

Polskie Towarzystwo Przyrodników
im. KOPERNIKA

KOSMOS

Seria B
PRZYRODA NIEOŻYWIONA



ROK III

ZESZYT 1 (9)

WARSZAWA 1957

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

KOMUNIKAT

Dział Sprzedaży Prasy Antykwarycznej CKPiW „Ruch“ Warszawa, ul. Srebrna 12 posiada na składzie pewną ilość *Sprawozdań z Posiedzeń Towarzystwa Naukowego Warszawskiego* z lat 1908—1939. Sprawozdania te są wydane oddzielnie dla nast. wydziałów:

Wydział I — językoznawstwo i historia literatury,

Wydział II — nauki historyczne, społeczne i filozoficzne,

Wydział III — nauki matematyczne i przyrodnicze,

Wydział IV — nauki biologiczne.

Cena poszczególnych zeszytów niezależnie od treści i tematyki naukowej wynosi 2 zł.

Sprawozdania te są do nabycia w sklepach antykwarycznych CKPiW „Ruch“ w Warszawie, przy ul. Puławskiej 108 i ul. Wiejskiej 14. Zamówienia spoza Warszawy będą realizowane za pobraniem (koszt egzemplarza + opłaty pocztowe i manipulacyjne).

WARUNKI PRENUMERATY

Zamówienia i przedpłaty na prenumeratę *Kosmosu B* przyjmują Urzędy Pocztowe i listonosze.

Instytucje i zakłady pracy, mające siedzibę w miejscowościach, w których znajdują się Oddziały względnie Delegatury „Ruchu“ — zamawiają prenumeratę w tychże jednostkach „Ruchu“.

Instytucje centralne zamawiające prenumeratę dla podległych im jednostek terenowych w skali krajowej, jak również osoby prenumerujące czasopismo indywidualnie, kierują zamówienia i przedpłaty do Centrali Kolportażu Prasy i wydawnictw „Ruch“ w Warszawie, ul. Srebrna 12, konto PKO 1-6-100020.

Cena *Kosmosu B* w prenumeracie wynosi: półrocznie 24 zł, rocznie 48 zł. Prenumeratę należy zgłaszać do dnia 10-go miesiąca poprzedzającego okres prenumeraty.

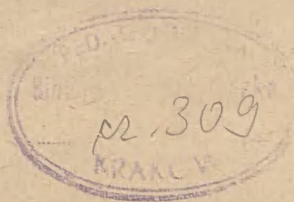
Zlecenie na wysyłkę wydawnictw polskich za granicę przyjmuje Przedsiębiorstwo Kolportażu Wydawnictw Zagranicznych „Ruch“ Warszawa, ul. Wilcza 46.

Egzemplarze z lat ubiegłych można nabywać w sklepach z prasą antykwaryczną w Warszawie, ul. Wiejska 14 lub Puławska 108. Zamówienia spoza Warszawy należy kierować do CKPiW „Ruch“, Dział Sprzedaży Prasy Antykwarycznej w Warszawie, ul. Srebrna 12.

POLSKIE TOWARZYSTWO PRZYRODNIKÓW
im. KOPERNIKA

K O S M O S

Seria B: PRZYRODA NIEOŻYWIONA



WARSZAWA 1957

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

Redaktor Naczelny
LEOPOLD INFELD

Zastępca Red. Naczelnego
KAZIMIERZ MAŚLANKIEWICZ

Członek Komitetu Redakcyjnego
JÓZEF HURWIC

Sekretarz Redakcji
ROMAN ŻELAZNY

Adres Redakcji: Warszawa, ul. Hoża 69



Nr inw. 504

TREŚĆ TOMU III

Stefan Drobot — Rola matematyki w naukach technicznych	5
Stanisław Dobrzycki — Leonard Euler	267
Rajmund Galon — Zagadnienie ostatniego zlodowacenia w Polsce	219
Kazimierz Gumiński — Władysław Natanson jako prekursor termodynamiki procesów nieodwracalnych	263
Ryszard Gajewski — Uwagi o naukach ścisłych w „Krótkim słowniku filozoficznym“	117
Antoni Łaszkiewicz — Akcesoria wzrostu	155
Zofia Kahl — Z chemii związków krzemoorganicznych	145
Włodzimierz Kołos — O pewnym związku nauki z polityką	15
Aleksander Kręglewski — Zjawiska w obszarze krytycznym cieczy	135
Kazimierz Maślankiewicz — Stanisław Józef Thugutt	103
Roman Mierzecki — O Tadeuszu Godlewskim założycielu pierwszej pracowni promieniotwórczej w Polsce	37
Oświadczenie Prezydium Polskiej Akademii Nauk	3
Oświadczenie Atomic Scientists Association o niebezpieczeństwie strontu . .	177
Jerzy Pokrzywnicki — Koniec legendy meteorytu Lipno	303
Leon Rosenfeld — Komplementarność	257
Eugeniusz Rybka — Jan Sniadecki organizator astronomii polskiej	43
Eugeniusz Rybka — Wielkości gwiazdowe	205
Ewa Skrzypczak — Ciężkie mezony	127
Józef Szaflarski — Antarktyda w świetle nowszych badań naukowych . .	273
Michał Smiałowski — Zadania Wydziału III PAN w świetle dyskusji nad reformą prac Polskiej Akademii Nauk	111
Roman Teisseyre — Wyprawa geofizyczna do Vietnamu (szkiełko programu i wyniki rekonesansu)	215
Julian Tokarski — Zasady klasyfikacji gleb	295
Włodzimierz Trzebiatowski — Kilka uwag o pracach polskich w zakresie kinetyki chemicznej	181
Wiktor Wawrzyczek — Życie i działalność Henryka Moissana (w 50 rocznicę śmierci)	185
Olgięrd Wołczek — Energia jądrowa a astronautyka	191
Józef Zwierzycki — Pojęcie geosynkliny w świetle nowszych badań Indonezji	49

KRONIKA NAUKOWA

Julian Auleytner — Z konferencji fizyków w Lipsku	242
Krzysztof Birkenmajer — Rekonesans na Spitzbergen przed polską wyprawą arktyczną w III Międzynarodowym Roku Geofizycznym	77
Krzysztof Birkenmajer — XXIX Zjazd Naukowy i Walne Zebranie Polskiego Tow. Geologicznego	83

Andrzej Deloff — Wystawa: Pokojowe Zastosowanie Energii Atomowej	246
Aleksander Halpern — Konferencja radiochemiczna w Leningradzie	237
Alfred Jahn — Zjazd Geologiczny w Opawie	94
Mieczysław Jezewski — Uczczenie zasług Władysława Natansona	312
Włodzimierz Kołos — Konferencja na temat wiązań wodorowych	314
Bronisław Kuchowicz — O szkole letniej reakcji jądrowych w Jugosławii	312
Kazimierz Maślankiewicz — XXX Zjazd Polskiego Tow. Geologicznego	309
Maria Miasek — Polsko-Czechosłowacka konferencja fizyki ciała stałego, Sopot 5—9.XI.1956	163
Stefan Minc — IV Konferencja Elektrochemiczna w ZSRR	95
Jerzy Sawicki — Kilka wrażeń z pobytu w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Moskwie	166
Zofia Skubała — Sesja ku czci Jana Śniadeckiego w 200 rocznicę urodzin, odbyta w Krakowie w dniach 20 i 21.XI.1956	165
Henryk Teisseyre — Wrażenia z XX Międzynarodowego Kongresu Geologicznego w Meksyku	86

RECENZJE

Grzegorz Białkowski — „Unmeasured Hazards“	98
Wojciech Grocholski — Józef Oberc: Region Gór Bardzkich	320
Leopold Infeld — Dawid Halliday: Wstęp do fizyki jądrowej	251
Leopold Infeld — D. J. Hughes: Optyka neutronowa	251
Zbigniew Kotański — M. Książkiewicz i J. Samsonowicz: Oczerk geologii Polski	169
Kazimierz Maślankiewicz — Georgius Agricola	318
Kazimierz Maślankiewicz — Zeszyty Naukowe Akademii Górniczo-Hutniczej, Geologia nr 1	319
Maciej Suffczyński — M. A. Leontowicz: Fizyka statystyczna	317
Przemysław Zieliński — L. Groszew i J. Szapiro: Spektroskopia jąder atomowych	97
Przemysław Zieliński — L. Landau, J. Smorodński: Wykłady z teorii jądra atomowego	173
Roman Żelazny — N. N. Liebdiew: Funkcje specjalne i ich zastosowanie	252

LISTY DO REDAKCJI

List prof. dra S. Z. Różyckiego	305
---	-----

POLSKIE TOWARZYSTWO PRZYRODNIKÓW
Im. KOPERNIKA

K O S M O S

Seria B: PRZYRODA NIEOŻYWIONA



ROK III

WARSZAWA 1957

ZESZYT 1 (9)

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



PANSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE
Warszawa, Krakowskie Przedmieście 79

Nakład 937 + 92	Oddano do składu 20.XI.56	
Ark. wyd. 8,6, ark. druk. 6,25	Podpisano do druku 18.I.57	
Pap. druk. sat. kl. V, 70 g 70 x 100/16	Druk ukończono w styczniu 1957	
Cena zł 15.—	Zam. 414	B-71

OŚWIADCZENIE PREZYDIUM POLSKIEJ AKADEMII NAUK

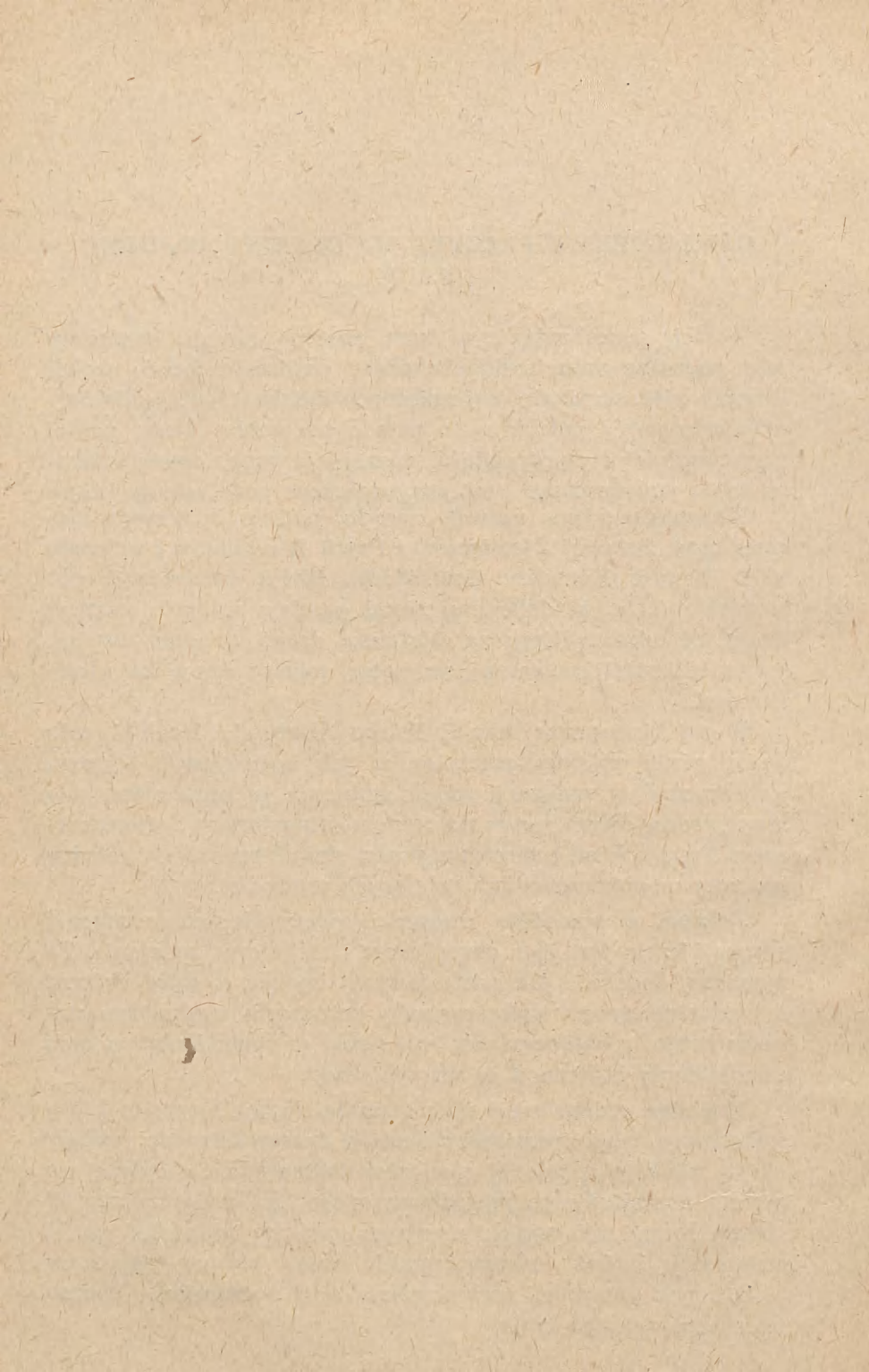
Wielkie przeobrażenia w życiu naszego narodu postawiły jako naczelne zadanie doby obecnej realizację haseł, wokół których zjednoczył się w pamiętnych dniach 19—21 października cały naród polski: są to przede wszystkim hasła pełnej niepodległości i suwerenności naszej ojczyzny, demokratyzacji życia państwowego oraz gospodarczego podniesienia kraju.

