glaukonitu, przykładowo wymienić można prąd wyrównawczy wypływający z Morza Śródziemnego, któremu Fr. Sheppard (1947) przypisuje znaczne pogłębienie Cieśniny Gibraltarskiej oraz prądy zawiesinowe żłobiące wg P. H. Kuenena (1938 i 1952) głębokie do ponad 1000 m kaniony podmorskie w skonsolidowanych, nierzadko krystalicznych skałach stoku kontynentalnego². W pewnych wypadkach silna erozja może zachwiać naturalną równowagę zbocza i spowodować ruchy masowe.

Mówiąc o nachyleniu powierzchni akumulacji należy zastanowić się nad nachyleniem krytycznym. Wspomniałem już, że zależy ono głównie od charakteru i miąższości osadu. Dlatego też może zarysowują się na tym polu dość duże różnice zdań wśród badaczy. Najlepiej ilustrują to poniższe dane. W. H. Twenhoffel (1950) uważa za nachylenie krytyczne dobrze wysortowanego osadu drobnoziarnistego 10—15°, P. H. Kuenen (1952) określa je w dość dużych granicach od 7—34°: dotyczy to warstw o różnym charakterze litologicznym grubości 1 cm. Grabau (fide W. H. Twenhoffel, 1952) obserwował zsuwy w jeziorze przy nachyleniu 2°34', podczas gdy Archangielski (fide W. A. Priklowski, 1955) podaje 1—1½° jako nachylenie wystarczające, aby zachodziły ruchy osuwiskowe w ilach zalegających dno Morza Czarnego.

TARCIE WEWNĘTRZNE

Zmiany tarcia wewnętrznego w skałach są czynnikiem głównym, decydującym niejednokrotnie o powstaniu osuwisk subaeralnych. Zmiany te związane są z różną wilgotnością utworów. Tarcie wewnętrzne rozmaitych typów skał zależy bowiem od ich wilgotności. W warunkach lądowych w strefie powierzchniowej skały rzadko osiągają stan pełnego nasycenia wodą. Toteż po ulewnych deszczach lub w czasie roztopów, gdy w głąb ziemi wsiąkają duże ilości wody, wilgotność skał zwiększa się, co w wyraźnym stopniu wpływa na osłabienie ich spistości (tarcia wewnętrznego) i często powoduje gwałtowne zsuwy i obrywy. Zjawiska tego rodzaju mogą osiągać wielkie rozprzestrzenienie i przemieszczać olbrzymie masy skalne. W klimacie zimnym dużego znaczenia nabierają zmiany tarcia wewnętrznego wywołane przez zamarzanie i rozmarzanie gruntów. Znajdują one

² Geneza kanionów podmorskich nie należy do zagadnień całkowicie wyjaśnionych, pogląd Kuenena jest jednym z wielu wysuwanych tłumaczeń.

swoje odbicie w procesach określanych terminem soliflukcja lub w węższym znaczeniu — kongeliflukcja.

Oczywiście, tego rodzaju czynniki na dnie mórz czy oceanów nie działają i działać nie mogą. Sedymenty osadzone i znajdujące się pod stałą pokrywą wodną nie są narażone ani na nagły wzrost wilgotności, ani na zamarzanie. Spoistość w świeżo powstałych osadach jest bardzo mała. Ich konsystencja przypomina rzadkie błoto. Łatwo to sobie uzmysłować, gdy zwrócimy uwagę na to, że zawierają one ponad 40% objętościowych wody. Tarcie jest mniejsze wewnątrz samych nowo powstałych osadów, niż między nimi a stałym podłożem. Nic dziwnego, że ta półpłynna przeważnie bardzo plastyczna masa wykazuje dużą ruchliwość i z łatwością ulega osuwaniu się.

Zmiany spoistości nie mają na ogół większego znaczenia dla spowodowania spływu. Do nielicznych czynników progresywnych tego rodzaju należą tzw. zmiany tiksotropowe zachodzące w skałach ilastych pod obciążeniem. Proces ten polega na gwałtownym upłynnieniu często już stwardniałych osadów wskutek zniszczenia ich struktury przez ciśnienie lub wstrząs. Natomiast w skałach grubiej ziarnistych pod wpływem wzrastającego obciążenia może nastąpić wyciśnięcie wody z warstw głębszych. Ruch ten skierowany do góry niszczy naturalną strukturę osadową skał, osłabia ich spoistość. Oba opisane zjawiska zachodzą na większą skalę tylko przy stosunkowo szybkiej sedymentacji.

Większość procesów intensywnie działających na dnie morskim przeciwdziała ruchom osadów, zwiększa ich spoistość, zestala. Mowa tu głównie o procesach diagenety, która bardzo często zaczyna się i osiąga duże nasilenie już w czasie sedymentacji i zaraz po niej. Wszystkie zjawiska wywołujące diagenetę, jak ciśnienie nadkładu (gdy nie powoduje efuzji wody ani zjawisk tiksotropowych), odwodnienie, rekrytalizacja, cementacja, mają podobne skutki: konsolidują osad, zwiększają jego tarcie wewnętrzne. Dlatego ruchliwość zależy od jego składników i szybkości osadzania. Najbardziej sprzyja jej szybka akumulacja osadów drobnoziarnistych.

CIEŻAR SEDYMENTU

W zakończeniu poprzedniego rozdziału wspomniano, że szybka akumulacja sprzyja osuwiskom. Pominawszy omówione już zagadnienia tiksotropii i wzrostu nachylenia, wywołanego przez szybką sedymentację, znajduje ona swoje odbicie w zwiększającej się grubości warstw. Wiadomo już, że udział skał w osuwiskach podmorskich zależy od ich spoistości, którą w wybitny sposób zwiększają zjawiska diagenetyczne, i że większa część tych przemian dla dokonania się potrzebuje pewnego czasu. Dlatego szanse powstania osuwiska zwiększają się, jeżeli wzrost ciężaru osadu jest szybszy niż działalność zestalająca procesów diagenety.

Tym niemniej obserwowane są osuwiska, odbywające się na dnach otwartych oceanów z dala od lądu, gdzie sedymentacja zachodzi powoli i równomiernie. Streszczając powyższe, możemy powiedzieć, że jeżeli tarcie wewnętrzne i nachylenie pozostają bez zmian, jedyna przyczyna zsuwu leży w nieustającej sedymentacji. Prowadzi ona do zwiększenia ciężaru osadu. Stosunek T do $C \sin \gamma$ zmienia się w takich wypadkach na korzyść zsuwu.

Nieprzerwana akumulacja jest głównym motorem większości znanych spływów i zsuwów podmorskich.

Osuwiska podmorskie, jak widać z powyższego omówienia, uzależnione są od dużej ilości procesów, zachodzących w czasie samego osadzania, jak również bezpośrednio po nim. Można jednak dokonać pewnej selekcji i z wielu czynników wybrać kilka najistotniejszych, posiadających największe znaczenie dla omawianych zjawisk. W tak utworzonej hierarchii czynników największą wagę przywiązywać należy do następujących:

- 1) szybka sedymentacja,
- 2) powolna diagenеза,
- 3) erozja dna powodująca większe deniwelacje,
- 4) ruchy diastroficzne i trzęsienie dna.

WYGLĄD I SYSTEMATYKA

Płaszczyzny sedymentacji są najczęściej równoległe do podłoża, efektem tego jest zgodność uwarstwienia skał osadowych. Powstanie dyskordancji najczęściej wiąże się z działalnością górotwórczą.

Granica między warstwami zaburzonymi i niezaburzonymi przez osuwiska podobna jest do kontaktu utworów, których osadzenie rozdzielała faza tektoniczna. Najbardziej różniącym elementem jest wielkość. Sam bowiem wygląd warstw zaburzonych przez osuwiska można porównywać z tektoniką obszarów geosynklinalnych. Paralelizmy te idą tak daleko, iż możliwe się stało stworzenie teorii tektonicznych przypisujących formowanie struktur górotworów grawitacyjnemu spełzywaniu olbrzymich mas skalnych. Zwolennicy tej hipotezy, do których należał między innymi sławny M. L u g e o n przyjmują, że spełzwanie to zachodzi najprawdopodobniej pod trwałą pokrywą wodną, czyli oprócz rozmiarów nie byłoby większej różnicy między typowymi opisanymi tu osuwiskami podmorskimi a wielkimi formami tektonicznymi. Dyskusja tych poglądów wykracza poza ramy nakreślone tematem artykułu. Jednakże na zakończenie dygresji warto przytoczyć zdanie P. H. K u e n e n a (1949), który wspomina, że typowe zaburzenia osuwiskowe nie mają wyraźnie zarysowanych charakterystycznych dla form tektonicznych podłużnych osi (synklin i antyklin). Abstrahując od tej niezupełnie jeszcze pewnej różnicy podstawową cechą rozróżniającą pozostaje miąższość zaburzeń oraz ich ścisła syngenetyczność z osadem.

Miąższość zaburzeń osuwiskowych sensu stricto osiąga maksymalnie 300 m, przeważnie jednak są to formy małe, do kilku metrów grubości. Najczęściej spotykane są drobne zafałdowania, którym podlegają warstwy do kilkunastu cm miąższości. Kształt struktur jest dość różny, często występują w przekrojach jako płaskie soczewki, których rozciągłość boczna jest na ogół proporcjonalna do miąższości i kilkakrotnie ją przewyższająca.

Przebieg ześlizgów podwodnych, ich szybkość i wyniki w bardzo dużej mierze zależą od materiału biorącego udział w zsuwie, od powierzchni ślizgu oraz kąta nachylenia.

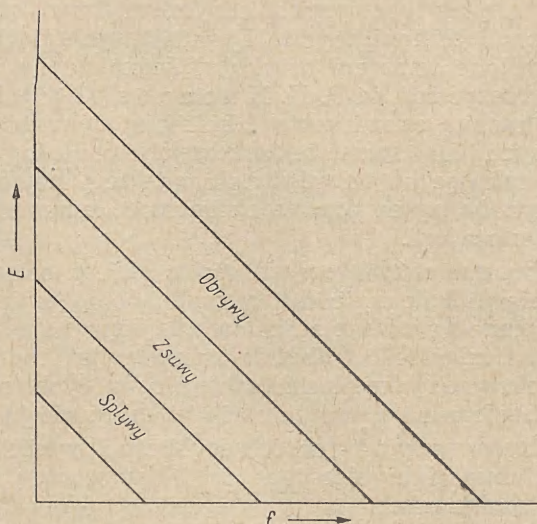
Większość osuwisk, poruszająca sedymenty miękkie, ma charakter zbliżony (oczywiście morfologicznie a nie genetycznie) do soliflukcji. Przypomina ją powolnością ruchu oraz sposobem zafałdowań. Osuwiska o dużej

prędkości częściej niż powolne spowodowane są przez przypadkowe zaburzenie równowagi stałego już układu leżącego na podmorskim zboczu. Zsuwy gwałtowne ograniczone są głównie do względnie stromych zboczy dna i do osadów skonsolidowanych.