Wspaniały poryw naszego narodu, powołanie nowego kierownictwa Polskiej Zjednoczonej Partii Robotniczej i uchwały VIII Plenum Komitetu Centralnego PZPR utwierdzają nas w przekonaniu, że dokonany został przełom w życiu naszego kraju, że wkroczyliśmy na właściwą drogę budowy ustroju sprawiedliwości społecznej, na nową, własną drogę ku socjalizmowi.

W tej historycznej chwili Polska Akademia Nauk i cały świat nauki polskiej powinien w jak największym stopniu uczestniczyć w realizacji zadań stojących przed krajem, całą swą wiedzą, całym swym dorobkiem, długoletnim doświadczeniem i wszystkimi twórczymi siłami służyć narodowi i władzy ludowej w pokonywaniu istniejących trudności.

Jednym z powodów trudności występujących w obecnej sytuacji kraju jest jego gospodarcze i techniczne zacofanie. To zjawisko, podobnie jak wiele innych, wynika w dużej mierze z niedostatecznego wykorzystania potencjału naukowego naszego kraju, z niedoceniań roli nauki w życiu Państwa oraz niewłaściwej ingerencji w sprawę nauki.

Ten stan rzeczy musi ulec zmianie. Nowy okres, w który wchodzimy, musi znamionować wielki i wszechstronny rozkwit nauki, nauki wyzwolonej z więzów dogmatyzmu a opartej na prawie poszukującego prawdy uczonego do pełnej wolności badań, badań związanych z nurtem wielkich zagadnień nauki światowej, badań wzbogacających naszą kulturę narodową i służących postępowi technicznemu oraz podniesieniu ekonomicznemu naszego kraju.



Stefan Drobot

ROLA MATEMATYKI W NAUKACH TECHNICZNYCH

Matematyka jest jedną z nauk podstawowych dla techniki. Jest potrzebna w budownictwie i elektrotechnice, w chemii i konstrukcji samolotów, w budowie maszyn i radiotechnice, w energetyce i budowie okrętów. Nie ma chyba żadnej nauki technicznej, w której matematyka byłaby zbędna. Matematyka sama nie jest jednak nauką ani o budowie mostów, ani o konstrukcji samochodów, ani o elektrowniach, fabrykach lub maszynach, o technologii lub procesach chemicznych, ani o żadnym urządzeniu technicznym.

Rola matematyki w naukach technicznych jest pośrednia i bezpośrednia. Pośrednio interweniuje matematyka w technice poprzez fizykę i chemię. W istocie rzeczy technika jest zastosowaniem fizyki i chemii do produkcji, transportu i komunikacji. Tak na przykład statyka budowli i wytrzymałość materiałów jest zastosowaniem mechaniki i teorii sprężystości; teoria maszyn cieplnych — zastosowaniem termodynamiki, elektrotechnika — zastosowaniem teorii elektromagnetyzmu; podobnie inne działy techniki są mniej lub więcej rozwiniętymi zastosowaniami fizyki lub chemii. Bardziej bezpośrednia rola matematyki w naukach technicznych polega na stosowaniu już ukształtowanych teorii matematycznych do zagadnień technicznych. Tak na przykład równania różniczkowe służą do opisanie i badania wielu procesów technicznych; z bardziej szczegółowych dyscyplin można wymienić teorię odwzorowań konformicznych, która znalazła dość nieoczekiwane zastosowanie w aerodynamice, teorii sprężystości i elektrotechnice; dalej, teoria macierzy i algebra liniowa jest stosowana z powodzeniem do elektrotechniki, rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna są stosowane nie tylko do zagadnień technicznych, ale w samym procesie produkcji, do jej kontroli i regulowania. Są także takie działy matematyki, które powstały i rozwijają się z bezpośrednich potrzeb techniki. Wypada przypomnieć, że geometria wykreślna i nomografia, czyli rachunek graficzny, powstały niemal wyłącznie pod wpływem techniki. Wieża Eiffla w Paryżu jest pomnikiem metod wykreślnych w budownictwie. Geodezja i miernictwo doprowadziły do stworzenia metody najmniejszych kwadratów. Rachunek operatorów powstał na gruncie elektrotechniki, gdzie wynalazł go inżynier Heaviside. Badanie wielu równań różniczkowych, zwłaszcza o pochodnych cząstkowych, równań całkowych, funkcji specjalnych — wzięło swój początek i bodźce dalszego rozwoju od konkretnych zagadnień techniki. Metody przybliżonego rozwiązywania równań różniczkowych, stosujące obecnie wysoki aparat analizy funkcyjnej, zostały stworzone nieraz wprost

przez techników. Teoria aproksymacji powstała z zagadnień syntezy mechanizmów przegubowych i obecnie jest pod dużym wpływem potrzeb telekomunikacji. Radar i współczesna technika łączności stworzyła w ostatnich czasach nowy dział rachunku prawdopodobieństwa, teorię informacji. Wreszcie technika sama wkroczyła do matematyki przez stworzenie i rozwój aparatów matematycznych, których olbrzymią rolę nie tylko dla zastosowań, ale i dla samej matematyki trudno jest przecenić.

Można by jeszcze długo wymieniać wiele dziedzin techniki korzystających z metod matematycznych i wiele działów matematyki powstałych lub rozwijających się pod wpływem techniki. Dałoby to zapewne pełniejszy obraz wzajemnego powiązania tych nauk, mogłoby też dać wskazówki przy ustalaniu programów nauczania matematyki w szkołach technicznych i uniwersytetach, a także mieć wpływ na program działania matematyków. Takie przeglądy robiono już wielokrotnie, zwłaszcza z okazji zjazdów i konferencji naukowych, i trudno przypuszczać, by tego kiedyś zaniechano, gdyż w obecnym tempie rozwoju zarówno matematyki jak i techniki rejestry te ulegają szybko dezaktualizacji. Dokładniejszy przegląd metod matematycznych w technice nie jest zresztą rzeczą ani prostą, ani łatwą. Trudno jest nieraz przeprowadzić wyraźną linię graniczną między tymi naukami lub ich działami, tak jak na przykład trudno jest dzisiaj rozgraniczyć wyraźnie fizykę jądrową od techniki lub chemii a także i matematyki. Pełny przegląd środków matematycznych i potrzeb techniki przekraczałby także możliwości tego artykułu i przez nagromadzenie szczegółów zaciemniłby wyjaśnienie istotnej roli, jaką matematyka gra w naukach technicznych. Dlatego ograniczam się do przytoczonych już przedtem przykładów, a w dalszym ciągu będę posługiwał się tylko takimi przykładami, które mają na celu ilustrację tez ogólniejszych.

Zastanówmy się najpierw nad pytaniem, dlaczego matematykę można stosować i z powodzeniem stosuje się do tylu dziedzin techniki i innych nauk. Czym wyróżnia się ta nauka, która nie będąc fizyką ani chemią przenika głęboko do wielu zagadnień fizycznych i chemicznych, nie będąc techniką daje jej pewność i precyzję? Odpowiedź na takie pytania może wydawać się na pierwszy rzut oka nieco paradoksalna. Stosowalność matematyki do innych nauk polega na tym, że matematyka jest nauką abstrakcyjną.

Wyraz „abstrakcja“ ma w naszym języku potocznym fałszywe, ujemne znaczenie i powinien być, zwłaszcza wśród techników, zrehabilitowany. Nazywamy często „abstrakcją“ coś, co jest oderwane od rzeczywistości i właśnie nie ma zastosowania, coś, co nie jest zgodne z praktyką lub w najlepszym razie jest od niej odległe. Abstrakcja w matematyce nie oznacza jednak bynajmniej oderwania się od rzeczywistości. Polega ona na tym, że z wielu różnorodnych zjawisk, na pozór nie powiązanych i odrębnych, wydobywa ich cechy wspólne, istotne, nieraz głęboko ukryte. Abstrakcja właściwie rozumiana jest uogólnieniem i syntezą. „Istnieją dwa rodzaje uogólnień“ — piszą współcześni matematycy Polya i Szegö. „Jeżeli się można tak wyrazić: małowartościowe i pełnowartościowe. Pierwsze uogólnienie uzyskuje się drogą rozrzedzenia. drugie drogą zgęszczenia. Rozrzedzić, to znaczy nalać wody i przyrządzić rzadką zupę; zgęścić, to znaczy przyrządzić pożyteczny i pożywny ekstrakt. Połączenie w jedną całość pojęć, które według zwyczajnych wyobrażeń

są mało ze sobą związane, jest zgęszczeniem. Tak na przykład zgęszcza teoria grup rozumowania, które rozsiane przedtem w algebrze, teorii liczb, geometrii i analizie uchodziły za zupełnie różnorodne. Przykłady uogólnienia drogą rozrzedzenia byłoby jeszcze łatwiej przytoczyć, ale nie chcemy sobie robić wrogów“.

Także w naukach technicznych można przytoczyć wiele przykładów na właściwe abstrakcje, polegające na uchwyceniu istotnych cech wspólnych różnym faktom. Obecnie coraz większą rolę grają w badaniach technicznych tak zwane analogie. Zamiast badać rozkład naprężeń w pręcie skręcanym dwoma momentami, bada się kształt ugięcia błony rozpiętej na takim samym konturze, jaki ma przekrój skręcanego pręta, lub też bada się rozływ prądu elektrycznego w odpowiednim basenie z elektrolitem, co jest łatwiejsze dla praktyki laboratoryjnej. Niekiedy badania za pomocą analogii są wręcz jedynie praktycznie dostępne. Ażeby prześledzić przebieg i skutki awarii w systemie energetycznym, nie trzeba ani czekać na taką awarię, ani też jej umyślnie wywoływać; odpowiednie urządzenie złożone z obwodów elektrycznych daje wiele potrzebnych informacji. Drgania wałów korbowych, tak ważne przy projektowaniu silników spalinowych, można wygodnie badać na zastępczym równoważnym pod względem matematycznym obwodzie elektrycznym. Teoria generatora synchronicznego, a zwłaszcza badanie stabilności jego ruchu, jest pod wieloma względami analogiczna do teorii układów mechanicznych, a niektóre metody, wypracowane jeszcze przed wieloma laty do zagadnień mechaniki niebios, można zastosować do tego ważnego i trudnego zagadnienia energetyki współczesnej. Wspomniane już przedtem metody odwzorowań konformicznych znajdują zastosowanie zupełnie analogiczne zarówno w hydromechanice, przy badaniu i wyznaczaniu opływowych profili w wentylatorach, turbinach i samolotach, jak i w teorii sprężystości przy badaniu stanu płaskiego naprężeń, a także w elektrotechnice przy wyznaczaniu rozpyłu prądów lub rozkładu ładunków. Należy wreszcie też wspomnieć o ogólnej teorii podobieństwa fizycznego i teorii modeli, związanej z analizą wymiarową. Określają one warunki konstruowania modeli projektowanych lub badanych obiektów i pozwalają przenieść wyniki uzyskane w skali laboratoryjnej na przemysłową. Istotną cechą tych analogii jest to, że te same równania opisują różnorodne zjawiska. Dla techniki ważna jest konkretyzacja i szczegółowa interpretacja tych równań, dostosowana do badanego zagadnienia technicznego. Dla matematyki istotne są same równania, związki ilościowe i logiczne między nimi. Matematyka różni się więc od zastosowań jedynie stopniem abstrakcji. Teoria matematyczna, którą można stosować do pewnej klasy zjawisk, stosuje się automatycznie do każdego układu spełniającego te same warunki formalne, czyli, jak się mówi w matematyce, do układu izomorficznego. Okazuje się w ten sposób, że bardzo abstrakcyjne na pozór pojęcie izomorfizmu, które matematycy stworzyli pierwotnie dla swoich, sobie tylko wiadomych celów, zawiera po prostu ideę modelowania zjawisk i jest matematycznym ujęciem istoty analogii i podobieństwa.