Nie mamy jeszcze opracowania ujmującego zjawiska podmorskich ruchów masowych w tego rodzaju syntezę, jaką jest w odniesieniu do ich subaeralnych homologów praca A. Kleczkowskiego (1955). Stwarzało to duże trudności w użyciu konsekwentnej nomenklatury polskiej. Potęgował je fakt, że autorzy zajmujący się tymi zjawiskami poprzestają najczęściej na opisie poszczególnych aspektów deformacji lub genezy warstw zaburzonych.

Gdy ze względu na sporadyczność i duże podobieństwo do typowych osuwisk podmorskich wyłączy się z rozważań ruchy masowe rozpoczęte na lądzie i zakończone na dnie morskim (M. Książkiewicz, 1954, przypisuje ten charakter osuwisku, które utworzyło słynną brekcję egzotykową z Bachowic), wtenczas podmorskie ruchy masowe można podzielić na dwie wielkie klasy: osuwiska i prądy zawiesinowe. Rozdzielenie ich, konieczne ze względów systematycznych, prowadzi do uproszczenia problematyki, ponieważ są to zjawiska genetycznie jednorodne. W odpowiednich warunkach szybkie osuwisko może ulec przemieszaniu z wodą, tak że rozproszony sedymencie sformuje poruszającą się nad dnem chmurę zawiesiny — prąd zawiesinowy.

St. Dżułyński znalazł we fliszu podhalskim wypadki bezpośredniej kontynuacji zaburzeń osuwiskowych przez ławice frakcjonalnie warstwowane. Fakt ten zdaniem St. Dżułyńskiego świadczy, że część masy osuwiska sformowała prąd zawiesinowy, oraz najdobitniej udowadnia bezpośredni związek obu zjawisk (wypowiedź na posiedzeniu Warszawskiego Oddziału PTG w dniu 7.II.58 r.).



Rys. 1. Diagram ilustrujący zależności między rodzajem osuwiska, stopniem konsolidacji osadu (f) i średnią energią ruchu (E).

Osuwiska podmorskie sensu stricto są to ruchy masowe odbywające się pod stałą pokrywą wodną, przemieszczające materiał jednofazowy — mimo nasycenia wodą nie noszący charakteru zawiesiny. Poszczególne grupy zjawisk osuwiskowych różnią się od siebie głównie rodzajem sedymentu biorącego udział w ruchu oraz jego energią.

Nomenklaturę i podział przyjąłem analogicznie do klasyfikacji osuwisk subaeralnych proponowanej przez A. Kleczkowskiego (1955). W myśl tego terminu „obryw” używam w odniesieniu do szybkich ruchów mas sztywnych po przekroczeniu ich wytrzymałości na ścinanie, których początkiem jest oderwanie pewnych partii zdiagenezowanego sedymentu ze zbocza, a wynikiem przeważnie zbrekcionowanie materiału. Zsuwy — ruchy materiału na ogół bardziej plastycznego niż w wypadku obrywów, dające przeważnie deformacje ciągle warstw i posiadające określoną powierzchnię ześlizgu. Spływy — ruchy sedymentów plastycznych i półplastycznych bez sprecyzowanej płaszczyzny przemieszczeń.

W każdym wypadku powstanie odpowiedniego rodzaju ruchu osuwiskowego uwarunkowane jest stopniem konsolidacji osadu i jego energią. Zależności te ująłem w formie graficznej w diagramie (rys. 1).

Najczęściej rozpatrywany aspekt podmorskich osuwisk są ich wyniki — struktury wywołane w skałach osadowych dzięki ich działalności. Dlatego stosowana klasyfikacja tych zjawisk oparta jest na rodzajach deformacji warstw. Podział ten jest oczywiście sztuczny i niedokładnie oddaje podobieństwo genetyczne poszczególnych typów zaburzeń, jednak ze względu na swoją użyteczność musi być zachowany, trudno bowiem nie opierać się na zewnętrznych podobieństwach deformacji, gdy nie mamy podstaw do zbudowania systemu całkowicie naturalnego, który dałby zastosować się w praktyce.

Większość badaczy zajmujących się klasyfikacją struktur osuwiskowych wyróżnia za A. Haddingiem (1931) dwie ich wielkie klasy: deformacje osuwiskowe warstw ciągłe i nieciągłe. W wyniku pierwszych powstają wszelkiego rodzaju zafałdowania oraz pocięcia warstw i warstewek, efektem drugich są brekcje i zlepienie³.

DEFORMACJE OSUWISKOWE NIECIĄGŁE

Przy szybkiej diagenezie powstają stromo leżące ławice sztywne, które wskutek przeciążenia lub impulsu zewnętrznego mogą ulec obrywowi. Ruch tego rodzaju sedymentu jest na ogół szybki, niejednokrotnie odbywa się gwałtownie i to tym gwałtowniej im silniej działał wzbudzający go impuls.

Dzięki nierównomierności stopnia konsolidacji oraz właściwym wszystkim osuwiskom elementom rotacyjnym ruchu te sztywne lub półsztywne ławice ulegają daleko idącym strzaskaniom. Efektem zsuwów i obrywów podmorskich tego typu są w wypadku skrajnie silnych strzaskań skały o strukturze brekcji, znane w literaturze angielskiej jako *edgewise conglomerate*. Cechą charakterystyczną tych „konglomeratów stojących na

³ Między poszczególnymi rodzajami deformacji osuwiskowych nie ma granic, tworzą one szereg ciągły. Pociążowanie ich użyteczne przy omawianiu i klasyfikacji jest „sprzecznym z założeniami przyrody pomysłem człowieka”.

sztorc“, jak brzmi dosłownie tłumaczenie terminu, jest bezładne ułożenie fragmentów. Ten element strukturalny decyduje o wykluczeniu możliwości osadzenia tego materiału przez wodę. Bowiem brak w tej brekcji orientacji przestrzennej oraz selekcji świadczy, że fragmenty niesione były nie przez mało lepka ciecz, ale przez gęstą braję osuwiska. W wielu wypadkach przyczyny tak specyficznej struktury tych utworów należy dopatrywać się w nierównomiernej diagenizie, zróżnicowaniu petrograficznym itp. — czynnikach, powodujących zróżnicowanie plastyczności poszczególnych warstw i warstewek pakietu biorącego udział w ruchu.

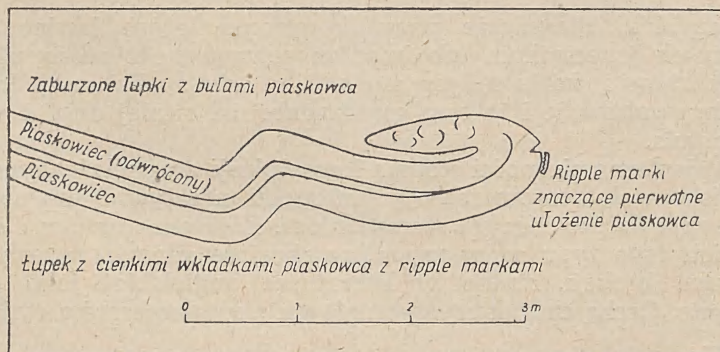
Zb. Kotański (1954) dzieli brekcie powstałe na skutek zsuwów i obrywów podwodnych na dwie podgrupy: brekcie spływowe i brekcie osuwiskowe.

„Brekcie spływowe obejmują niegrubą część świeżo osadzonego i stwardniałego osadu, nie wywierając wyraźnego wpływu na skały podłoża. Złożone są zawsze z okruchów jednej tylko warstwy. Brekcie osuwiskowe natomiast tworzą skupienia o znacznej miąższości i rozprzestrzenieniu i powstają w wyniku przemieszczenia kilku pierwotnie osadzonych warstw“.

W wypadku zsuwów o dużym rozprzestrzenieniu, gdzie ruchowi podlegają kompleksy warstw do 300 m miąższości, jak to miało miejsce w wypadkach pisanych przez R. A. Bardly (1938), ze zbrekcjonowaniem tego rodzaju nie mamy do czynienia. Zmieleniu uległy tu tylko pakiety leżące w pobliżu płaszczyzny ślizgu (nb. partie te dochodzą do 100 m miąższości). Szybkość tego ruchu przy przyjmowanym przez w/wym. autora nachyleniu 7° musiała być b. znaczna. To zdaje się świadczyć o wzrastającej wraz z miąższością (ulegającej zsuwowi warstwy lub ich kompleksu) odporności na spękania. I wzrost ten jest szybszy niż powiększenie sił niszczących.

DEFORMACJE OSUWISKOWE CIĄGŁE

Deformacje ciągłe warstw należą do efektów osuwiska w wypadkach gdy oplastyczność osadu skutecznie przeciwstawia się strzaskaniom, jakie powstają przy nagłych zmianach naprężeń w masie sztywnej. Są to prze-



Rys. 2. Synklinalny fałd leżący związany z wypłynięciem ifu spod warstwy piasku.

ważnie struktury o charakterze fałdowym, przy czym w częściach górnych zsuwu asymetryczne fałdy są otwarte i szeroko promienne, w partiach dolnych częściej mamy do czynienia z wąsko promiennymi fałdami obalonymi.

Drugim aspektem akcentującym niejednorodność zaburzenia jest podkreślony przez B. Brown a (1935) kontrast między częściami antyklinalnymi i synklinalnymi fałdów. Synkliny zafałdowane są łagodnie, antykliny zaś z reguły o wiele ostrzej i stromiej. W wypadku większych różnic petrograficznych warstw, biorących udział w ruchu, np. piaskowca i łupki — zaburzenia są dysharmonijne.

W uprzywilejowanych na spękanie osiach fałdów (czy fałdków) mogą zachodzić spękania warstw sztywniejszych, które umożliwiają wypłyńnięcie plastycznej masy ilastej na zewnątrz formujących się mikroantyklin. Wyciśnięte partie ilu rozlewają się płasko na stropie piaskowców, które w tych punktach tworzą fałdy o większym nachyleniu (rys. 2). Partie piaszczyste mogą przekształcać się w soczewkowe lub też nawet silnie powyginane wkładki, nie zachowujące łączności między sobą. Ześlizgi całych pakietów nie są cechą odnoszącą się do zaburzeń osuwiskowych par excellence. Często ławice pozostają in situ, a tylko ich stropowe partie marszczą się i fałdują. M. Książkiewicz (1949) uważa, że część zaburzeń widocznych w warstwach uległych spływowi jest pochodzenia wtórnego, powstała na drodze kompaktacji osadów osuwiska. Dotyczy to przede wszystkim samych zafałdowań. Wspomnieć tu jednak należy także o obserwowanych przez O. T. Jones a (1937), R. Barddly'ego (1938) i B. Brown a (1938) tzw. *sandstone dykes* — dajkach piaskowcowych. Są to żyły piaskowca przecinające utwory osuwiskowe, a także niez-



Rys. 3. Struktura fałdowa powstała na skutek spływu podmorskiego.



Rys. 4. Deformacje osuwiskowe w jasnych piaskowcach i ciemnych mułowcach. U dołu struktury spływowe, u góry spiralne.

burzone w rejonie działalności tych ruchów. Wiązać je można z wyciśnięciem brai piaszkowej powstałym na skutek przeciążenia miękkich osadów przez gwałtowną akumulację osuwiska (rys. 3).

A. Hadding dzieli deformacje osuwiskowe na ciągle i nieciągle. Z tych dalszemu podziałowi poddaje tylko grupę pierwszą, gdzie w zależności od stopnia zafałdowań wyróżnia struktury:

- 1) fałdkowe (*folding structure*),
- 2) spływowe (*flowing structure*),
- 3) spiralne (*spiral structure*).

Struktury fałdkowe charakteryzują małe nasilenie ruchu, bardzo często dotyczą warstw pozostających na miejscu, gdzie tylko stropowe części uległy zanikającym ku spągowi zafałdowaniom. Dzieje się to w myśl praw tarcia — najmniejsze tarcie w częściach stropowych faworyzuje intensywność zafałdowań (rys. 4).

W zaburzeniach określanym jako „spływowe“ udział biorą już całe ławice lub pakiety litologiczne. Cechują je zdublowane warstwy i silne zafałdowania (częste są fałdy obalone a nawet wsteczne). Struktury spływowe są najpospoliciej spotykanym efektem osuwisk podmorskich (rys. 4).

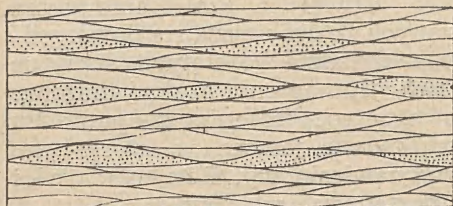
Wreszcie struktury spiralne. Warunkiem powstania ich jest, jak się zdaje, bardzo duża szybkość ruchu sedymentów miękkich. Polegają na zwinięciu się warstw, tak jak dzieje się to przy toczeniu bałwana ze śniegu. Dlatego niektórzy autorzy anglosascy określają tego rodzaju deformacje jako *snow ball structure* — struktura kuli śnieżnej. P. H. K u e n e n (1949) nie zgadza się z tym terminem, ponieważ sugeruje się, jego zdaniem, iż *snow ball structure* powstała na skutek toczenia się brył nieskonsolidowanego materiału i oblepiania leżącym tam sedymentem — a jak wiadomo struktura ta powstała nie na skutek toczenia, lecz przeładowania. Dlatego proponuje zastąpić to określenie przez *ball structure* — strukturę kulistą. We fliszu podhalskim znajdowane były typowe toceńce (kuliste bryły łupkowe oblepione na powierzchni żwirem), które K. G r z y b e k (przemówienie w dyskusji na posiedzeniu Oddz. W-wskiego PTG w dniu 7.II.58 r.) uważa za produkt osuwiska.

Większość typów zaburzeń opisanych w literaturze można włączyć do wyżej podanego schematu klasyfikacyjnego. Zdecydowanie wypadają zeń tylko dwa rodzaje deformacji wymieniane przez B. B r o w n a (1938). Są to wg nomenklatury tego autora *lensing type* — typ soczewkowaty, i *ridge type* — typ bruzdkowaty.

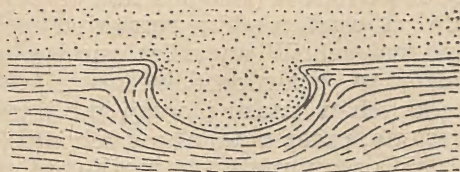
Typ soczewkowaty — struktura polega na wzajemnych przewarstwieniach wyklinowujących się cienkich soczewek piaskowca i łupku. B. B r o w n sugeruje, że jest to efektem zsuwów rozwijających się na powierzchniach nieznacznie odchylonych od płaszczyzn warstwowania (rys. 5). Typ druzdkowaty — powstaje wg tego badacza przy zsuwaniu się piaskowca po ile, jako obłe wypuklenia sedymentu piaszczystego w bardziej plastycznym pellit. Rysunek przedstawia słabo rozwiniętą formę zaburzenia. Końcowym efektem tego procesu są palczaste wtrącenia piaskowca w podłożu (Rys. 6).

Do znamion charakterystycznych dla obszarów zaburzonych przez zsuwy i spływy oprócz deformacji warstw należą:

1. w miejscach, z których zsuw wyruszył — redukcja ilości warstw,
2. w rejonie akumulacji osuwiska: nadliczbowe warstwy i pakiety oraz superpozycja ławic starszych na młodsze (rys. 7).

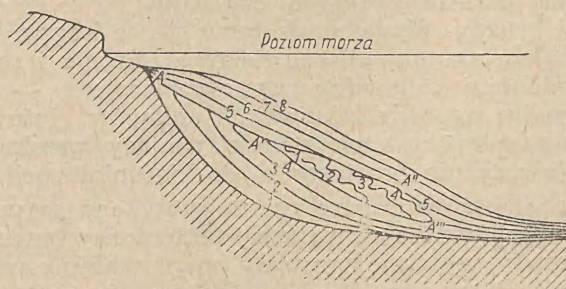


Rys. 5. Struktura soczewkowata.



Rys. 6. Struktura bruzdkowata

Jedną z bardziej istotnych cech wspólnych osadom większości osuwisk podmorskich jest ostre, gwałtowne odgraniczenie od nadkładu. Grzbiety sfałdowanych lub zbrekcowanych warstw są ścięte i wyrównane. Stosunkowo rzadziej spotyka się przykrycie struktur spływowych osadami młodszymi bez poprzedzającej erozji.



Rys. 7. Diagram pokazujący efekty zsuwów podmorskich

- A—A' powierzchnia z której zsuw wyruszył,
 A'—A'' płaszczyzna erozyjnego zrównania partii zaburzonych,
 A'—A''' powierzchnia ześlizgu.

To ostre odcięcie bez względu na obecność śladów rozmywania jest dowodem stwierdzającym syndepozycyjność zaburzeń.

Wyżej wspomnianą erozję tłumaczyć możemy:

1. W osadach nerytycznych silnym i głęboko sięgającym falowaniem wywołanym przez sztormy lub trzęsienia ziemi (*tsunami*)⁴, które mogą być nawet równoczesne, w wypadku tych ostatnich — z impulsem powodującym zsuw.

⁴ Kuenen (1952) uważa, że wysokie fale *tsunami* powstają na skutek przesunięć na dnie morskim przy powstaniu uskoków i potężnych osuwisk.

2. Dla osadów głębszych maleje prawdopodobieństwo tego tłumaczenia.

Istnieje tam natomiast możliwość erozyjnej działalności prądów zawiesinowych powstałych wskutek innych osuwisk niezbyt odległych w czasie i przestrzeni. Przypuszczenie to potwierdza znalezienie przez O. T. Jones'a (1949) osadów frakcjonowanych (które uważa się powszechnie za osad prądów zawiesinowych) w nadkładzie rozciętych struktur spływowych. W wypadku osuwisk szybkich tłumaczenia szukać możemy także w prawdopodobieństwie częściowego rozproszenia sedymentów będących w ruchu i erozji partii niższych zsuwu, jeszcze w czasie jego trwania, przez powstały w ten sposób prąd zawiesinowy. Białostocki (1955) przyjmuje także możliwość erozji następnych zsuwów.

Wspomniana przez w/wym. autora działalność erozyjna osuwisk podmorskich jest faktem bezspornym, lecz często przeoczanym, trudnym niejednokrotnie do stwierdzenia i udokumentowania. Aspekty akumulacyjne są nieporównanie łatwiej czytelnymi cechami diagnostycznymi. Są one również cechami o większym znaczeniu i właściwie tylko z ich obecności wyciągamy wniosek o istnieniu procesów osuwiskowych w czasie sedimentacji badanych utworów. Aspekty erozyjne są mniej ważne przy rozpoznaniu procesów osuwiskowych, ponieważ miejscowa erozja dna jest zjawiskiem częstym i wywołuje ją wiele różnorodnych czynników.

Czasem jednak gęsta bryła spływu czy zsuwu może erodować, tworząc w dnie kanały i bruzdy. Wygłębienia te w stanie kopalnym są z reguły zasypane materiałem akumulacji osuwiskowej. Erozja i sedimentacja są tu najprawdopodobniej całkowicie zsynchronizowane — tak jak rzecz ma się w przypadku napowierzchniowych spływów błotnych (*mudflow*). Uwidacznia to najlepiej rysunek przedstawiający przekrój jezora osuwiskowego w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku ruchu.

Zaburzenia osuwiskowe bardzo często spotykane są w utworach fliszowych. Szybka sedimentacja i niepokój tektoniczny basenów, w których tworzyły się te osady, wybitnie sprzyjały powstawaniu osuwisk. C. J. Migliorini (1950), a za nim M. Książkiewicz (1952), są skłonni uważać cały flisz za osad prądów zawiesinowych powstałych najprawdopodobniej przez dyspersję osuwisk. Nic też dziwnego, że większość opisanych w literaturze kopalnych zaburzeń osuwiskowych znaleziona została w tym właśnie typie osadów. We fliszu karpackim opisuje je M. Książkiewicz (1949), Zb. Obuchowicz (1953), J. Gołąb (1951), St. Dłużyński, A. Radomski (1957), Br. Halicki, K. Grzybek (1958) praca w druku. C. B. Brown (1938), A. R. Bardly (1939) znaleźli liczne osuwiska w trzyczłonowych utworach tego typu w Andach, a praca O. T. Jonesa (1938) poświęcona jest osuwiskom z kaledońskiego fliszu Walii. Z geosynklynalnych osadów triasu tatrzańskiego opisuje je Z. Kortański (1955). Dość liczne zaburzenia osuwiskowe znane są także z osadów szybko zapadających basenów przedgórskich. W tej sytuacji geologicznej powstały zaburzenia rozpoznane przez J. R. Coopera (1943) w karbonie stanu Ohio (USA) i P. H. Kuenena (1949) w karbonie południowej Anglii oraz wspomniane przez H. Teyssere'a (1952) osuwiska w kulkach wałbrzyjskim. W przedgórskim miocenie Apeninów znalazł je C. Beets (1946). W osadach epikontynentalnych występują osuwiska opisane przez A. Haddinga (1931) z liasu Skani oraz St. Siedle-

k i e g o (1955), który ich działaniu przypisuje „falistość“ wapieni falistych triasu śląskiego.