Wyabstrahowanie cech wspólnych z różnych zjawisk i opisanie ich za pomocą tego samego schematu matematycznego kryje w sobie także niebezpieczeństwa, które dopiero w ostatnich czasach stanowią przedmiot troski także techników. Chodzi mianowicie o kwestię istnienia i jedno-

ści rozwiązania zagadnienia matematycznego służącego do opisania zjawiska rzeczywistego. Kwestia ta była do niedawna uważana za dewocję matematyków, którzy widocznie tak oderwali się od rzeczywistości, że nawet nie wierzą w istnienie stworzonego przez nich świata zjaw i duchów. Jeszcze dziś niektórzy technicy uważają, że największą trudność tkwi w rozwiązaniu postawionego zagadnienia matematycznego, a nie w dowodzie, że rozwiązanie to istnieje. Nawet wielki matematyk *Riemann* dowodził istnienia rozwiązań zagadnienia *Dirichleta* tym, że ładunek elektryczny wywołany rozkładem potencjału na brzegu blachy musi się przecież w tej blasze jakoś rozmieścić. Tymczasem matematyk nie kwestionuje tego, że dane zjawisko konkretne musi się w jakiś sposób odbyć, ale to, czy użyty schemat matematyczny opisuje to zjawisko należycie. Każde zastosowanie matematyki do konkretnych zjawisk wymaga ich schematyzacji. Jest to cena za abstrakcję, cena nieraz bardzo wysoka, bo mogąca prowadzić do rozbieżności ilościowych schematu do rzeczywistości, ale już cena zbyt wysoka, kiedy prowadzi do schematu logicznie sprzecznego. Ażeby tę sprawę bliżej zanalizować, rozpatrzmy przykład zupełnie klasyczny i mający doniosłe znaczenie dla techniki.

W hydromechanice i jej zastosowaniach podstawową rolę grają równania opisujące ruch cieczy. W schemacie matematycznym tego ruchu przyjmuje się różne uproszczenia zależnie od wymaganego stopnia dokładności. Jeżeli możemy posunąć abstrakcję dość daleko, to zakłada się, że ciecz nie jest lepka i tak wyidealizowany ośrodek ciągły nazywa się cieczą doskonałą. Wtedy jednak już sam formalizm matematyczny prowadzi do wniosku, że ciecz doskonała nie wywiera żadnego działania na poruszające się w niej ciała. Jest to znany w nauce tzw. paradoks *D'Alemberta*. A przecież wiadomo z codziennej niemal praktyki, że rzeczywista ciecz wywiera siły na poruszające się w niej ciała, a zbádanie tych sił, oporu czołowego i siły bocznej jest sprawą pierwszorzędного znaczenia dla zastosowań technicznych. Do niedawna panowało przekonanie, a raczej wiara, że jeżeli uwzględnić lepkość cieczy, to paradoks *D'Alemberta* zniknie. Nazwałem to wiarą, ponieważ równania opisujące ruch cieczy lepkiej, tzw. równania *Naviera-Stokesa*, są bardzo skomplikowane i dotąd udało się rozwiązać dla nich tylko kilka najprostszych zagadnień brzegowych. Nie jest z góry oczywiste, czy rozwiązania takie istnieją dla bardziej skomplikowanych przypadków, bardziej zbliżonych do rzeczywistości. Otóż takie rozwiązanie nie zawsze istnieje. Gdy na przykład samolot porusza się w nieograniczonym obszarze powietrznym ruchem ustalonym, ze skończoną energią kinetyczną, to nie istnieje rozwiązanie równań mających opisać ten ruch nawet przy uwzględnieniu ściśliwości powietrza. Nie oznacza to bynajmniej, że ruch samolotu jest niemożliwy, o tym świadczy regularna, jak dotąd, komunikacja lotnicza. Oznacza to jednak, że podstawowy dla tych zagadnień schemat zjawiska nie może ze względów zasadniczych odpowiadać rzeczywistości. Abstrakcja może więc prowadzić do zagadnień matematycznych wewnętrznie sprzecznych. Jest to tym ważniejsze, im bardziej skomplikowane metody matematyczne interweniują w zagadnieniach technicznych.

Badanie istnienia i jedyności rozwiązań zagadnienia matematycznego służącego technice ma znaczenie nie tylko zasadnicze, ale także — prze-

ważnie — bardzo praktyczne. Bardzo często dowód istnienia przeprowadza się w ten sposób, że konstruuje się kwestionowany twór matematyczny efektywnie z elementów wyjściowych i tym samym uzyskuje się metodę rozwiązania. A jeżeli się to nawet nie udaje, to dowody istnienia bardzo często lokalizują poszukiwane rozwiązanie w ograniczonych obszarach.

Im dalej jest posunięta abstrakcja, to znaczy im więcej odrzuca się cech badanego zjawiska konkretnego, tym schemat matematyczny tego zjawiska jest prostszy i łatwiejszy do opanowania, ale też tym mniej zgodny z poszczególnym konkretem. Przeciwnie, im więcej uwzględnia się cech, im abstrakcja jest mniejsza, tym schemat matematyczny staje się bliższy konkretowi, ale też komplikuje się często niepomiaralnie. To ściąganie się dwóch przeciwstawnych tendencji wymaga od matematyków i techników współpracy już we wczesnym etapie badań. Jeżeli nie udaje się pokonać trudności formalnych, technicy uzupełniają metody matematyczne badaniami empirycznymi. A z drugiej strony wyrasta przed matematyką w całej ostrości potrzeba rozwinięcia efektywnych metod numerycznych.

Metody numeryczne konkretyzują abstrakcję. Pozwalają one efektywnie zastosić wyniki badań teoretycznych do zagadnień, które stawia praktyka. Bez tego zastosowanie matematyki do techniki straciłoby niemal podstawy swojego istnienia. Nawet najprostszy schemat matematyczny może stać się bezużyteczny w praktyce, jeżeli prowadzi do wielkiej ilości chociażby prostych operacji rachunkowych. Wyrównanie błędów metodą najmniejszych kwadratów, obliczenia statyczne konstrukcji, metody obliczania kosztów własnych produkcji, teoria regulowania urządzeń automatycznych i wiele innych ważnych zagadnień technicznych prowadzą, na przykład, do układów algebraicznych równań liniowych, których teoria matematyczna jest niezmiernie prosta, ale praktyczne rozwiązanie niejednokrotnie przerasta siły człowieka, grożąc mu koniecznością zrezygnowania z pełniejszego opisu badanego zjawiska. Wiele innych zaś zagadnień technicznych da się wprowadzić w zasadzie ująć w schemat matematyczny, ale bardzo skomplikowany i wymagający długiej i żmudnej pracy. Obliczenia samolotów współczesnych, konstrukcji żelbetowych o dużych rozpiętościach, urządzeń energetycznych klasycznych lub opartych na energii atomowej, radaru, telewizji, rakiet, wymagają nie tylko wysokich środków matematycznych, ale także wielkich rachunków liczbowych. Tutaj technika przychodzi na pomoc matematyce, tworząc i rozwijając nowoczesne maszyny matematyczne, które wykonują w niezmiernie krótkim czasie olbrzymie ilości rachunków. Ze swej strony technika maszynowa matematyki współczesnej znajduje także zastosowanie w samej matematyce, a oprócz tego zmusiła do stworzenia nowych działów matematyki, jak na przykład teorię programowania.

Byłoby jednak niestuszne sądzić, że metody numeryczne są tylko pewnego rodzaju techniką matematyki. Nie tylko korzystają one z rozwiniętych już działów matematyki lub dają nieoczekiwane zastosowanie innym dotąd odległym, ale też wpływają w sposób istotny na rozwój samych teorii matematycznych. Przejście od abstrakcji do konkretnego prowokuje także drogę w przeciwnym kierunku. Metody numeryczne okazały bardzo duży wpływ na rozwój analizy funkcyjnej, logiki matematycz-

nej, algebry abstrakcyjnej. Okazało się na przykład, że podstawowe nie tylko dla metod numerycznych, ale także dla zwykłych rachunków praktycznych pojęcie liczb przybliżonych i działań na nich wymaga metod algebry abstrakcyjnej.

To wzajemne przenikanie i obustronny wpływ badań teoretycznych na praktykę nie jest rzeczą przypadkową. Jest to ilustracja tezy, że matematyka jest nauką o otaczającej nas rzeczywistości. Nawet, a raczej właśnie, matematyka nowoczesna, którą niekiedy nazywa się nauką o możliwych stosunkach logicznych, przestrzennych i ilościowych, wielokrotnie, choć nieraz niezwykle, potwierdza tę tezę. Można przytoczyć wiele przykładów, gdy badania abstrakcyjne, prowadzone na początku zupełnie daleko nie tylko od zastosowań technicznych, ale także — jak się pierwotnie wydawało — od wszelkich interpretacji matematycznych, doprowadziły do nieoczekiwanego bezpośredniego zastosowania w naukach przyrodniczych i technice. Twórcy geometrii nieeuklidesowej badali tylko związki logiczne między postulatami geometrii, które były wyabstrahowaniem istotnych właściwości przestrzeni. Ich interesowało i wręcz pasjonowało jedynie zagadnienie, czy postulat Euklidesa o równoległych jest czy nie jest logiczną konsekwencją pozostałych postulatów. Dziś wiemy dobrze, że od tych badań do opanowania energii atomowej jest znacznie bliżej, niż sądził Łobaczewski, który swoją geometrię nazwał „wyobrażalną“, lub Gauss, który nie odważył się ogłosić swych wyników, obawiając się „ryku Beotów“. Droga od teorii do praktyki może być nieraz długa w czasie i przestrzeni, ale czas drogi zależy od szybkości jej przebywania i w miarę rozwoju techniki ulega skróceniu.

Interesującym, choć nie tak doniosłym jak poprzedni, przykładem szybkiego zastosowania badań abstrakcyjnych w technice jest teoria obwodów przekąźnikowych, używająca szczególnego pojęcia liczby i swojej algebry. Pojęcie liczby było w matematyce pierwszą i podstawową abstrakcją. Dopiero w drugiej połowie XIX wieku nauka uświadomiła sobie ten fakt, że liczba jest cechą wspólną zbiorów przedmiotów, wyabstrahowaną od jakości i porządku, a działania na liczbach jest przyporządkowaniem parze liczb innej liczby. Z rozwojem nauki to, co było przedtem abstrakcyjne, skonkretyzowało się. Dziś liczby i działania na nich są czymś zupełnie konkretnym. Jeżeli chcemy powiedzieć, że coś jest proste i oczywiste, mówimy: „jasne jak $1 + 1 = 2$ “. Matematyka posunęła się tymczasem w abstrakcji jeszcze dalej. Przyjawszy liczby i działania na nich jako konkrety, wydobyła z tej klasy pojęć jedynie tę ich cechę wspólną, że działania przyporządkowują dwom przedmiotom trzeci i że działania te spełniają pewne określone, zresztą dość ogólne, warunki. Tak powstały różne teorie matematyczne, jak teoria przestrzeni liniowych, a także różne algebry. Między innymi została stworzona, pierwotnie dla celów logiki matematycznej, tzw. algebra Boole'a, w której są tylko dwa elementy, oznaczone konwencjonalnie symbolami „zero“ i „jedynek“, oraz trzy działania, trochę niezwykle, bo na przykład wymaga się, żeby było $1 + 1 = 1$. Związek tej algebry z konkretnymi zastosowaniami, na pozór dość luźny, okazał się szybko bardzo ścisły. Algebra Boole'a znalazła szybko bezpośrednią interpretację w elektrotechnice, łączności i automatyce, przy obliczaniu i projektowaniu sche-

matów połączeń przekąźnikowych. Mianowicie, jeżeli mamy skomplikowaną sieć, w której poszczególne przekąźniki mają być połączone tak, żeby niektóre z nich były otwarte lub zamknięte w zależności od tego, czy otwarte lub zamknięte są inne elementy, to algebra Boole'a jest doskonale dopasowanym narzędziem do projektowania takich sieci. Tutaj pojęciu „jedyński” odpowiada fakt, że przekąźnik jest włączony, a pojęciu „zera” — że jest wyłączony, działania „plus” i „razy” mają też swoją interpretację techniczną. „Dodawanie” — jak w logice matematycznej — oznacza alternatywę, „mnożenie” — koniunkcję. Dzisiaj technicy operują swobodnie taką algebrą, zamawiają u matematyków lub nawet sami konstruuja inne algebry, potrzebne do tego czy innego typu schematów przekąźnikowo-kontaktowych.

Cechą abstrakcyjnego ujęcia zjawisk jest nie tylko ogólność i stosowność do wielu schematów izomorficznych, ale także siła polegająca na automatyzmie stosowanej metody. Kiedy projektujemy w technice jakieś urządzenie, maszynę lub proces technologiczny, wybieramy najpierw pewien schemat, który ma możliwie dobrze odpowiadać rzeczywistości. Z chwilą wyboru schematu zagadnienie podlega wyłącznym prawom formalnym, właściwym dla tego schematu. W istocie rzeczy działanie każdej maszyny lub urządzenia technicznego polega na tym, by wyzwolić automatyzm działania praw przyrody. Sukces metody matematycznej w technice jest tym większy, im więcej jest tego automatyzmu.

Ten automatyzm praw logicznych był do niedawna w sferze przenośni. Technika współczesna dąży jednak do automatyzacji dosłownej, polegającej na wyeliminowaniu interwencji pracy ludzkiej z raz zainicjowanego procesu technicznego. Tutaj matematyka właśnie przez swoją abstrakcję zaczyna grać doniosłą i bezpośrednią rolę. Nie tylko dlatego, że do zagadnień automatyki stosuje się daleko rozwinięte środki matematyczne, jak na przykład teorię funkcji analitycznych, teorię stabilności rozwiązań równań różniczkowych, topologię lub analizę funkcyjną, lecz głównie przez zastosowanie badań nad podstawami matematyki i logiki matematycznej.

Badania nad podstawami matematyki i logika matematyczna stanowiły do niedawna dziedzinę zainteresowań matematyków i to nawet specjalnego pokroju. Stopień abstrakcji tych nauk nawet od przedmiotów matematycznych w ścisłym sensie tego wyrazu wydawał się jeszcze większy niż odległość matematyki od fizyki i fizyki od techniki. „Z technika śmieje się fizyk, z fizyka matematyk, z matematyka logik, a z logika wszyscy” — mawiano złośliwie, aż przedstawiciele tych czterech specjalności skonstruowali wspólnym wysiłkiem automatyczne aparaty matematyczne, nazywane z egzaltacją „mózgami elektronowymi”, wykonujące niezmiernie skomplikowane i żmudne operacje rachunkowe z nadzwyczajną szybkością, mające zadziwiające właściwości, porównywane — z przesadą — do pamięci, odruchów i innych cech istot ożywionych. Dział maszyn matematycznych czy też matematyki maszynowej rozwija się dzisiaj nadzwyczaj szybko i ogarnia swym zasięgiem coraz to nowe dziedziny nauki i życia.

Jaki jest związek logiki matematycznej z automatyzacją w technice? Badania logiczne, mające na celu możliwie dokładne wyjaśnienie formalizmu naszego rozumowania, systematycznie i konsekwentnie posługiwały

się modelem myślowym maszyny. Można z grubsza powiedzieć, że analiza podstaw matematyki a także schematu naszego rozumowania polega na tym, by wyodrębnić poszczególne ogniwa i ich elementarne powiązania, tak jakby chodziło o zorientowanie się w budowie i funkcjonowaniu jakiejś nie znanej, skomplikowanej i już działającej maszyny. Idea modelu „maszynowego” logiki matematycznej, sformułowana zresztą całkiem wyraźnie przez logików, zmaterializowała się we współczesnych aparatach matematycznych i w automatyce. Nie ma istotnej jakościowej różnicy między automatyzacją obliczeń matematycznych a automatyzacją innej produkcji. Schematy elektronowe, które służą do obliczania funkcji specjalnych lub toru rakiety czy prognozy meteorologicznej, mogą być przystosowane do mechanicznego tłumaczenia jednego języka na drugi, do regulacji ruchu ulicznego, zmechanizowania buchalterii i znacznej części pracy biurowej, do kierowania pojazdami bez człowieka, do handlu i laboratoriów naukowych, a te same metody konstrukcyjne i technologiczne służą do projektowania i eksploatacji całkowicie zautomatyzowanych fabryk lub działów produkcji.

Nie jest tu miejsce na rozważania, jakie konsekwencje ekonomiczne, polityczne i społeczne kryje w zarodku ta nowa era automatyki wzmocnionej nowymi potężnymi źródłami energii jądrowej. Zastanowimy się natomiast nad inną sprawą, dotyczącą już nie roli matematyki i techniki, ale matematyków i techników.

Można postawić następujące pytanie, które choć obecnie wygląda jeszcze na nieco przedwczesne, ale mogłoby wyrósnąć przed nami z całą ostrością w przyszłości. Jeżeli mianowicie rozwój automatyki pójdzie nieograniczenie dalej, to czy rola człowieka i jego inwencji twórczej nie ulegnie znacznemu ograniczeniu a nawet likwidacji? Czy automatyzacja pochłonie także matematykę z techniką i matematyków z technikami? Mówiąc nieco przesadnie, ale bardziej obrazowo, czy uda się kiedyś skonstruować maszynę, która byłaby „mądrzejsza” od człowieka? Otwierałoby to niezwykle perspektywy, z jednej strony bardzo pociągające zwłaszcza dla tych, którzy nie lubią wysiłku umysłowego, ale z drugiej strony pesymistyczne i wręcz tragiczne dla rodzaju ludzkiego, któremu groziłoby pożarcie przez stworzonego zmechanizowanego molocha.

Odpowiedź na to pytanie dała logika matematyczna jeszcze w roku 1931 w postaci tzw. twierdzenia Gödla. Twierdzenie to odnosi się właściwie do dość specjalnego zagadnienia z podstaw matematyki, ale nasuwa dość dalekie interpretacje a w każdym razie uzasadnione refleksje. O czym to twierdzenie mówi?

Wyobraźmy sobie jakąś teorię aksjomatyczną, w której przyjęliśmy pewne pojęcia podstawowe, aksjomaty i reguły dowodzenia. Na przykład taką teorią jest arytmetyka liczb naturalnych (do której pierwotnie odnosiło się twierdzenie Gödla). Ma ona trzy pojęcia podstawowe i pięć aksjomatów. Powstaje pytanie, czy ta teoria aksjomatyczna jest zupełna, to znaczy, czy każde sensowne w tej teorii zdanie jest konsekwencją przyjętych aksjomatów. Twierdzenie Gödla orzeka, że arytmetyka liczb naturalnych a także każdy dostatecznie bogaty system aksjomatyczny jest niezupełny. Innymi słowy, możemy zbudować takie zdanie w terminach arytmetyki a więc orzekające coś o liczbach naturalnych, którego prawdziwości w tej arytmetyce nie potrafimy zasadniczo ani udowodnić, ani

obalić, choćbyśmy użyli dowolnie długiego łańcucha rozumowań. W interpretacji a raczej ekstrapolacji „maszynowej” oznacza to, że nie istnieją i nie mogą istnieć żadne automaty dowolnego rodzaju, które by mogły odpowiedzieć na każde pytanie sformułowane w sposób dla nich dopuszczalny.

Twierdzenie Gödla, przyjęte pierwotnie jako destrukcyjny wpływ badań nad podstawami matematyki, jest w rzeczywistości doniosłą i optymistyczną dla człowieka wiadomością. Jest ostrą konkretyzacją tej ogólnej tezy filozoficznej, że żywe myślenie różni się w sposób istotny od pracy automatów dowolnego rodzaju, że maszyna nie może opanować człowieka.

Włodzimierz Kołos

O PEWNYM ZWIĄZKU NAUKI Z POLITYKĄ

W rezolucji uchwalonej w Moskwie na zorganizowanej w czerwcu 1951 r. wszechzwiązkowej konferencji poświęconej teorii budowy związków organicznych czytamy m. in., że „ideologiczne wypaczenia w zagadnieniach chemii teoretycznej (w szczególności teoria rezonansu — W. K.) znajdują się w ścisłym związku z wrogimi teoriami w biologii oraz fizjologii i przedstawiają wspólny front walki reakcyjno-burżuazyjnej ideologii przeciw materializmowi“.

Stwierdzenie tych powizań jest niewątpliwie wystarczającym argumentem, by dziś jeszcze raz powrócić do dyskusji nad teorią rezonansu i zrewidować wydaną wówczas o niej opinię.

*

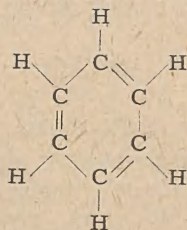
Jakie są fizyczne podstawy teorii rezonansu?

Na gruncie mechaniki kwantowej stan elektronów w cząsteczkach opisywany jest funkcją falową, będącą rozwiązaniem odpowiedniego równania Schrödingera. Jak dobrze wiadomo, równanie to dla cząsteczek jest tak skomplikowane, że chcąc je rozwiązać musimy korzystać z metod przybliżonych. Zastosowanie ich jednak do prostych cząsteczek dwuatomowych, a ostatnio także i do cząsteczek bardziej złożonych doprowadziło do zadowalających wyników i ta zgodność teorii z doświadczeniem świadczy bezspornie, że metodami mechaniki kwantowej możemy z powodzeniem rozwiązywać liczne problemy chemiczne. Wprawdzie przejściu do cząsteczek bardziej skomplikowanych, w szczególności organicznych, towarzyszy pojawienie się tak wielkich trudności matematycznych, że zmuszają one do wprowadzenia bardzo drastycznych przybliżeń i w konsekwencji zadowolenia się gorszymi wynikami, niemniej jednak nawet metody posługujące się bardzo grubymi przybliżeniami prowadzą nieraz do wielu cennych wniosków dotyczących np. rozkładu gęstości elektronowej, poziomów energetycznych cząsteczek, reaktywności różnych położeń itp. Dlatego też, mimo ograniczonego zakresu stosowalności, metody te są bardzo wartościowe dla chemików.

Fundamentem prawie wszystkich metod przybliżonych stosowanych w teorii budowy cząsteczek jest znane w mechanice kwantowej twierdzenie głoszące, że jeśli zamiast funkcji falowej, będącej ścisłym rozwiązaniem równania Schrödingera dla rozpatrywanego układu, weźmiemy inną dowolną funkcję (spełniającą tylko pewne podstawowe warunki), to przybliżona wartość energii obliczona z pomocą tej funkcji będzie zawsze

wyższa od wartości, którą otrzymalibyśmy dla stanu podstawowego danego układu, rozwiązując ściśle odpowiednie równanie Schrödingera. Jeśli więc obliczymy metodami mechaniki kwantowej energię $E_1, E_2, \dots E_n$, przyporządkowane różnym tzw. funkcjom próbnym $\varphi_1, \varphi_2, \dots \varphi_n$, to najmniejsza z wartości E_i będzie najbliższa rzeczywistej energii stanu podstawowego rozpatrywanego układu (w tym przybliżeniu, w jakim wyniki ścisłego rozwiązania równania Schrödingera odpowiadają rzeczywistości). Z matematycznego punktu widzenia problem sprowadza się więc do zręcznego dobrania funkcji falowej, tak aby przyporządkowana jej wartość energii była możliwie jak najniższa. I ta właśnie funkcja falowa odpowiadająca najniższej energii będzie lepiej niż każda z pozostałych funkcji próbnych opisywała stan elektronów. Wiedząc zaś, że kwadrat modułu funkcji falowej reprezentuje rozkład gęstości elektronowej, mamy wskazówkę, jak dobierać te funkcje próbne — konstruujemy je w taki sposób, by wykazywały symetrię właściwą rozpatrywanej cząsteczce, by dążyły do zera poza obszarem cząsteczki itp.