Osuwiska subakwalne miały miejsce także w jeziorach, jak np. zsuw w jez. Zuger opisany przez A. Heina (1908), czy zaburzenia osuwiskowe znane dzięki pracy W. R. Fairbridge'a (1947) z permo-karbońskich łąw warwowych Australii.

Współczesne osuwiska podmorskie znane są z wybrzeży Japonii, Północnego Atlantyku, Morza Czarnego (Archangielski, 1930) i wielu innych mórz i oceanów.

Kopalne osuwiska podmorskie znane są, jak już to podkreślałem, głównie ze skał piaskowcowo-łupkowych i z wapieni marglistych. Nie znaczy to, że tylko tego typu osady mogą brać udział w omawianych procesach. Nie są one przecież więcej predysponowane do ześlizgów niż jednorodne wapienie, margle, ily czy piaski. Dominującą rolę odgrywa tu kwestia zachowania śladów zaburzeń. W skałach, które posiadają dobrze wykształconą strukturę warstwową (jak to się dzieje we fliszu) lub choćby cienkie przewarstwienia odmiennych osadów (np. rozdzielone warstewkami łu sedymenty wapienne), deformacje są dobrze widoczne. Natomiast w osadach jednorodnych, pierwotnie bezstrukturalnych, wszelkie zaburzenia są nieczytelne. Dlatego trudno uważać jakieś typy litologiczne za szczególnie uprzywilejowane w podwodnych ruchach masowych. Czynnikiem predysponującym jest nie litologia, a całokształt procesów geologicznych, zachodzących w danym rejonie dna morskiego.

*

Artykuł ten powstał jako rozszerzenie referatu seminaryjnego opracowanego w 1954 r. pod kierunkiem kand. nauk Z. K o t a ń s k i e g o. Jemu to oraz prof. dr E. Passendorferowi czuję się w miłym obowiązku złożyć wyrazy wdzięczności za życzliwe uwagi i zachętę do sfinalizowania tej pracy.

X KONGRES MIĘDZYNARODOWEJ UNII ASTRONOMICZNEJ

Kongresy Międzynarodowej Unii Astronomicznej odbywają się co 3 lata. Unia powstała w 1919 r. i zasadniczym jej zadaniem jest ułatwianie związków między astronomami różnych krajów, gdzie międzynarodowa współpraca jest konieczna lub użyteczna, oraz popieranie rozwoju światowego astronomii we wszystkich jej działach. Do Unii należą państwa przeważnie za pośrednictwem akademii naukowych. Polska należy do Międzynarodowej Unii Astronomicznej od 1922 r. Organizacją, która reprezentuje Polskę w Unii, była do r. 1952 Polska Akademia Umiejętności w Krakowie, a od 1952 r. jest nią Polska Akademia Nauk. Astronomowie polscy brali żywy udział w pracach Unii. Nie tylko uczestniczyli we wszystkich kongresach, ale dwukrotnie w dziejach Unii wiceprezesem Unii byli Polacy, pierwszy raz Tadeusz Banachiewicz (1882—1954), z Krakowa, w latach 1932—1938, drugi raz autor niniejszego artykułu w latach 1952—1958.

Kongresy Międzynarodowej Unii Astronomicznej są zawsze doniosłym wydarzeniem w życiu astronomii światowej. Gromadzą one astronomów ze wszystkich krajów naszej planety, gdzie tylko są uprawiane badania astronomiczne, i dają sposobność do generalnego przeglądu postępu we wszystkich działach astronomii. Astronomia jest obecnie nauką bardzo rozległą z wieloma wewnątrz niej specjalnościami. Wymaga to na kongresach dyskusji w bardziej ścisłych gronach fachowców. Stąd wynikł podział Unii na blisko 40 specjalnych komisji naukowych.

Głównymi agendami Kongresu są zebrania Komisji, w celu przedyskutowania sprawozdań złożonych przez przewodniczących komisji i podejmowania uchwał wynikających z potrzeby współpracy międzynarodowej w rozwiązywaniu aktualnych zagadnień astronomicznych. W celu dyskusji nad szczególnie aktualnymi problemami astronomicznymi są organizowane sympozjony, gromadzące wszystkich uczestników kongresu. Taki charakter miał również X Kongres Międzynarodowej Unii Astronomicznej, który odbywał się w Moskwie w dniach od 12 do 20 sierpnia 1958 r.

Uroczyste otwarcie Kongresu nastąpiło wieczorem 12 sierpnia w wielkiej sali Kolumnowej Domu Związków Zawodowych. Zwyczajem przyjętym na kongresach MUA powitał Kongres przedstawiciel rządu ZSRR wicepremier A. N. Kosygin; przemawiali następnie wiceprezes Akademii Nauk ZSRR — A. W. Topczyjew, prezes Unii A. Danjon i przewodniczący Komitetu Organizacyjnego W. A. Ambarcumian.

Na drugi dzień, 13 sierpnia, było pierwsze plenarne posiedzenie, na którym Komitet Wykonawczy składał sprawozdanie za ubiegłe 3-lecie od czasu ostatniego kongresu i przedkładał wnioski natury organizacyjnej. Komitet wykonawczy działający w okresie sprawozdawczym miał skład następujący: prezes — A. Danjon (Francja), wiceprezesi — A. Couder (Francja), O. Heckmann (NRF), B. W. Kukarkin (ZSRR), E. Rybka (Polska), P. Swings (Belgia), R. v. d. Wolley (Wielka Brytania) sekretarz generalny — P. Th. Osterhoff (Holandia) Po po-

ludniu tegoż dnia odbyło się pierwsze wspólne posiedzenie naukowe pod nazwą *Połączone dyskusje nad obserwacjami astronomicznymi ze sztucznych satelitów Ziemi, rakiet i balonów*, a następnego dnia zaczęły się posiedzenia komisji, uzupełnione sympozjonami i połączonymi dyskusjami.

Wszystkie posiedzenia odbywały się w nowym Uniwersytecie Moskiewskim na Wzgórzach Leninowskich. Pomieszczenia uniwersyteckie doskonale się nadawały do tego celu ze względu na wielkie audytoria i nowoczesne urządzenia gmachu. Wielkie pomieszczenia były konieczne z uwagi na wielką ilość uczestników, przybyli bowiem na kongres prawie wszyscy członkowie Unii, około 800 na ogólną liczbę 860 członków, a poza tym brało udział w nim przeszło 400 zaproszonych gości. Potrzebne więc były sale, mogące pomieścić przeszło 1000 uczestników. Taką salą była wielka aula uniwersytetu z 1500 miejscami. Obrady toczyły się w trzech językach, angielskim, francuskim i rosyjskim, przy tym przemówienia wygłaszane w jednym z tych języków były natychmiast tłumaczone na dwa pozostałe, słuchacze więc zaopatrzeni w słuchawki mogli słuchać przemówień w dowolnym spośród tych języków.

Jest niepodobieństwem w krótkim artykule dać choć pobieżny przegląd wszystkich problemów omawianych na zebraniach Kongresu. Ograniczę się więc tylko do pobieżnego scharakteryzowania problematyki, poruszanej na sympozjonach i połączonych dyskusjach. Krótko omówię przy tym udział astronomów polskich, w szczególności z Obserwatorium Krakowskiego, w obradach komisji.

Sympozjony dotyczyły dwóch grup zagadnień. Pierwszy nosił nazwę *Sympozjon nad wykresem Hertzsprunga-Russella* — drugi *Sympozjon nad ruchem obrotowym Ziemi i standardami atomowymi czasu*. W pierwszym sympozjonie referaty koncentrowały się dookoła doniosłej statystycznej zależności, między dwiema podstawowymi charakterystykami gwiazd, widmem i wielkością absolutną. Zależność ta została wykryta w 1906 r. przez duńskiego astronoma Ejnara Hertzsprunga, który mimo swych 85 lat był obecny na kongresie w Moskwie i brał udział w jego pracach. Pierwsza część sympozjonu dotyczyła danych obserwacyjnych, na których opiera się wykres zależności widmo-wielkość absolutna. Wstępny wykład wygłosił P. Parenago (ZSRR, Moskwa) — *O wykresie Hertzsprunga-Russella dla najbliższych gwiazd*, następnie referaty wygłosili: 2) W. Baum (USA) — *Wykres H.-R. dla starszych populacji naszego układu*; 3) I. Kopyłow (ZSRR) — *Wykresy widmo-wielkość absolutna dla gwiazd gorących oraz asocjacji O i T*; 4) K. Barchatowa (ZSRR) — *Wykres H.-R. gromad otwartych*; 5) J. Greenstein (USA) — *Gwiazdy niebieskie z obniżoną światłością i białe karły*; 6) M. Feast, A. Thackeray i A. Wesselink (Południowa Afryka) — *Obtoki Magellana*; 7) H. Arp (USA) — *Mały Obłok Magellana*; 8) O. Wilson (USA) — *Wstępny wykres barwa-wielkość gwiazdowa gwiazd różnych klas w sąsiedztwie Słońca*; 9) D. Chalonge (Francja) — *Efekty spektrofotometryczne zależne od wieku gwiazd*; 10) B. Strömgrén (USA) — *Istotna dyspersja gwiazd wczesnych typów*.

W drugiej części sympozjonu, której przewodniczył znany astronom radziecki W. A. Ambarcumian, wygłoszone były następujące referaty: 11) M. Schwarzschild (USA) — *Interpretacja teoretyczna wykresu H.-R.*; 12) W. Krat (ZSRR) — *O możliwych kierunkach rozwoju gwiazd na wykresie H.-R.*; 13) F. Hoyle (Anglia) — *Obliczanie ewolucji gwiazd ze stałą masą przy zastosowaniu maszyn do rachowania*; 14) A. Masewicz (ZSRR) — *Ewolucja gwiazd ze zmienną masą*; 15) A. Blaauw (Holandia) — *Asocjacje*; 16) M. Schmidt (Holandia) — *Wyprowadzenie pierwotnej funkcji światłości i prędkości powstawania gwiazd w przeszłości*; 17) A. Deutsch (USA) — *Strata masy u czerwonych olbrzymów*; 18) E.

Mustell (ZSRR) — *Strata masy gwiazd różnych klas*; 19) W. Fjesenkow i G. Idlis (ZSRR) — *Teoria korpuskularnej ewolucji gwiazd*; 20) E. Schatzman (Francja) — *O stracie masy przy kurczeniu i w procesach hamowania*. Już same tytuły wyliczonych 20 referatów wskazują, że poruszono najistotniejsze zagadnienia statystycznych zależności i ewolucji gwiazd. Zagadnienia te są obecnie bardzo aktualne, bo problemy kosmogonii gwiazdowej mają duże znaczenie nie tylko dla astronomii, ale i dla innych nauk przyrodniczych, w szczególności dla fizyki. Jednak nawet pobieżne omówienie problemów poruszonych na tym najważniejszym sympozjonie Kongresu wymagałoby specjalnego artykułu.

Bardzo ważne problemy były dyskutowane na drugim sympozjonie. Problemy te ściśle wiążą się z geofizyką, a z uwagi na Międzynarodowy Rok Geofizyczny były szczególnie aktualne. Postęp techniczny zarówno w dziedzinie obserwacji astronomicznych jak pomiarów odstępów czasu przy stosowaniu zegarów kwarcowych i atomowych pozwolił na wykrycie wielu nieregularności w ruchu obrotowym Ziemi, polegających zarówno na przemieszczeniu osi ziemskiej, jak i na zmianach prędkości obrotowej Ziemi. Nieregularności te sprawiają, że dwie kolejno po sobie następujące doby różnić się mogą od siebie o kilka dziesięciotysięcznych części sekundy, podczas gdy nowoczesne zegary atomowe pozwalają na dokładność czasu do jednej dziesięciomiliardowej mierzonego odstępu, czyli dają dokładność rzędu jednej stutysięcznej części sekundy na dobę. Wykrywanie nieregularności ruchu obrotowego Ziemi jest więc możliwe, a poznawanie ich przyczynia się do lepszej znajomości budowy wnętrza Ziemi, rozkładu mas w jej wnętrzu i jej właściwości sprężystych. Z tego względu są one tak doniosłe dla astronomii i geofizyki.

Sympozjon dotyczący ruchu obrotowego Ziemi i atomowych standardów czasu rozpadł się na trzy części. W pierwszej omawiano zagadnienie związane z ruchem biegunów Ziemi. Referaty wygłosili: 1) E. Fiodorow (ZSRR) — *Nutacja według danych obserwacji szerokościowych*; 2) H. Jeffreys (Anglia) — *Nutacja i wahania szerokości*; 3) P. Melchior (Belgia) — *Zależność między ruchem biegunów i zmianami prędkości ruchu obrotowego Ziemi*.

Druga część sympozjonu zawierała referaty z zakresu ruchu obrotowego Ziemi: 4) D. Brouwer (USA) — *Fluktuacje i zmiany wiekowe w prędkości ruchu obrotowego Ziemi*; 5) N. Stoyko (Francja) — *Okresowe i przypadkowe zmiany w ruchu obrotowym Ziemi*; 6) B. van der Waerden (Belgia) — *Nieregularny ruch obrotowy Ziemi*; 7) A. Niemirow i N. Pawłow (ZSRR) — *Wpływ systematycznych błędów katalogów gwiazdowych na badania ruchu obrotowego Ziemi*; 8) W. Markowicz (USA) — *Zmiany w ruchu obrotowym Ziemi, wyniki otrzymane przy pomocy kamery księżycowej i fotograficznych teleskopów zenitalnych*; 9) A. Danjon (Francja) — *Standardy czasu*; 10) G. Clemence (USA) — *Czas efemeryd*.

W trzeciej części dotyczącej atomowych standardów czasu był jeden referat: 11) L. Essen (Anglia) — *O dokładności atomowych standardów częstotliwości*.

Niemniej doniosłe zagadnienia poruszane były na połączonych dyskusjach, które zaliczyć należy też do kategorii sympozjonów, jedynie na mniejszą nieco skalę niż dwa wspomniane sympozjony. Były zorganizowane cztery takie połączone dyskusje. Pierwsza z nich dotyczyła rozbłysków słonecznych i korpuskularnych strumieni. Omawiano na niej zjawiska rozbłysków w koronie, wybuchy promieniowania kosmicznego ze Słońca, protuberancje i strumienie korpuskularne z fioletu. W drugiej połączonej dyskusji dotyczącej obserwacji astronomicznych ze sztucznych satelitów rakiet i balonów, mówiono o obserwacjach ultrafioletowego rentgenowskiego promieniowania Słońca, promieni kosmicznych i mikrometeoroidów. Trzecia połączona dyskusja miała za temat sprawę światłości cefeid, tj. gwiazd zmiennych, zmienia-

jących blask regularnie, których obserwacje pozwalają na wyznaczanie odległych zbiorowisk gwiazdowych. Były wygłoszone referaty głównie podające najnowsze osiągnięcia obserwacyjne w tej dziedzinie, w szczególności z aktualnego od 1952 r. problemu punktu zerowego zależności okres-wielkość absolutna cefeid.

Nieziemnie fascynujące problemy poruszono w czwartej połączonej dyskusji dotyczącej powstawania jąder atomowych w gwiazdach. Problem ten ma znaczenie podstawowe dla całej nauki o budowie materii, jądra bowiem ciężkich pierwiastków dla ich powstawania wymagają warunków, które tylko we wnętrzach gwiazd mogą być spełnione. Wiemy, że w gwiazdach tego typu, jak Słońce, panuje temperatura około 20 milionów stopni. We wnętrzu niektórych osobliwych gwiazd temperatura bywa znacznie wyższa. Takimi są gwiazdy supernowe, odrzucające z olbrzymią energią zewnętrzne powłoki. Temperatura wnętrza tych gwiazd jest już obliczona na miliardy stopni. W tej temperaturze mogą powstawać jądra ciężkich pierwiastków, wśród nich pierwiastków nietrwałych, jak kalifornium, niedawno uzyskanych w laboratoriach fizyki jądrowej. Szczegółowe rozważania na ten temat przekraczają jednak ramy niniejszego artykułu.

Z braku miejsca pomijam zupełnie wyniki dyskusji na komisjach, choć miały one bardzo istotne znaczenie dla dalszej organizacji pracy astronomicznej. Dyskusje te toczyły się głównie nad sprawozdaniami przewodniczących komisji, a bardzo zwięzłe te sprawozdania, wydrukowane przed Kongresem i obejmujące syntetycznie wyniki badań ostatniego trzylecia, zajęły gruby tom 400-stronicowy.

Aby niniejsze sprawozdanie z Kongresu było kompletniejsze dla czytelnika, należy podać nieco wiadomości o udziale polskich astronomów w Kongresie Moskiewskim Międzynarodowej Unii Astronomicznej. Udział ten mógł być znacznie liczniejszy niż podczas poprzednich kongresów głównie ze względów finansowych, bowiem Akademia Nauk ZSRR gościła na własny koszt wszystkich członków Unii. Z tego powodu oficjalna delegacja PAN na Kongres Moskiewski wynosiła 15 astronomów, członków Unii. Wchodzili do niej: A. Binkenmajer (Warszawa), W. Iwanowska (Toruń), F. Kępiński (Warszawa), K. Kordylewski (Kraków), S. Kosibowa (Wrocław), K. Kozieł (Kraków), J. Morgentaler (Wrocław), W. Opalski (Warszawa), A. Opolski (Wrocław), S. Piotrowski (Warszawa), E. Rybka (Kraków), R. Szafraniec (Kraków), S. Wierzbński (Wrocław), J. Witkowski (Poznań) i W. Zonn (Warszawa). Poza tym trzech kandydatów na członków Unii spośród pięciu delegowało Ministerstwo Szkolnictwa Wyższego, a dla około 30 osób Polskie Towarzystwo Astronomiczne zorganizowało wycieczkę do Moskwy. Razem więc na kongres z Polski przybyło około 50 osób. Na czele polskiej delegacji stał autor niniejszego artykułu.

Astronomowie polscy brali udział w posiedzeniach wielu komisji. Naświetle tu krótko jedynie własny udział w komisji fotometrii gwiazdowej i udział kierowanego przeze mnie Krakowskiego Obserwatorium Astronomicznego, zreferowanie bowiem udziału wszystkich polskich uczestników zjazdu w konferencjach naukowych Kongresu przekroczyłoby ramy niniejszego artykułu.

Od szeregu lat pracuję nad zagadnieniami podstawowej fotometrii gwiazdowej, ostatnio zaś zająłem się sprawą sprowadzenia wielkości gwiazdowych gwiazd jasnych z różnych katalogów do jednolitego systemu. O zagadnieniu takiego generalnego katalogu miałem referat na posiedzeniu komisji, która zgłosiła ogólnemu zebraniu rezolucję uchwaloną następnie przez to zebranie i postulującą potrzebę utworzenia generalnego katalogu wielkości gwiazdowych. Powołano grupę koordynacyjną dla spraw generalnego katalogu w składzie: W. Nikonow (Krymskie Obserwatorium Astrofizyczne), P. Parenago (Instytut Astronomiczny im. Sternberga

w Moskwie) i E. Rybka (Krakowskie Obserwatorium Astronomiczne). Z innych spraw kongresowych odnoszących się do Krakowa należy wspomnieć o wyborze prof. dra Karola Koziela na przewodniczącego komisji 17 (ruch i kształt Księżyca) oraz o utworzeniu w Krakowskim Obserwatorium Astronomicznym międzynarodowego ośrodka, który zbierać będzie aktualnie zaobserwowane momenty minimum gwiazd zmiennych zaćmieniowych. Praca ta będzie kierowana przez doc. dra K. Kordylewskiego z Krakowskiego Obserwatorium Astronomicznego.

Kongres zakończył się 20 sierpnia ogólnym zebraniem, na którym przyjęto zaproszenie delegacji amerykańskiej, aby następny kongres w 1961 r. odbył się w Stanach Zjednoczonych AP. Miejsce przyszłego kongresu nie zostało jeszcze określone. Wybrano również nowy komitet wykonawczy Unii w składzie: Prezes — J. H. Oort (Holandia), wiceprezysi: L. Goldberg (USA), O. Heckmann (NRF), B. W. Kukarkin (ZSRR), R. M. Petrie (Kanada), B. Sternberg (Czechosłowacja) i R. H. Stoy (Afryka Południowa); sekretarz generalny: D. H. Dadler (Anglia). — Wybrano też około 250 nowych członków Unii, wśród nich pięciu członków z Polski: C. Iwaniszewska (Toruń), J. Kubikowski (Wrocław), R. Rudnicki (Warszawa), P. Rybka (Wrocław) i K. Serkowski (Warszawa).