Dla przykładu rozpatrzmy cząsteczkę benzenu. Doświadczalnie stwierdzono, że ma ona sześciokrotną oś symetrii, że wszystkie wiązania pomiędzy atomami węgla są równocenne. Wiadomo więc od dawna, że wzór strukturalny



w myśl którego w pierścieniu benzenowym występują trzy wiązania podwójne i trzy pojedyncze, nie odpowiada rzeczywistości. Jeśli więc założylibyśmy, że stan elektronów w cząsteczce benzenu opisywany jest funkcją falową odpowiadającą zobrazowanemu powyższym wzorem rozkładowi wiązań, to z góry wiemy, że otrzymamy złą, tj. dużo wyższą od rzeczywistej wartość energii. Przyczyną tego jest nieodpowiedni dobór funkcji falowej, opisującej cząsteczkę benzenu, niezgodnie z faktami doświadczalnymi, jako układ o trzech zlokalizowanych wiązaniach podwójnych i trzech pojedynczych. Możemy jednak zbudować inną funkcję falową. Popatrzmy na dwa podane poniżej schematyczne wzory cząsteczki benzenu, różniące się położeniami wiązań podwójnych i pojedynczych.



Są to znane dobrze tzw. struktury Kekulego. Wyobraźmy sobie teraz, że mamy dwie funkcje φ_1 i φ_2 , opisujące odpowiednio stan elektronów zgodnie z pierwszym lub drugim schematem Kekulego. Każda z tych funkcji

oddzielnie odpowiada wprawdzie nierównomiernemu rozkładowi elektronów na poszczególne wiązania w pierścieniu, ale gdy utworzymy funkcję

$$\Psi = \varphi_1 + \varphi_2$$

to widać od razu, że reprezentowany przez kwadrat jej modułu rozkład gęstości elektronowej będzie jednakowy wzdłuż wszystkich wiązań — zgodnie z symetrią cząsteczki. Na podstawie tego, bez wykonywania obliczeń, możemy powiedzieć, że funkcji Ψ będzie przyporządkowana niższa, a więc bardziej zbliżona do rzeczywistej wartość energii, niż funkcji φ_1 lub φ_2 . Oczywiście, zgodność symetrii funkcji falowej z symetrią cząsteczki nie jest wystarczającym warunkiem, aby rozkład gęstości elektronowej odpowiadający tej funkcji był zgodny z rzeczywistym rozkładem elektronów w cząsteczce. Ten rozkład gęstości możemy jednak z kolei poprawić przez dodanie do funkcji Ψ jakiejś innej rozsądnie dobranej funkcji.

Powyższe szkicowe uwagi sugerują ogólną metodę konstruowania przybliżonej funkcji falowej dla opisanego stanu elektronów w cząsteczce chemicznej: weźmy zespół funkcji $\Psi_1, \Psi_2 \dots \Psi_n$, z których każda wykazuje symetrię zgodną z symetrią cząsteczki (i spełnia pewne podstawowe warunki). Następnie utworzymy z nich liniową kombinację

$$\Psi = c_1 \Psi_1 + c_2 \Psi_2 + \dots c_n \Psi_n, \quad (1)$$

a współczynniki $c_1, c_2, \dots c_n$ dobierzmy tak, aby energia przyporządkowana funkcji Ψ była możliwie jak najniższa. Wówczas im więcej weźmiemy funkcji składowych Ψ_i oraz im rozsądniej je dobierzemy, tym bardziej zgodną z doświadczeniem otrzymamy wartość energii cząsteczki, a jednocześnie tym bardziej funkcja Ψ będzie zbliżoną do ścisłego rozwiązania równania Schrödingera. W zasadzie mamy więc tu bardzo dużą dowolność w wyborze funkcji Ψ_i . Z podobnego typu dowolnością spotykamy się jednak często na terenie mechaniki kwantowej, np. gdy jakąś funkcję rozwijamy na szereg innych funkcji. Możemy wówczas wybrać dowolny szereg ortogonalnych funkcji tworzących układ zupełny i wybieramy ten, który jest dla nas najwygodniejszy rachunkowo. W rozpatrywanym tu przypadku sytuacja jest nieco inna. Ze względów praktycznych musimy ograniczyć się do niewielu funkcji Ψ_i i dlatego z góry wiemy, że nie będą one tworzyły układu zupełnego. Staramy się więc dobrać te funkcje w taki sposób, aby możliwie jak najmniejsza ich ilość dała możliwie najlepsze przybliżenie. Dużą pomocą służy nam w tym znajomość różnych własności cząsteczek, a często także i intuicja. Dowolność, z jaką mamy tu do czynienia, jest w zasadzie wspólną cechą wszystkich metod przybliżonych opierających się na metodzie wariacyjnej.

W zastosowaniu do cząsteczek organicznych — gdzie ograniczamy się zwykle do rozpatrywania tylko elektronów π , tzn. elektronów tworzących wiązania podwójne — opracowane zostały specjalne metody budowania przybliżonej funkcji falowej. Metody te stosuje się zresztą także z pewnymi modyfikacjami do cząsteczek nieorganicznych.

W myśl jednej z tych metod (pomijamy jej głębsze uzasadnienie), chcąc znaleźć przybliżoną postać funkcji falowej, należy najpierw narysować szkielet rozpatrywanej cząsteczki, odpowiadający geometrycznemu rozmieszczeniu atomów. Następnie, na wszystkie możliwe sposoby,

zgodnie z wartościami poszczególnych atomów, rozmieścić wiązania podwójne, z tym tylko ograniczeniem, aby się one nie przecinały (pomiary również proste uzasadnienie tego warunku). Dla benzenu, poza podanymi już dwoma strukturami Kekulego, otrzymamy w ten sposób jeszcze trzy tzw. struktury Dewara:



W dalszym przybliżeniu możemy wprowadzić do rozważań także i struktury biegunowe (jonowe), odpowiadające przesunięciu dwóch elektronów z wiązania w poblizłe jądra atomowego. Każdemu wzorowi strukturalnemu, obrazującemu ściśle określoną konfigurację elektronową, bez względu na to, czy może być ona zrealizowana w rzeczywistości czy też nie, umiemy przyporządkować pewną funkcję falową, Z funkcji dla struktur otrzymanych w wyżej opisanym sposób stworzymy następnie liniową kombinację według wzoru (1) i obliczamy przyporządkowaną jej energię, która będzie oczywiście zależała od współczynników $c_1, c_2, \dots, c_n$. W myśl znanej nam zasady staramy się teraz znaleźć takie wartości tych współczynników, aby energia przyjęła wartość minimalną. Funkcja falowa z tak obliczonymi współczynnikami będzie najlepszym przybliżeniem ścisłego rozwiązania równania Schrödingera, jakie można otrzymać na tej drodze. Może być ona następnie użyta do obliczania innych interesujących nas wielkości, jak np. momentu dipolowego cząsteczki, rozkładu gęstości elektronowej itp. Wartość tej metody — tak jak każdej metody przybliżonej — można ocenić tylko na podstawie wyników, do których ona prowadzi.

Naszkicowana tu metoda przybliżonego rozwiązywania problemów struktury cząsteczek chemicznych znana jest dobrze w literaturze fachowej pod nazwą metody wiązań walencyjnych. W oparciu o pionierskie prace Heitlera i Londona została ona rozwinięta głównie przez Slaterra i Paulinga. W jakim jednak związku pozostaje ta metoda z teorią rezonansu, która jest przecież głównym celem naszych rozważań? Związek ten niewątpliwie istnieje. W znanej monografii L. Paulinga *The Nature of Chemical Bond*, w rozdziale zatytułowanym *Pojęcie rezonansu*, znajdujemy właśnie elementarne podstawy metody wiązań walencyjnych, a w rozdziale pt. *Ilościowe traktowanie rezonansu w cząsteczkach organicznych* znajdujemy wyniki obliczeń wykonanych również metodą wiązań walencyjnych. Jaki jest więc stosunek wzajemny obu tych metod?

W metodzie wiązań walencyjnych funkcje $\Psi_1, \Psi_2, \dots, \Psi_n$ są, jak wiemy, fikcjami matematycznymi i nie mają żadnego sensu fizycznego. Struktury Kekulego, a tym bardziej Dewara, ułatwiające wypisanie składowych funkcji falowych, nie obrazują rzeczywistej cząsteczki benzenu. Niemniej jednak musimy pamiętać, że obrazują one pewne ściśle określone — choć fikcyjne — konfiguracje elektronowe. Czy wobec tego znajomość współczynników $c_1, c_2, \dots, c_n$ może doprowadzić do jakichś konkretnych wniosków rozszerzających i pogłębiających nasze wiadomości o budowie cząsteczki? Przekonamy się, że na to pytanie musimy dać odpowiedź twierdzącą.

Rozważmy najpierw przypadek najprostszy. Tylko jeden ze współczynników c_i , np. c_1 jest duży, a pozostałe są znacznie od niego mniejsze. A więc w przybliżeniu będziemy mieli $\Psi = \Psi_1$. Wiemy jednak, że funkcje Ψ_i odpowiadają pewnym określonym konfiguracjom elektronowym, które z kolei możemy zobrazować pewnymi wzorami (np. strukturami Kukelego i Dewara dla cząsteczki benzeny). Wobec tego dochodzimy do wniosku, że w rozpatrywanym przez nas przypadku wzór, któremu odpowiada funkcja Ψ_1 , lepiej niż każdy z pozostałych rozpatrywanych w tej metodzie odzwierciedla rzeczywistą konfigurację elektronową cząsteczki, że elektrony w cząsteczce są zlokalizowane i rozmieszczone zgodnie z tym wzorem.

Inna sytuacja występuje, gdy np. współczynniki c_1 i c_2 są prawie lub dokładnie równe i znacznie większe od pozostałych. Jeśli w przypadku benzeny ograniczylibyśmy się do dwóch struktur Kekulego, to obliczenie współczynników c_1 i c_2 doprowadziłoby nas właśnie do wniosku, wynikającego także z porównania symetrii funkcji z symetrią cząsteczki, że współczynniki te muszą być dokładnie równe. A więc żadna ze struktur Kekulego oddzielnie nie odzwierciedla poprawnie rzeczywistej cząsteczki benzeny. Jej struktura elektronowa jest w pewnym sensie pośrednia pomiędzy pierwszą a drugą strukturą Kekulego. Pamiętajmy jednak, że te struktury to fikcje matematyczne. Jeśli więc mówimy, że struktura cząsteczki jest pośrednia, że jest ona jak gdyby wynikiem nałożenia się tych struktur, nie oznacza to, że część cząsteczek benzeny wykazuje jedną, a część — drugą strukturę; nie oznacza także, że w cząsteczce benzeny elektrony oscylują, powodując w takt tych oscylacji ciągłe przechodzenie jednej struktury w drugą. Rozkład gęstości elektronowej w cząsteczce jest stały, w benzenie jest on jednakowy wzdłuż wszystkich wiązań w pierścieniu i ten fakt wyraża funkcja falowa będąca sumą funkcji odpowiadających dwom strukturom Kekulego, prowadząc dzięki temu do bardziej zgodnych z rzeczywistością wyników niż funkcja odpowiadająca tylko jednej strukturze.

I właśnie teoria rezonansu twierdzi, że cząsteczkom takim jak benzen nie można przypisać jakiegś granicznej konfiguracji elektronowej zobrazonej jednym klasycznym wzorem strukturalnym. Cząsteczkę taką należy rozpatrywać jako rezonansowy hybryd, co oznacza, że jej konfiguracja elektronowa jest pośrednia między pewnymi konfiguracjami granicznymi, które można zobrazować za pomocą tzw. struktur rezonansowych, tj. tych właśnie, które znamy już z metody wiązań walencyjnych. Dla benzeny są nimi w pierwszym przybliżeniu struktury Kekulego, w dalszym także struktury Dewara. Przy ilościowym traktowaniu problemu funkcją falową dla elektronów w takiej cząsteczce należy więc założyć w postaci liniowej kombinacji funkcji odpowiadających tym granicznym konfiguracjom i taka funkcja falowa będzie lepiej opisywała stan elektronów niż każda z funkcji składowych oddzielnie. Należy jednak pamiętać, że tylko niektóre własności konfiguracji elektronowej opisywanej liniową kombinacją pewnych funkcji składowych możemy traktować jako pośrednie pomiędzy odpowiednimi własnościami konfiguracji granicznych. Na przykład przyporządkowana jej energia jest niższa niż energia odpowiadająca każdej poszczególniej funkcji falowej.