Sprawozdanie byłoby niezupełne, gdyby się nie wspomniało o zebraniach towarzyskich, takich jak przyjęcie uczestników Kongresu na Kremlu przez rząd ZSRR, przyjęcie w Instytucie Sternberga i pożegnalne przyjęcie w hotelu Moskwa. Podczas tych przyjęć zacieśniały się osobiste kontakty między astronomami, tak istotne przy współpracy międzynarodowej. Po zakończeniu Kongresu wielu uczestników, wśród nich wielu delegatów polskich, wzięło udział w wycieczce do Leningradu i Pułkowa, gdzie mogło zobaczyć wspaniałe Obserwatorium, które powstało na gruzach całkowicie zniszczonego podczas wojny historycznego Obserwatorium Pułkowskiego.

Uczestnicy Kongresu spędzili z okazji X Kongresu Międzynarodowej Unii Astronomicznej około dwóch tygodni w Związku Radzieckim zacieśniając kontakty z astronomami całego świata, w szczególności z astronomami radzieckimi, którzy nas gościli. Z pobytu wywieźli wiele korzyści, w wyniku bowiem zadzierzgniętych kontaktów współpraca międzynarodowa w badaniach astronomicznych stanie się jeszcze ściślejsza, w szczególności dla nas astronomów polskich stanie się ściślejsza współpraca z astronomią radziecką. A pogłębienie współpracy międzynarodowej w astronomii jest podstawowym warunkiem jej rozwoju na świecie.

Eugeniusz Rybka

ZJAZD NAUKOWY POLSKIEGO TOWARZYSTWA GLEBOZNAWCZEGO

W dniach 9—12 września 1958 r. odbył się w Krakowie w Gmachu Collegium Chemicum UJ doroczny Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego. W Zjeździe wzięło udział około 300 osób, w tym 6-ciu gości zagranicznych. Zjazd otworzył Przewodniczący Oddziału Krakowskiego PTG doc. dr Tadeusz Skawina. Obradom przewodniczył Prezes Zarządu Głównego prof. dr Marian Górski. Zjazd poświęcony był następującym zagadnieniom:

- I. *Metodyka badawcza w gleboznawstwie,*
- II. *Gleby terenów górniczych i przemysłowych.*

Dwa dni Zjazdu przeznaczono na omówienie zagadnień metodyki badawczej. Wypełniły je referaty podsumowujące wyniki prac Komisji powołanych dla ujednolicenia metod badawczych oraz referaty problemowe przedstawiające zakres i możliwości stosowania nowych metod w badaniach gleboznawczych i chemiczno-rolniczych. Wygłoszone zostały następujące referaty:

A. Ustalenie metod badawczych w gleboznawstwie

1. O metodach oznaczania węgla organicznego w glebie — prof. dr K. Boratyński (Wrocław).
2. Ustalenie metodyki oznaczania składu mechanicznego gleb — prof. dr B. Dobrzański (Lublin).
3. Oznaczanie pH w glebach — dr R. Schillak (Bydgoszcz).
4. Ustalenie metodyki sporządzania wyciągów glebowych — prof. dr K. Boratyński (Wrocław).

B. Nowe metody badawcze w gleboznawstwie

5. Rentgeno-strukturalne badania w zastosowaniu do gleboznawstwa — prof. dr L. Chrobak (Warszawa).
6. Rentgeno-spektralne metody analizy chemicznej — prof. dr L. Chrobak (Warszawa).
7. Nowoczesne metody badań minerałów ilastych — prof. dr J. Tokarski (Kraków).
8. Rentgenograficzne, termograficzne i elektronomikroskopowe metody badania wysokodispersyjnej fazy gleby — prof. dr N. J. Gorbunow (Moskwa).
9. Zastosowanie stabilnych izotopów wodoru i tlenu w badaniach agrochemicznych — prof. dr J. A. Polakow (Moskwa).
10. Zastosowanie ^{32}P do oznaczania w glebie zasobów przyswajalności fosforu — prof. dr A. W. Sokołow (Moskwa).
11. Zastosowanie Kompleksu III i jonitów w analizie chemicznej gleb i wód gruntowych — mgr S. Janiczek, doc. dr Skawina (Kraków).

Oprócz wymienionych referatów wygłoszono 21 komunikatów informujących o bieżących badaniach i osiągnięciach Zakładów Gleboznawstwa, Chemii Rolnej oraz Pracowni Izotopowej PAN:

1. Metodyka pobierania prób glebowych z rozdrobnionych gospodarstw indywidualnych — mgr L. Kowalkowski, mgr F. Przybylski, mgr A. Zembaczyński.
2. Oznaczenie wapnia w kwaśnych wyciągach glebowych za pomocą fotometru płomieniowego — mgr I. Kuczyńska.
3. Zastosowanie fotometru płomieniowego do oznaczeń zawartości kationów Ca wypartych z gleby za pomocą 0,05-n HCl — mgr J. Siuta, mgr Z. Gawęda.
4. Metoda Gigla w zastosowaniu do oznaczania fosforu mineralnego i organicznego w glebach lekkich — prof. dr A. Musierowicz, mgr Z. Brogowski.
5. Oznaczanie azotu mineralnego w glebie — dr R. Schillak.
6. Oznaczanie rozpuszczalności boru metodą elektrodializy w skałach węglanowych — dr C. Święcicki.
7. Organiczne pochodne minerałów ilastych — dr T. Komornicki.
8. Minerale ilaste w glebach Karpat fliszowych — dr L. Pavel, dr S. Uściak.
9. Fizyczne frakcjonowanie połączeń próchnicznych przy użyciu płynów ciężkich — mgr S. Rząsa.

10. *Badania nad przemianą związków próchnicznych w glebie lekkiej* — mgr K. Wilk.
11. *Mechaniczna peptyzacja koloidów glebowych* — mgr J. Siuta.
12. *Wpływ wieloletniego nawożenia na drobną faunę glebową* — mgr J. Hryniuk.
13. „*Pneumatyczny operomierz glebowy*“ do badań zwięzłości gleb i gruntów — mgr S. Rząsa.
14. *Porównanie trzech metod oznaczania aktywności substancji roślinnej znakowanej ^{14}C* — doc. dr K. Starzyński, mgr B. Olszańska.
15. *Wpływ uranu i rudy uranowej na plon peluszek i jęczmienia* — mgr H. Goźliński.
16. *Wpływ moczenia nasion w solach radioaktywnych izotopów ^{54}Ca i ^{90}Sr na plon roślin* — mgr A. Ostrowska.
17. *Pobieranie i przemieszczanie w roślinie fosforu podanego dolistnie* — mgr W. Sokół.
18. *Pobieranie fosforu z superfosfatu przez chwasty i rośliny zbożowe* — mgr S. Gawliński.
19. *Badania promieniotwórczości naturalnej gleb* — mgr S. Zmysłowska.
20. *Krytyczne uwagi nad metodą oznaczania wilgotności gleby przy pomocy promieni gamma* — mgr S. Przestalski.
21. *Wykorzystanie fosforu z superfosfatu z różnych poziomów gleby w wazonie* — mgr H. Głębowski.

Referaty i komunikaty zostały opublikowane w *Rocznikach Gleboznawczych* wydanych z okazji Zjazdu PTG jako dodatek do tomu VII (str. 241) oraz oddzielnie opublikowano zbiór komunikatów o zastosowaniu radioaktywności w chemii rolnej i gleboznawstwie (str. 78). Materiały te zostały dostarczone członkom Towarzystwa zgłoszonym na Zjazd oraz zaproszonym gościom na trzy tygodnie przed Zjazdem. Streszczenia w języku polskim referatów naukowców radzieckich rozdano w czasie Zjazdu.

Gleby terenów górniczych i przemysłowych omawiane były w trzecim dniu Zjazdu oraz na konferencji terenowej zorganizowanej w dniu 12 września br. Wprowadzeniem do dyskusji były referaty podające wyniki badań i doświadczeń Katedry Gruntoznawstwa AGH, Komisji Gleboznawczo-Górnictwa Komitetu dla Spraw Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego PAN oraz Zakładu Ochrony Przyrody PAN.

Wygłoszono następujące referaty:

1. *Procesy zniekształcania gleb w okręgach górniczych i przemysłowych* — doc. dr T. Skawina (Kraków).
2. *Problematyka geologiczna i hydrogeologiczna Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego na tle górnictwa surowców mineralnych* — dr A. Kleczkowski (Kraków).
3. *Przebieg rozwoju procesów glebotwórczych na zwalach kopalnictwa węglowego* — doc. dr T. Skawina.
4. *Analiza map gleb Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego w skali 1:50 000* — mgr inż. C. Żułowski (Kraków).

W konferencji terenowej zorganizowanej na obszarze Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego wzięło udział około 230 osób. Zasadniczym celem konferencji było przedyskutowanie w terenie na przykładzie wybranych i udokumentowanych obiektów (uczestnicy otrzymali trasę kursokonferencji) z wynikami analiz następujących problemów:

a) Biologiczne zagospodarowanie zwałów kopalnictwa węglowego na przykładzie doświadczalnie zagospodarowanych zwałów kopalni: „Czerwona Gwardia“, „Gliwice“ i „Kleofas“.

b) Wpływ zapylenia i zadymienia atmosfery na gleby — na przykładzie gleb Michałowic i Nowego Bytomia.

c) Zniekształcenie gleb i drzewostanów w wyniku zmian hydrogeologicznych powstałych na skutek osiadania terenów pod wpływem eksploatacji górniczej (Makoszowy, Kończyce).

d) Zniszczenie terenów przez eksploatację odkrywkową węgla i prorehabilitacji gleb na przykładzie kopalni odkrywkowej „Krystyna“ w Murckach.

e) Biologiczne zagospodarowanie terenów zniszczonych przez eksploatację piasków dla potrzeb górnictwa na przykładzie piaskowni w Jezorze (k/Mysłowic).

Podstawą do dyskusji były opublikowane i dostarczone uczestnikom konferencji szczegółowe wyniki badań oglądanych obiektów, wyniki doświadczeń polowych i przygotowane profile glebowe.

W czasie konferencji terenowej przedyskutowano i ustalono dalszy kierunek prac badawczych i doświadczalnych w oparciu o które będzie można w najbliższym czasie opracować wytyczne i podać najbardziej celowe metody i sposoby zagospodarowania zwałów kopalnianych. Zwrócono uwagę na ogromny zasięg i stopień zniszczenia gleb na skutek istniejącego zapylenia i zadymienia atmosfery. W związku z powyższym niezbędne jest podjęcie kompleksowych badań nad wpływem tych czynników i opracowanie metod ochrony i leczenia gleb. Wysiłki te jednak będą mało skuteczne, gdy nie ulegnie radykalnej poprawie stan sanitarny atmosfery w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym.