Poznaną metodę można zastosować także i do innych przypadków. W chemii znane są dwa podstawowe typy wiązań: atomowe (kowalencyjne) i jonowe. Po zdefiniowaniu obu typów wiązań w języku mechaniki kwantowej i wykonaniu odpowiednich obliczeń można by się przekonać, że czyste wiązania atomowe czy jonowe są abstrakcją, która nie jest realizowana w żadnym konkretnym wiązaniu. Funkcji falowej o postaci $\Psi = a\Psi_{at} + b\Psi_{jon}$ będzie odpowiadała dla każdego realnego wiązania niższa, a więc bliższa rzeczywistej energia niż pojedynczej funkcji Ψ_{at} lub Ψ_{jon} . Poszczególne wiązania będą się jednak różniły stosunkiem współczynników a i b . Gdy a jest duże w stosunku do b , wówczas mamy do czynienia z prawie czystym wiązaniem atomowym. Stosunek odwrotny odpowiada natomiast prawie czystemu wiązaniu jonowemu. W cząsteczce np. wodoru udział wiązania jonowego jest mały i wynosi zaledwie kilka procent udziału wiązania atomowego. Dla cząsteczki fluorowodoru otrzymuje się a prawie równe b . Nie znaczy to oczywiście, że w cząsteczce tej występują jednocześnie nie oba wiązania albo że jedno wiązanie zamienia się w drugie i na odwrót. Rozdzielenie funkcji falowej na dwa człony Ψ_{at} i Ψ_{jon} nie wystąpiłoby, gdybyśmy potrafili ściśle rozwiązać odpowiednie równanie Schrödingera; jest więc ono tylko wynikiem naszego przybliżonego sposobu opisu wiązania. Czyste wiązanie atomowe i jonowe to graniczne przypadki, między którymi możemy umieścić różne konkretne wiązania występujące w rzeczywistości. Rozdział elektronów w tych wiązaniach oraz inne ich własności scharakteryzowane są właśnie stosunkiem współczynników a i b .

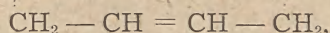
Zrozumienie roli, jaką w omawianej teorii odgrywają poznane fikcyjne struktury rezonansowe, ułatwi przykład zaczerpnięty z książki *Whelanda* (*The Theory of Resonance and its Application to Organic Chemistry*, New York 1945): Muł, jak wiadomo, jest zwierzęciem w pewnym sensie pośrednim pomiędzy koniem a osłem. Nie znaczy to, że pewne muły są końmi a pozostałe osłami; nie znaczy także, że dany muł jest koniem przez pewną część czasu, a osłem w czasie pozostałym. Muł jest odmiennym zwierzęciem; nie jest on ani koniem, ani osłem, lecz czymś pośrednim i wykazuje w pewnym stopniu cechy obu tych zwierząt.

Analogia ta — jak słusznie zauważa *Whelanda* w drugim wydaniu swej książki (*Resonance in Organic Chemistry*, New York 1955) — może jednak łatwo doprowadzić do fałszywych wniosków. Sugeruje ona bowiem, że tak jak koń i osioł nie są mniej rzeczywistymi zwierzętami niż muł, tak samo i struktury rezonansowe, stanowiące podstawę omawianej przez nas metody przybliżonej, mają także fizyczne znaczenie jak i rzeczywista cząsteczka, której stan opisujemy liniową kombinacją funkcji odpowiadających tym strukturom. Wniosek ten byłby oczywiście całkowicie błędny i dlatego we wspomnianym drugim wydaniu swej książki *Whelanda* podaje inną, poprawniejszą analogię: Gdy chcemy scharakteryzować jakiegoś człowieka, czynimy to często przez porównanie go z innymi osobami lub fikcyjnymi postaciami znanymi nam z literatury. Jeśli ktoś na przykład powie, że pewien istniejący, znany mu Jan Kowalski jest czymś pośrednim pomiędzy Sherlockiem Holmesem a Don Kiszotem, wówczas potrafimy sobie dość dobrze wyobrazić rzeczywistego Jana Kowalskiego, mimo, że ani Sherlock Holmes, ani Don Kiszot nigdy nie istnieli. A jeśli usłyszymy jeszcze, że Jan Kowalski jest bardziej podobny do Don

Kiszota niż do Sherlocka Holmesa i prócz tego wykazuje on także pewne drobne podobieństwo do Zagłoby, wówczas jego obraz stanie się dla nas jeszcze bardziej określony. Analogicznie, przez porównanie z fikcyjnymi strukturami rezonansowymi możemy scharakteryzować strukturę rzeczywistej cząsteczki.

W teorii rezonansu przypisujemy więc cząsteczce zamiast jednego wzoru klasycznego pewne struktury rezonansowe. Podanie tych struktur jest tylko umownym sposobem precyzyjniejszego niż jednym wzorem klasycznym zobrazowania rzeczywistej struktury cząsteczki i słusznie N. D. Sokołow (*Uspiechi chimii*, 18, 722 [1949] ocenia to jako pozytywny wkład teorii rezonansu do teorii budowy cząsteczek. Czy jednak słuszny jest jego zarzut, że należy „zdecydowanie odrzucić wszystkie próby objaśniania własności cząsteczek odsyłaniem do »rezonansowych struktur«”? W myśl opisanej przez nas metody możemy wprowadzić niektórym cząsteczkom przypisać bardzo dużo rezonansowych struktur, które zaciemniają obraz realnej cząsteczki, często jednak na podstawie danych doświadczalnych możemy pewne struktury wyeliminować z rozważań, a czasem możemy także ocenić „udział” poszczególnych struktur rezonansowych w strukturze cząsteczki.

Rozpatrzmy dla przykładu cząsteczkę butadienu. Cząsteczce tej możemy przypisać dwie następujące struktury rezonansowe (struktury jonowe pomijamy):

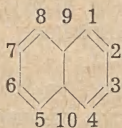


odpowiadające dwom skrajnym konfiguracjom elektronowym. W myśl pierwszej z nich w cząsteczce butadienu środkowe wiązanie między atomami węgla jest pojedyncze, w myśl drugiej podwójne. Wykonując obliczenia, tzn. znajdując współczynniki przy odpowiednich funkcjach falowych, doszlibyśmy do wniosku, że w rzeczywistej cząsteczce butadienu rozpatrywane wiązanie powinno mieć w 20% charakter wiązania podwójnego. Z kolei, korzystając z odpowiedniej krzywej empirycznej, moglibyśmy znaleźć długość tego wiązania. Możemy jednak postępować odwrotnie. Znamy z doświadczenia długość omawianego tu wiązania, która wynosi 1,46 Å i jest pośrednia między długością wiązania pojedynczego (1,54 Å) oraz podwójnego (1,33 Å). Korzystając ze wspomnianej krzywej możemy teraz znaleźć, że wiązanie między atomami węgla o tej długości ma w 18% charakter wiązania podwójnego, a więc otrzymujemy wynik bardzo zbliżony do wyniku bezpośrednich obliczeń. Stąd wiedzie już prosta droga do wnioskowania o udziale poszczególnych struktur rezonansowych w strukturze rzeczywistej cząsteczki i o jej konfiguracji elektronowej, a następnie możemy wnioskować również o innych własnościach cząsteczki, np. o jej reaktywności.

W ten sposób teoria rezonansu daje nam możliwość nie tylko przyporządkowania dwóch hipotetycznych skrajnych struktur elektronowych cząsteczce, w stosunku do której zawodzą klasyczne wzory strukturalne, ale umożliwia także rozstrzygnięcie, w jakim stopniu konfiguracja elektronowa rzeczywistej cząsteczki zbliżona jest do jednej i do drugiej konfiguracji skrajnej. Korzystamy tu oczywiście z pewnych faktów doświadczalnych, w naszym przypadku ze znanej długości wiązania, i dlatego bez-

podstawne byłoby wyjaśnianie tejże długości wiązania przypisanymi cząsteczce strukturami rezonansowymi. W odniesieniu do takiego „wyjaśniania” jest całkowicie słuszny przytoczony zarzut Sokołowa. Ustalenie struktur rezonansowych pozwala nam jednak, jak już wspominaliśmy, wnioskować o innych własnościach cząsteczki.

Przejdźmy do innego przykładu. Cząsteczce naftalenu przypisuje się w chemii organicznej wzór strukturalny

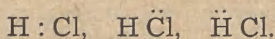


Wzór ten, podobnie jak pojedynczy wzór Kekulego w przypadku benzenu, nie obrazuje poprawnie rzeczywistej struktury naftalenu, wynika z niego bowiem, że wiązania 1—2 i 9—10 winny być wiązaniami podwójnymi, (długość 1,33 Å), a wiązania 1—9 i 2—3 pojedynczymi (1,54 Å). Wiemy tymczasem z doświadczenia, że odpowiednie długości wynoszą: 1—2 — 1,35 Å, 9—10 — 1,40 Å, 2—3 — 1,40 Å, 1—9 — 1,42 Å. W cząsteczce naftalenu według danych doświadczalnych moglibyśmy więc wiązania podzielić raczej na dwie inne grupy: do jednej należałyby wiązania 9—10, 2—3, 1—9, a do drugiej wiązanie 1—2, które jest od poprzednich znacznie krótsze. W myśl teorii rezonansu stan podstawowy cząsteczki naftalenu powinien być jednak opisywany funkcją falową będącą w pierwszym przybliżeniu kombinacją liniową funkcji odpowiadających trzem następującym strukturom rezonansowym



Zakładając, że współczynniki przy wszystkich trzech funkcjach falowych są równe, możemy powiedzieć, że wiązanie typu 1—2 w myśl tej teorii powinno mieć w 2/3 charakter wiązania podwójnego (w dwóch z rozpatrywanych trzech struktur wiązanie to występuje jako podwójne), natomiast wszystkie pozostałe wiązania powinny mieć tylko 1/3 charakteru wiązania podwójnego (tylko w jednej z trzech rozpatrywanych struktur dane wiązanie występuje jako podwójne). Widzimy, że wiązania dzielą się tu na grupy zgodnie z wynikami doświadczalnymi, z którymi wzór klasyczny pozostawał w sprzeczności. Możemy jednak spróbować również dać ilościową interpretację naszym wynikom, bowiem ze wspomnianej krzywej możemy odczytać długości odpowiednich wiązań. Na tej drodze otrzymuje się dla wiązania typu 1—2 w naftalenie długość 1,36 Å, a dla pozostałych wiązań w tej cząsteczce — 1,42 Å, co, jak wiemy, dość dobrze zgadza się z wynikami doświadczalnymi.

Rozpatrzmy teraz inny przykład, mianowicie cząsteczkę chlorowodoru (HCl). Uwzględniając tylko dwa elektrony tworzące wiązanie między atomem chloru a atomem wodoru, cząsteczce tej moglibyśmy przypisać trzy następujące struktury rezonansowe:



Jeśli funkcje falowe odpowiadające tym konfiguracjom oznaczmy przez Ψ_1 , Ψ_2 oraz Ψ_3 , to funkcja $\Psi = c_1 \Psi_1 + c_2 \Psi_2 + c_3 \Psi_3$ (ze współczynnikami c_1 , c_2 , c_3 obliczonymi przez minimalizację energii) będzie lepiej opisywała stan elektronów w cząsteczce chlorowodoru niż każda z funkcji Ψ_i oddzielnie. Wiedząc jednak, że elektronegatywność chloru jest większa niż wodoru, czyli że tym samym gęstość elektronów w pobliżu atomu chloru jest większa niż w pobliżu atomu wodoru, możemy z góry przewidzieć, że współczynnik c_3 będzie mały w stosunku do współczynnika c_2 i wobec tego w pierwszym przybliżeniu możemy położyć $c_3 = 0$. Nie potrafimy jednak *a priori* nic powiedzieć o stosunku współczynnika c_1 do c_2 . Odpowiedź na to pytanie dałoby dopiero wykonanie odpowiednich obliczeń. Gdybyśmy obliczenia te przeprowadzili z uwzględnieniem wszystkich trzech funkcji Ψ_i , przekonalibyśmy się także, że współczynnik c_3 jest rzeczywiście dużo mniejszy od c_2 .