Szczególnie trudny problem stanowi rekultywacja terenów zniszczonych przez kopalnictwo odkrywkowe. Sprawą zasadniczą jest podjęcie wszechstronnych badań i doświadczeń polowych nad rozwiązaniem tych problemów.

W dniu 11 września br. w godzinach popołudniowych odbyło się Walne Zgromadzenie Towarzystwa, na którym omówiono dotychczasową działalność Zarządu Głównego, Komisji Klasyfikacji Nomenklatury i Kartografii Gleb i Zarządów Oddziałów oraz wysłuchano sprawozdania Komisji Rewizyjnej. Na szczególne podkreślenie zasługuje wydanie w roku bieżącym przez Polskie Towarzystwo Gleboznawcze wybranych prac prof. dr F. Terlikowskiego oraz kontynuowanie wydawnictwa *Przegląd Naukowej Literatury Rolniczej*. Również duże osiągnięcia ma kierowana przez prof. dr A. Musierewicza Komisja Kwalifikacyjna Nomenklatury i Kartografii Gleb.

W związku z upływem 3-letniej kadencji Zarządu Głównego wybrano nowy Zarząd Główny, którego Prezesem został ponownie prof. dr M. Górski.

Walny Zjazd uchwalił szereg wniosków dotyczących spraw organizacyjnych Towarzystwa oraz rozwoju i koordynacji badań gleboznawczych i chemiczno-rolniczych. Uchwalono między innymi ogłoszenie konkursu na prace naukowe z wybranych działów gleboznawstwa i chemii rolnej. Zwrócono również uwagę na potrzebę utworzenia Instytutu Gleboznawstwa, a zwłaszcza specjalistycznych pracowni i konieczność kształcenia młodych pracowników naukowych w niektórych ośrodkach zagranicznych.

Ustalono, że w roku 1959 Zjazd Naukowy i Walne Zgromadzenie PTG odbędą się we wrześniu w Szczecinie.

KONFERENCJA WULKANOLOGICZNA W CZECHOSŁOWACJI

5.V.58 rozpoczęła się w Bratysławie konferencja poświęcona zagadnieniom neowulkanitów. Konferencja ta organizowana przez Instytut Geologiczny im. Dionýza Stura, miała za zadanie:

1. dokonać przeglądu wykonanych ostatnio prac terenowych,
2. przeprowadzić dyskusję nad terminologią, szczególnie odnośnie pirokastyków,
3. uzgodnić metodykę zdjęć geologicznych, szczególnie wzdłuż granicy węgierskiej.

Podobna konferencja została już zorganizowana w ubiegłym roku jako podsumowanie rocznego dorobku. Badania neowulkanitów prowadzone są w Bratysławie głównie przez zespół doc. dr M. Kuthana, który był też kierownikiem tegorocznej konferencji. Program obejmował przede wszystkim objazd najważniejszych neowulkanitów w całej Czechosłowacji.

Z gości zagranicznych brał udział w konferencji dr G. Pantó z Budapesztu oraz obok piszącego te słowa mgr St. Czarniecki z Krakowa.

Z Bratysławy wyjechalśmy trzema samochodami w górę doliny Morawy. Miailiśmy liczne pola naftowe nawiercone tu ostatnio w trzeciorzędzie. Wzdłuż drogi ciągnęły się wsie morawskie z charakterystyczną ulicową zabudową i malowanymi w barwne kwiaty frontonami domów. Krótkie, czarne, bufiaste spódnice kobiet towarzyszyły nam aż do Białych Karpat, w które wjechalśmy w okolicach miasta Uherský Brod. Zatrzymaliśmy się dopiero we wsi Bánov, gdzie w zewnętrznych Karpatach występują liczne, drobne intruzje żyłowe alkalicznych andezytów. Położenie, formy występowania, skład chemiczny oraz wiek tych andezytów są bardzo zbliżone do naszych andezytów pienińskich. Oprócz typowych żył (dajek) oglądaliśmy dobrze rozwinięte brekcie kominowe oraz nieco większy masyw eksploatowany obecnie w miejscowości Bystrice pod Lopenikiem.

Po noclegu w uzdrowisku Luhačovice przejeżdżamy dolinę Beczawy odgraniczającą Karpaty od Sudetów. Na północ od Olomuńca wjeżdżamy w silnie zerodowane, kulmowe Góry Oderskie. Przed Bruntálem w paśmie Jesioników oglądamy kamieniołom Uhlirská Sopka. Jest to stożek zbudowany z bazaltowego tufu brecciowego zawierającego liczne bomby i lapille.

Wulkanity w okolicach Bruntálu należą już do trzeciorzędowego, głównie mioceńskiego wulkanizmu bazaltowego Sudetów. W niedalekim sąsiedztwie już po polskiej stronie znane są bazalty w okolicach Głubczyc, gdzie spoczywają na opisanych niedawno marglach kredowych.

Począwszy od Wschodnich Sudetów rozpoczynamy objazd bazaltów czeskich. Następnego dnia docieramy w okolice Kladna (na wschód od Pragi). Występujący tu karbon produktywny oraz dolny turon został przebitý wulkanami bazaltowymi. Typowy stratowulkan reprezentuje Vinaticka Hora. W dużym kamieniołomie odśłaniają się parokrotnie powtarzające się wylewy law i warstwy tufów.

Komin tego wulkanu został stwierdzony robotami górniczymi. Na podstawie znalezienia w nim okruchów tortonu górnego przyjmuje się, że pierwszy wylew musiał nastąpić znacznie wcześniej. Obecny wylew nastąpił dopiero na zerodowaną już silnie powierzchnię dolnego tortonu.

Trasa naszej wycieczki prowadzi dalej na zachód do wielkiego masywu Doupowskich Gór. Cały ten masyw stanowi jeden wielki stratowulkan z dużą kalerą wokół miejscowości Doupovo. Od centralnej części masywu rozchodzą się promieniście wylewy lawy nachylone pod kątem kilku stopni. Wylewy przekładane są wielokrotnie

tufami. W Wojkowicach dr L. Kopecký, opracowujący ten wulkanizm, pokazuje nam profil, w którym czterokrotne wylewy lawy przekładane są tufami. Maksymalna miąższość wulkanitów szacowana jest w tym rejonie na 400—500 m. Bazalty przecięte zostały następnie żyłami fonolitowymi (np. Andělská Hora). Z miocenijskim wulkanizmem wiąże się występowanie gorących źródeł i gejzerów. Gorące wody przechodząc przez znajdujące się w sąsiedztwie granity ługują z nich niektóre składniki (głównie alkalia i wapń). Taki właśnie ciąg źródeł łącznie z gejzerem położony w tektonicznej dolinie rzeki Ohře spowodował powstanie sławnego uzdrowiska Karlovy Vary. W regularnych, krótkich odstępach czasu strzela tu słup wody posiadającej temperaturę 72°C. Kwiaty zanurzone w tej wodzie pokrywają się wkrótce charakterystycznym nalotem aragonitowym.

Z Karlovych Var jedziemy w dół doliną Ohře. Wzdłuż doliny znajdują się małe kamieniołomy osłaniające żyły i wylewy bazaltowe. Szczególnie ciekawą dawkę oglądamy w miejscowości Stráž. Posiada ona charakterystyczny układ ciosów, zaburzony tylko w pobliżu komina wypełnionego brekcją.

Przed opuszczeniem Doupowskich Gór dyskutujemy jeszcze ich morfologię. Występujące tu liczne pokrywy lawowe przekładane tufami spowodowały powstanie licznych płaskich stoliw typowych np. dla kredowych piaskowców Gór Stoliowych.

Mijamy stare, bardzo piękne miasteczko Kadaň i koło Mostu docieramy do obszaru Średniogórza Czeskiego. Stanowi ono potężną bruzdę tektoniczną, na obszarze której w miocenie rozwinął się potężny wulkanizm. Koło Mostu oglądamy fonolitowy masyw Špičák. Fonolit spoczywa tu na kredzie, a pokryty ma być utworami miocenu. Špičák jest obecnie pod ochroną przyrody i eksploatacja została tu wstrzymana.

Oprócz wulkanizmu powierzchniowego następowały również mniejsze wylewy subwulkaniczne oraz większe intruzje łakolitowe. W kamieniołomie Štrbice widać w profilu dużej piaskowni trzy subwulkaniczne soczewki bazaltowe z rozwiniętą dookoła nich cienką strefą kontaktową.

9.V. wyjeżdżamy z Teplic do miejscowości Paskopole. Wietrzejące tu bazalty (leucytowy bazanit) rozsypują się zupełnie pozwalając zbierać doskonale zachowane duże kryształy augitów. Koło Litomierzyc przejeżdżamy Łabę i dochodzimy do dużego nieczynnego obecnie kamieniołomu Radobýl. Fotografia tego kamieniołomu opublikowana w pracy J. B. Hibscha¹ miała dowodzić istniejących tu dwu niezależnych wylewów. Analiza tej fotografii jak i obecnej znacznie już zmienionej sytuacji kamieniołomu wskazuje na to, że mamy tu do czynienia z jednym wylewem. Wylew ten posiada wyjątkowo dobrze rozwinięty cios słupowy. Z tych też względów dalsza eksploatacja została wstrzymana, a obiekt znajduje się pod ochroną.

Z Litomierzyc jedziemy dalej w dół doliną Łaby. W miejscowości Žernoseky oglądamy kamieniołom założony w permskich porfirach, posiadających dobrze rozwinięty cios słupowy. Utwory permskie (piaskowce i nawiercone w nich melafiry) spoczywają tu wprost na krystaliniku. Nie dojeżdżając do Ústi nad Łabą zatrzymujemy się przy olbrzymiej dajce bazaltowej. Tworzy ona wybitną grzędę dochodzącą do samej linii kolejowej. Patrząc od strony doliny widzimy klasycznie rozwinięty cios wachlarzowaty. Po drugiej stronie rzeki wznosi się masyw fonolitowy z ruinami zamku Strěkov.

¹ J. E. Hibsch — Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte des Böhmisches Mittelgebirges. Tetschen 1926.

W Uści nad Łabą rzeka przecina wielki lalolit fonolitowy. Po obu stronach doliny założone są kamieniołomy odsłaniające spękania typowe dla masywów lalolitowych.

Dolina Łaby jest o tej porze roku wyjątkowo piękna. Strone zbocza opadające ku rzece porośnięte są kwitnącymi sadami i zielonymi już winnicami. Potężna erozja rzeczna doprowadziła do przecięcia pokrywy wulkanicznej, która pokrywała kiedyś cały ten obszar. Przyjmuje się, że erozja Łaby od miocenu wciąga się na co najmniej 400 m, w stosunku do sąsiednich wzgórz. W najgłębiej wyerodowanych partiach odsłaniają się korzeniowe partie kwaśnych żył eseksytowych przecinających bazalty. W miejscowości Rostoky znajduje się centrum intruzji eseksytowej, od której promieniście odchodzą liczne dajki. Dajki te występują w strefie mającej do 5 km szerokości. Na kontaktach tych intruzji znajduje się strefa zmetamorfizowana zawierająca galenę, sfaleryt, wollastonit itp.

W północnej części Średniogórza Czeskiego (okolice Děčína) występują już tylko pojedyncze masywy wulkaniczne, a przede wszystkim zerodowane pnie wulkaniczne. Klasyczny zarys wulkanu, leżącego na turonie, reprezentuje wzgórze Rosenberg, przypominające zupełnie naszą Ostrycę. Najpiękniejszy natomiast komin wulkaniczny znajduje się we wsi Kamenný Šenov. Założony tu kiedyś kamieniołom odsłonił okrągły zarys niewielkiego komina zbudowanego z zupełnie pionowych, regularnych, wysokich sześciobocznych słupów. Obiekt ten uznany obecnie jako zabytek przyrody porównać można, z co prawda znacznie większymi, amerykańskimi kominami Mount Taylor i Devil's Tower.

Ku wschodowi ilość wulkanitów szybko maleje. Mijamy miasto Mladá Boleslav i kierujemy się na NE do Bradlec. Występują tu liczne nieregularne intruzje bazaltowe w kredzie. Najczęściej występują w formie silów o niższości 5—6 m. W pobliżu kontaktów z kredą występują strefy rozłożonego bazaltu obejmujące jednak tylko środkowe części poziomych ław.

Za Turnowem przejeżdżamy duży uskok, wzdłuż którego kreda graniczy z permem. Perm podkarnoski wykształcony jest podobnie jak w niecce śródsudeckiej. Występują tu liczne ekstruzje melafirów oraz nieliczne trzeciorzędowe wylewy bazaltowe. W Kozakovie oglądamy kamieniołom założony w melafirze. Znajdują się tu liczne migdałowce oraz żyły kalcytowo-kwarcowe. Występują również ametysty, baryty, heulandyty itp.

Kozakov jest naszym ostatnim punktem w Czechach. Przez Hradec — Králové, Olomuniec, Hranice jedziemy w poprzek Moraw z powrotem na Słowację. W Jawornikach przed Makovem wjeżdżamy na teren Słowacji. Dalej jedziemy przez Žilinę, Martin, Turčianske Teplice do parku narodowego w dolinie Harmanickej (Wielka Fatra). Znajduje się tu sławna jaskinia Izbica.

Po noclegu w nowoczesnym, pięknie położonym uzdrowisku w Sliači zapoznajemy się z rozwojem największego masywu wulkanicznego Słowacji. Vtáčnik, Krzemnickie Pogórze, Szczawnickie Pogórze i Krupínska Wierchowina tworzą tu zwarty kompleks neowulkanitów. Geologicznie najlepiej rozpoznany został ostatnio Vtáčnik. Wykonane tu przez przemysł węglowy wiercenia pozwoliły na ustalenie rozwoju wulkanizmu w tym masywie. Materiały te opracowane obecnie przez J. Slavíka wskazują na następujący profil: na nierówną powierzchnię trzeciorzędową (burdygał-helwet) nastąpiły pierwsze wylewy zachowane tylko lokalnie w zagłębieniach. Ponad nimi znajdują się tufitowe konglomeraty. Zostały one rozmyte z centralnej erupcji w środkowej części Vtáčnika. Zlokalizowanie erupcji nastąpiło na podstawie pomiarów orientacji ułożenia stoczek w tufitach. Po pełnym zgra-

dowaniu terenu nastąpiła sedymentacja wodna. Utworzył się wtedy pokład węgla, a ponad nim warstwa ilów, przykryta żwirem mezozoicznym. Ponowny wulkanizm rozpoczyna się powierzchniowymi wylewami ryolitów. Następne wylewy to andezyty amfibolowo-piroksenowe, bazaltowe andezyty, andezyty piroksenowe i piroklasty dacytowe. W dalszym ciągu przychodzą trachitowe andezyty z potokami lawowymi i piroklastami, tufity piroksenowych andezytów i wreszcie bazalty.

Po każdym z wymienionych wylewów następowała sedymentacja konglomeratów w środowisku wodnym. Wskazuje to na przerwy czasowe pomiędzy poszczególnymi wylewami. Zróżnicowanie chemiczne wylewów tłumaczone jest związkiem tektoniki (uskoki) z różnymi partiami dużego ogniska magmowego.

Dłuższą dyskusję wywołują następnie odkrywki aglomeratów tufowych w Zolnej i Starej Hucie (Oremov Laz). Wyróżniane są tu zasadniczo: 1) aglomeraty tufowe, posiadające ostrokrawędziste ułamki, 2) zbliżone do nich brekcie: kominowe, wulkaniczne, tufowe, 3) konglomeraty zawierające otoczone elementy.

W pobliżu Starej Huty w masywie Javorie czynny jest szereg kamieniołomów andezytowych: Budina (w rozbudowie), Detva Piešť, Zvolenska Slatina.

Krupińską Wierzchownicę opuszczamy w okolicach Lučenca. W Podrečanych zatrzymujemy się przy małym odsłonięciu bazaltowym. Występuje tu zagadkowy cios słupowy i pokładowy w tym samym wylewie. Bazalt nefelinowy w Podrečanych należy do licznej grupy bazaltów znajdujących się w bruździe intrawulkanicznej. Następne bazalty oglądamy koło miasteczka Filakovo. Ponad miastem górują ruiny zamku zbudowanego na tufitach bazaltowych. Z Filakova jedziemy na południe aż nad samą granicę węgierską. W miejscowości Siatoroš eksploatowany jest duży wylew andezytowy. W kamieniołomie widać zarówno kontakty boczne, jak i sedymentacyjne z nadległymi piaskowcami.

Podobnie jak w Filakovie również w Šuricach znajdują się tufity leżące na oligoceńskich piaskowcach. Tufity te oddzielone uskokiem od piaskowców, przecinane są żyłami bazaltowymi. Zarówno odmiany warstwowane jak i nie warstwowane tufitów zawierają drobny materiał skał osadowych świadczący o sedymentacji tego materiału w środowisku wodnym. Podobne skałki z ruinami zamku znajdują się we wsi Hajnáčka. Występuje tu interesujący ksenolit piaskowcowy tkwiący w tuficie przy kontakcie z żyłą bazaltową. Pod wpływem intruzji bazaltowej w piaskowcu powstały regularne spękania słupowe w formie małych sześciobocznych słupków. Skierowane są one prostopadłe do kontaktu z bazaltem. Potwierdza to inne obserwacje, że powstanie oddzielenności słupowej pod wpływem kontrakcji może nastąpić również w skałach osadowych.

Duże masywy wylewne bazaltu eksploatowane są w tym rejonie w Bulharach i Konradovcach. W obu tych miejscowościach ściany wyrobisk odsłoniły ciekawe koncentryczne ciosy układające się w formie wielkiej poziomej rury. Rurą tą ciekła lawa jeszcze po zastygnięciu okolicznych partii bazaltu. Dzięki temu strefa ta stygła najpóźniej w formie szeregu koncentrycznych spękań. Duży masyw reprezentuje również Rogač z typowymi aglomeratami na szczycie. Znajdują się tu wyjątkowo dobrze zachowane bomby wulkaniczne, które skwapliwie zbieramy.

Zagadnienia bazaltowe kończymy na dużej odkrywce trasy w Hodejovie. Występujący tu tufit bazaltowy posiada bardzo dobre własności hydrauliczne i eksploatowany jest obecnie dla przemysłu cementowego.

Ostatni dzień 17.V. poświęcony był tematyce andezytów i granitów w rejonie Tisovca (Slovenské Rudohorie). Z programu tego jednak zrezygnowałem chcąc jeszcze zobaczyć wielką kopalnię odkrywkową magnezytu w Podrečanych. 10.V. cała

wyprawa powróciła do Bratysławy. Kończąc te wrażenia z dwutygodniowej wycieczki chciałbym specjalnie podkreślić gościnność, z jaką nas przyjmowano, i duży trud organizatorów, jaki włożyli w tę konferencję. Dzięki temu jednak mieliśmy możliwość zapoznania się z najważniejszymi osiągnięciami neowulkanitów w Czechosłowacji oraz z bieżącą problematyką prowadzonych tu prac.

Stefan Kozłowski

SPIS TREŚCI

Leopold Infeld — Stanisław Loria (1883—1958)	3
Leopold Infeld — Kitzbühel i Wiedeń — Deklaracja Wiedeńska Trzeciej Pugwash Konferencji Uczonych z Dziedziny Fizyki Jądrowej, Kitz- bühel — Wiedeń, 14—21 wrzesień 1958	7
C. F. Powell — Wkład badań promieniowania kosmicznego do wiedzy o cząstkach elementarnych	21
I. E. Tamm — Promieniowanie cząstki poruszającej się z prędkością więk- szą niż prędkość światła	31
Roman Żelazny i Cyryl Dąbrowski — Kontrolowane reakcje termojądrowe na III Konferencji Atomowej w Genewie	39
Tadeusz Adamski — Uran na II Konferencji Atomowej w Genewie	49
Zbigniew Prusinkiewicz — Stary przyczynek do nowej dyskusji na temat me- chanizmu procesu bielcowego	57
Jędrzej Müller — Osuwiska podmorskie	61

KRONIKA NAUKOWA

Eugeniusz Rybka — X kongres Międzynarodowej Unii Astronomicznej . . .	77
Tadeusz Skawina — Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego	81
Stefan Kozłowski — Konferencja wulkanologiczna w Czechosłowacji . . .	85

WARUNKI PRENUMERATY

Cena roczna zł 60.—, półrocznie zł 30.—. Zamówienia i wpłaty przyjmują: Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa, Miodowa nr 10, konto PKO nr 1-6-100.214, Centrala Kolportażu „Ruch”, Warszawa, ul. Srebrna 12, konto PKO nr 1-6-100.020, oddziały i delegatury „Ruchu”. Urzędy pocztowe.

Prenumerata ze zleceniem za granicę — rocznie zł 84.—. Zamówienia dla zagranicy przyjmuje Przedsiębiorstwo Kolportażu Wydawnictw Zagranicznych „Ruch”, Warszawa, ul. Wilcza 36, konto PKO nr 1-6-100.024.

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.