Może ktoś zarzucić, że podaną metodą opisujemy tylko znany fakt polaryzacji wiązania, który znacznie bardziej pogładowo moglibyśmy wyrazić we wzorze chemicznym strzałką wskazującą przesunięcie elektronów. Odpowiedź na ten zarzut dają wyniki, które przytoczyliśmy powyżej dla cząsteczki butadienu. Pokazują one wyraźnie, jak uboga jest metoda strzałek, które mogą wskazać nam tylko kierunek przesunięcia elektronów, w stosunku do metody pozwalającej znaleźć i zobrazować wielkość tego przesunięcia.

Teoria rezonansu umożliwia jednak i na innych drogach otrzymanie różnych wniosków dotyczących struktury elektronowej cząsteczek. Wróćmy znów do cząsteczki benzenu. Gdyby cząsteczkę tę można było zobrazować poprawnie jednym wzorem Kekulego ze zlokalizowanymi wiązaniami podwójnymi, wówczas całkowita energia wiązania byłaby sumą energii trzech wiązań podwójnych, trzech pojedynczych i sześciu wiązań C—H. Energie te są znane z doświadczenia, można je więc zsumować i porównać ze znaną również doświadczalną wartością całkowitej energii wiązania cząsteczki benzenu. Rzeczywista energia wiązania, jak należało oczekiwać, jest większa (całkowita energia cząsteczki mniejsza) niż obliczona przez nas suma. Różnica wynosi 39 Kcal. Wynika stąd, że w cząsteczce benzenu nie mamy trzech wiązań podwójnych i trzech pojedynczych, lecz wiązania pośrednie, którym odpowiada energia większa niż średnia arytmetyczna wiązania podwójnego i pojedynczego. Tę różnicę energii, którą oblicza się z danych doświadczalnych, nazwano doświadczalną energią rezonansu. Nie jest ona odbiciem jedynie braku addytywności energii wiązań, jak twierdzi S o k o ł o w (o. c.). O braku addytywności energii wiązań, np. w cząsteczce benzenu moglibyśmy mówić tylko wtedy, gdyby w pierścieniu benzenowym występowały trzy wiązania podwójne i trzy pojedyncze. Tymczasem w rzeczywistej cząsteczce benzenu nie ma żadnego różnicowania wiązań, wszystkie wiązania są równocenne i nie są ani pojedyncze, ani podwójne. Elektrony w tej cząsteczce są zde-lokalizowane, rozłożone wzdłuż całego pierścienia i w wyniku tej delokalizacji obniżona jest energia cząsteczki w stosunku do fikcyjnego układu ze zlokalizowanymi wiązaniami podwójnymi.

Energię rezonansu można również obliczyć (metodą półempiryczną). Widzimy jednak, że jest to wielkość wprowadzona w sposób dosyć sztuczny. Powstaje więc pytanie, do jakich konkretnych wniosków może pro-

wadzić znajomość tej energii? Co daje nam porównanie energii cząsteczki z energią odpowiadającą jakiejś fikcyjnej konfiguracji elektronowej? Wyobraźmy sobie, że tylko dwie struktury rezonansowe stanowią bazę naszych obliczeń. Otóż energia rezonansu będzie największa wtedy, gdy minimum energii całkowitej otrzymamy dla równych współczynników przy funkcjach odpowiadających obu strukturom. Jeżeli natomiast jeden ze współczynników byłby mniejszy od drugiego, to i energia rezonansu byłaby również mniejsza niż w przypadku równych współczynników. W granicznym przypadku, gdy jeden ze współczynników jest bliski zeru, energia rezonansu jest również bliska zeru. Wielkość energii rezonansu pozwala więc wnioskować o współczynnikach przy funkcjach falowych. Powyżej zdefiniowaliśmy jednak tzw. doświadczalną energię rezonansu. A więc nie obliczając tej energii, a znając tylko jej wartość doświadczalną możemy również wnioskować o współczynnikach przy funkcjach odpowiadających pewnym konfiguracjom elektronowym, a stąd o konfiguracji elektronowej rzeczywistej cząsteczki. Jeśli np. dla jakiejś cząsteczki energia rezonansu jest bardzo mała, to wynika stąd, że strukturę tej cząsteczki z dobrym przybliżeniem możemy przedstawić jednym tylko wzorem.

Przejdźmy jednak do ujemnych stron teorii rezonansu. Błędem byłoby twierdzić, że teoria ta znajduje swe uzasadnienie w metodzie wiązań walencyjnych, która ze swej strony jest konsekwentnym zastosowaniem praw mechaniki kwantowej do problemów struktury cząsteczek. W odniesieniu do cząsteczek organicznych posiadających układ wiązań sprzężonych teoria rezonansu została uzupełniona pewnymi, częściowo pozornymi już przez nas założeniami, przyjętymi jednak bez żadnego uzasadnienia. Zakłada się mianowicie, że

- 1) funkcję falową cząsteczki można z dobrym przybliżeniem przedstawić jako liniową kombinację funkcji odpowiadających konfiguracjom elektronowym obrazowanym klasycznymi wzorami strukturalnymi;

- 2) jeśli jakiejś cząsteczce możemy przypisać dwa (lub więcej) klasyczne wzory strukturalne, konfiguracja elektronowa cząsteczki będzie pośrednia pomiędzy konfiguracjami obrazowanymi klasycznymi wzorami; to samo dotyczy reaktywności cząsteczki;

- 3) trwałość cząsteczki, której możemy przyporządkować kilka klasycznych wzorów strukturalnych, jest tym większa, im więcej jest tych wzorów.

Założenia te przytaczamy tu za M. J. S. Dewarem i H. C. Longuet-Higginsem (*Proc. Roy. Soc. A*, **214**, 482 [1952]), którzy badali związek między teorią rezonansu a metodą orbitali molekularnych — różniącą się od metody wiązań walencyjnych postacią wyjściowych funkcji falowych — i otrzymali bardzo interesujące wyniki.

Założenie pierwsze, jak widać od razu, narzuca pewne ograniczenie na funkcje falowe, których liniową kombinacją posługujemy się w celu opisanego stanu elektronów w cząsteczce. Rozpatrując np. cząsteczkę naftalenu ograniczyliśmy się do trzech struktur rezonansowych, odpowiadających tylko strukturom Kekulego w przypadku cząsteczki benzenu. Jest to oczywiście przybliżenie, trudno jednak czynić z tego poważny zarzut przeciwko teorii rezonansu. Na przykład w metodzie orbitali molekularnych też zakładamy funkcję falową w postaci liniowej kombinacji niewzbudzonych orbitali atomowych, pomijając zwykle orbitale wzbudzone.

Każda metoda stosowana w chemii kwantowej posługuje się pewną przybliżoną, postulowaną postacią funkcji falowej. Budując ją możemy kierować się różnymi przesłankami fizycznymi, jednak ostatecznym kryterium słuszności wszystkich przybliżeń jest zgodność wyników teorii z doświadczeniem. Wykonując odpowiednie obliczenia przekonano się, że omawiane tu założenie teorii rezonansu jest dość dobrze spełnione dla cząsteczek małych, natomiast jest nieusprawiedliwione dla większych układów skondensowanych. A więc stosowanie teorii rezonansu do cząsteczek dużych może budzić uzasadnione zastrzeżenia natury teoretycznej. Wiadomo zresztą również, że do tego typu cząsteczek metoda orbitali molekularnych nadaje się znacznie lepiej niż metoda wiązań walenyjnych.

Następne dwa założenia też nie wynikają z praw mechaniki kwantowej. Dewar i Longuet-Higgins wykazali jednak, że między teorią rezonansu (z przytoczonymi tu założeniami) a metodą orbitali molekularnych (mówimy tu o półempirycznej metodzie LCAO) występuje zadziwiająca korespondencja, że obie teorie prowadzą do tych samych wniosków. Korespondencja ta nie uzasadnia wprawdzie omawianych dodatkowych założeń teorii rezonansu, pokazuje jednak, że teoria opierająca się konsekwentniej na prawach mechaniki kwantowej prowadzi do tych samych wyników co teoria rezonansu.

Metoda orbitali molekularnych jest konsekwentnym zastosowaniem praw mechaniki kwantowej z dodatkowym założeniem specjalnej postaci jednoelektronowych funkcji falowych. Teoria rezonansu ustępuje jej w tym, że opiera się jeszcze na innych dodatkowych założeniach (potrzebnych jednak do wyprowadzenia tylko niektórych wniosków teorii). Teoria powinna być odbiciem prawdy obiektywnej o otaczającym nas świecie, a sprawdzianem tego jest praktyka, doświadczenie. W naszym jednak przypadku obie teorie prowadzą do analogicznych wniosków, w równym stopniu zgodnych z doświadczeniem. Mając do czynienia z dwoma takimi konkurencyjnymi teoriami, wybieramy tę z nich, która ma głębszą i silniejszą podstawę teoretyczną, która jest logicznie prostsza, tzn. opiera się na mniejszej ilości założeń. A więc teorię rezonansu należałoby odrzucić. Jednakże teoria ta prowadzi do wyników znacznie prostszą i krótszą drogą niż metoda orbitali molekularnych i ten właśnie fakt czyni tę teorię użyteczną.

Teoria rezonansu obejmuje jako szczególny przypadek graniczny klasyczną elektronową teorię wiązań chemicznych, a ponadto pozwala przewidywać nowe fakty doświadczalne, których teoria klasyczna nie obejmowała. Tym samym spełnia więc ona podstawowe warunki, jakich opierając się na marksistowsko-leninowskim pojmowaniu rozwoju nauki wymagamy od każdej nowej teorii. Teoria rezonansu zawodzi wprawdzie w wielu przypadkach, jej zakres stosowalności jest ograniczony, ale musimy pamiętać, że ograniczona stosowalność jest wspólną cechą wszystkich teorii, u podstaw których leżą przybliżone metody rachunkowe. Dziś, gdy rozwinięte zostały dokładniejsze i ogólniejsze metody rozwiązywania problemów struktury cząsteczek, teoria rezonansu traci coraz bardziej swe znaczenie, nie zmniejsza to jednak jej pozytywnego wkładu w teorię budowy cząsteczek na odpowiednim etapie rozwoju nauki.

Nie miejsce tu na omawianie wszystkich wyników i zastosowań teorii rezonansu — niektóre z nich poznaliśmy na poprzednich stronicach tego artykułu. Zaznaczymy tylko, że najważniejsze zastosowania tej teorii w chemii organicznej to obliczanie długości wiązań, rozkładu ładunku elektronowego, reaktywności odpowiednich położeń w cząsteczkach itp. Wnioski te — w zakresie stosowalności teorii rezonansu — są zgodne z danymi doświadczalnymi i są bardzo cenne dla chemików.

Przeciwko teorii rezonansu, a ściślej mówiąc przeciwko pewnym „uzupełnieniom“ tej teorii, można jednak wysunąć bardzo istotne zarzuty. W każdej pracy naukowej stanowiącej pozytywny dorobek nauki autor musi kierować się metodologią przynajmniej żywiołowego materializmu. I ten właśnie żywiołowy materializm przebija także z większości tych prac poświęconych teorii budowy cząsteczek, których autorzy pracują w krajach kapitalistycznych. Nie będąc jednak materialistami świadomymi, nie mając opanowanej materialistycznej metodologii, uczeni ci często nie mogą ustrzec się mniejszej lub większej niekonsekwencji w swych poglądach, która z kolei nie bez wpływu pozostaje na ich konkretną działalność naukową. Autorzy teorii rezonansu też nie stanowili tu wyjątku. Przytoczmy z ich prac jeden z przykładów zboczenia z właściwej drogi wiodącej do poznania struktury cząsteczek.

Wiadomo, że jeśli jakąś wielkość o wymiarze energii podzielimy przez stałą Plancka, to otrzymamy wielkość o wymiarze częstości. W ten sposób Pauling postąpił także z energią rezonansu, otrzymując tzw. częstość rezonansu. Wprowadzenie pojęcia energii rezonansu miało pewien sens, gdyż z niej, jak wiemy, możemy wnioskować o konfiguracji elektronowej cząsteczki, możemy stwierdzić także, w jakim stopniu konfiguracja ta jest trwalsza od pewnej konfiguracji granicznej, zobrazowanej jednym klasycznym wzorem strukturalnym. Wprowadzenie jednak pojęcia częstości rezonansu jest metodologicznie całkowicie błędne, gdyż częstość ta nie ma żadnego sensu fizycznego, nie objaśnia żadnych faktów doświadczalnych, nie rozszerza ani nie pogłębia naszych wiadomości o rzeczywistej cząsteczce. Poza tym wprowadzenie tego, jak widzimy, sztucznego pojęcia, nie związanego organicznie z teorią rezonansu i nie będącego w żadnym wypadku jej konsekwencją, sugeruje idealistyczną interpretację tej teorii — obiektywizowanie fikcyjnych struktur rezonansowych. Tego rodzaju spekulacje, nie mające nic wspólnego z rzeczywistością, należy więc poddać słusznej krytyce i zdecydowanie odrzucić. Celem konstruktywnej krytyki powinno jednak być nie tylko odrzucenie idealistycznych naleciałości hamujących dalszy rozwój teorii, lecz również wskazanie tej jej treści, która oparta na materialistycznej metodologii stanowi trwały dorobek nauki.

W wyniku przeprowadzonej w Związku Radzieckim krytyki teorii rezonansu teoria ta została uznana jako „metodologicznie błędna, fizycznie bezpodstawna i bezpłodna“. W świetle przedstawionego wyżej materiału trudno się z tą oceną zgodzić, widzieliśmy bowiem, że teoria ta prowadzi do konkretnych wyników potwierdzonych przez ostateczne kryterium oceny teorii — doświadczenie. Warto więc zapoznać się bliżej ze stawianymi teorii rezonansu zarzutami dotyczącymi jej metodologicznej i fizycznej treści.

Oto przytoczone przez M. W. Tatiewskiego i M. I. Szachparonowa w artykule opublikowanym w piśmie *Woprosy filosofii* (1949, nr 3, s. 177) cytaty z książki Paulinga (*The Nature of the Chemical Bond*, s. 11, 12), które według ich zdania są wystarczającym dowodem machistowskiego charakteru teorii: „Należy podkreślić — pisze Pauling — że w stosowaniu pojęcia rezonansu istnieje pewien element dowolności związany z wyborem początkowych struktur jako bazy dla dyskusji stanu podstawowego układu...”. Jednak „korzyść i znaczenie koncepcji rezonansu są tak duże, że wady związane z występowaniem elementów dowolności nie mają wielkiego znaczenia ...” I dalej: „...dzięki dogodności i pożyteczności tej koncepcji stosuje się ją bardzo szeroko”.

„W ten sposób, korzyść i dogodność — komentują Tatiewski i Szachparonow — oto według Paulinga podstawowe argumenty za stosowaniem teorii rezonansu”. Są one według nich wystarczającym dowodem machistowskiego charakteru teorii. Popierają ich także inni krytycy teorii rezonansu, np. Reutow (*Woprosy filosofii*, 1951, nr 4, s. 173), dla którego „zasada dogodności” — przypominamy, że chodzi tu o stosowanie przybliżonej metody rachunkowej — nie różni się w swej istocie od „zasady oszczędności myślenia”, o której Lenin pisał, że „obrona za podstawę teorii poznania do niczego innego prócz subiektywnego idealizmu prowadzić nie może” (*Dzieła* t. 14, s. 183). Lenin podał jednak również, jakie są kryteria „oszczędności myślenia”, pisząc, że „myślenie człowieka jest oszczędne wówczas, gdy wiernie odbija prawdę obiektywną; sprawdzianem zaś tej wierności jest praktyka, eksperyment, przemysł”. A czyż opisanie stanu elektronów w cząsteczce takie, jakie daje nam teoria rezonansu, nie jest odbiciem prawdy obiektywnej? Czy nasze wnioski o rozkładzie gęstości elektronów, momencie dipolowym, długości wiązań, reaktywności itp. nie są potwierdzone przez doświadczenie? Przypisywanie cząsteczce kilku struktur rezonansowych zamiast jednego klasycznego wzoru strukturalnego jest wierniejszym obrazowaniem jej rzeczywistej struktury elektronowej, zgodnym ze znanymi faktami doświadczalnymi i wyjaśniającym te fakty doświadczalne, z którymi wzór klasyczny pozostawał w sprzeczności. Pozbawione wszelkich podstaw jest więc twierdzenie Tatiewskiego i Szachparonowa, że „metodologiczną podstawą teorii rezonansu jest machistowska zasada wygody opisu ... nie zależnie (podkreślenie moje — W. K.) od tego, czy ten opis jest odbiciem rzeczywistości czy nie”.

W teorii rezonansu moglibyśmy stan elektronów w cząsteczce opisywać także liniową kombinacją innych, w zasadzie dowolnych funkcji, ale — pomijając kwestię zbieżności takiego postępowania — jeśli funkcje stanowiące bazę metody wariacyjnej odpowiadają pewnym, wprowadzicie fikcyjnym, lecz ściśle określonym strukturom elektronowym, to wówczas znając współczynniki tej liniowej kombinacji możemy bezpośrednio wnioskować o strukturze cząsteczki — jak to widzieliśmy na przykładzie cząsteczki butadienu. Rzeczywistą cząsteczkę porównujemy więc z pewnymi fikcjami o znanych cechach, tak jak rzeczywistego człowieka możemy porównywać z fikcyjnymi postaciami z literatury. Mamy dowolność w wyborze funkcji stanowiących bazę obliczeń, podobnie jak mamy dowolność w wyborze fikcyjnych postaci, z którymi porównujemy rzeczywistego człowieka. Teoria rezonansu daje nam jednak metodę skonstruo-

wania takich funkcji, które będą możliwie jak najlepiej nadawały się do przeprowadzenia tego porównania, do opisanie stanu elektronów w rozpatrywanej konkretnej cząsteczce. Takie oto są elementy dowolności i dogodności teorii rezonansu.

Nie umiejąc rozwiązać w sposób ścisły odpowiednich równań Schrödingera w chemii kwantowej, musimy zawsze stosować metody przybliżone. Im więcej zgodnych z doświadczeniem wyników chcemy otrzymać, im lepiej odpowiadającą rzeczywistości teorię chcemy opracować, tym bardziej skomplikowaną metodę, wolną od wielu upraszczających założeń musimy użyć. Ale i prostsze metody prowadzą nieraz do różnych cennych wyników. Jeśli nawet nie zawsze dają one dobrą ilościową zgodność z doświadczeniem, to jednak mogą poprawnie charakteryzować jakościowo różne obiektywne własności cząsteczek, umożliwiając głębsze poznanie ich struktury; prostota zaś tych metod jest ich wielką zaletą. U podstaw każdej przybliżonej metody leży zasada dogodności jej stosowania oraz korzyści, których miarą są zgodne z doświadczeniem wnioski teorii.

Posłuchajmy, co na temat teorii rezonansu mówi Wheland (*The Theory of Resonance and its Application to Organic Chemistry*, New York 1945, s. 28) i w czym Tatiewski i Szachparonow jak również i inni krytycy tej teorii dopatrują się także machistowskiej zasady dogodności opisu:

„Widzimy, że idea rezonansu jest pojęciem w znacznie większym stopniu umownym niż większość innych teorii w fizyce. Nie jest ona odzwierciedleniem jakichś wewnętrznych własności cząsteczki, lecz tylko matematycznym sposobem wprowadzonym przez fizyków i chemików dla własnej wygody. W istocie, gdyby zagadnienia mechaniki kwantowej można było rozwiązać ściśle lub gdyby użyto innych metod przybliżonych, pojęcie rezonansu nie powstałoby wcale. Ponadto, gdyby ... użyto innego zespołu funkcji Ψ_i , to cząsteczka, której funkcja falowa przedstawiona jest w przybliżeniu funkcją Ψ (będącą liniową kombinacją funkcji Ψ_2 . — W. K.), mogłaby być opisana jako rezonująca pomiędzy zupełnie innym szeregiem struktur. Zobaczymy jednak w następnych rozdziałach, że okoliczności te żadną miarą nie zmniejszają użyteczności tej koncepcji; zmuszają nas one jednak do pamiętania zawsze, że rezonans ma sens jedynie w odniesieniu do szczególnego sposobu przybliżenia do stanu rzeczywistego i należy zawsze mieć się na baczności, aby nie przypisywać różnym rezonansowym strukturom znaczenia fizycznego, którego nie mają.“

W świetle tego, co mówiliśmy dotąd o teorii rezonansu, wypowiedź Whelanda jest zupełnie jasna i zrozumiała. Struktura rzeczywistej cząsteczki jest tylko jedna. Jest ona stała i niezmienna w czasie. Żadna cząsteczka chemiczna nie wykazuje takich cech, z których wynikałoby, że jej konfigurację elektronową trzeba rozpatrywać jako pośrednią pomiędzy pewnymi konfiguracjami granicznymi, obrazowanymi rezonansowymi strukturami — to właśnie stwierdza Wheland pisząc, że koncepcja rezonansu nie jest odzwierciedleniem jakichś wewnętrznych własności cząsteczki. Jeśli w teorii rezonansu wypisujemy struktury rezonansowe i odpowiadające im funkcje, to przedstawienie funkcji falowej w postaci ich liniowej kombinacji nie jest odzwierciedleniem żadnych własności cząsteczki, lecz jest jedynie wygodnym chwytem matema-

tycznym; wygodnym dlatego, ponieważ przez porównanie rzeczywistej struktury z pewnymi granicznymi, fikcyjnymi strukturami wygodnie jest nam scharakteryzować obiektywne własności cząsteczki. I wobec tego bardzo słusznie W h e l a n d przestrzega, aby nie przypisywać struktur rezonansowym znaczenia fizycznego — co właśnie byłoby podejściem idealistycznym — gdyż posługiwanie się nimi jest związane tylko z pewną metodą przybliżoną.

Chcąc uzasadnić w dalszym ciągu swego artykułu całkowitą bezpodstawność teorii rezonansu, wykazać, że nie jest ona tylko „próbą dodania machistowskiego zabarwienia do teorii odzwierciedlającej prawidłowo fakty fizyczne“, T a t i e w s k i i S z a c h p a r o n o w rozpatrują w dalszym ciągu swego artykułu fizyczne podstawy tej teorii. Twierdzą oni, że autorzy teorii rezonansu starają się wywołać u czytelnika wrażenie, iż teoria ta opiera się na jednej z podstawowych zasad mechaniki kwantowej — zasadzie superpozycji stanów. Omawiając tę zasadę oraz teorię rezonansu, autorzy omawianego artykułu słusznie wskazują, że istnieje tylko zewnętrzne podobieństwo matematycznych postaci funkcji falowych w obu przypadkach. Treść fizyczna tych wyrażeń jest jednak zupełnie odmienna. W zasadzie superpozycji stanów funkcja falowa jakiegoś układu wyraża się przez liniową kombinację funkcji opisujących rzeczywiste stany, w jakich rozpatrywany układ może się znajdować. Natomiast w teorii rezonansu funkcje te odpowiadają, jak wiemy, fikcyjnym konfiguracjom elektronowym, które w rzeczywistości wystąpić nie mogą. W konkluzji T a t i e w s k i i S z a c h p a r o n o w stwierdzają, że zbieżność między matematycznymi wyrażeniami zasady superpozycji i teorii rezonansu jest czysto zewnętrzna, a wobec tego nie można interpretować funkcji składowych w teorii rezonansu jako odpowiadających pewnym realnym stanom cząsteczek. Nie można się z tym nie zgodzić, ale co to ma do rzeczy? P a u l i n g w rozdziale swej książki zatytułowanym *Pojęcie rezonansu* omawia tylko metodę wariacyjną, nie wspominając nawet o zewnętrznym podobieństwie matematycznych sformułowań tej metody (ściślej: pewnego jej przypadku szczególnego) i zasad superpozycji stanów. W fizyce znamy wiele przykładów wyrażania różnej treści fizycznej jednakowym — pod względem swej postaci matematycznej — prawem. P a u l i n g mówi jedynie, że funkcja Ψ skonstruowana w znany nam dobrze sposób jako liniowa kombinacja funkcji Ψ_i , opisujących różne konfiguracje elektronowe, jest lepszym przybliżeniem do ścisłej funkcji falowej, dla stanu podstawowego rozpatrywanego układu, niż każda z funkcji składowych oddzielnie. A to jest słuszne, gdyż energia przyporządkowana funkcji Ψ jest niższa od każdej z energii przyporządkowanych poszczególnym funkcjom Ψ_i . Prawdą jest więc, że nie ma fizycznej analogii między teorią rezonansu a zasadą superpozycji stanów w mechanice kwantowej, że funkcje Ψ_i stosowane w teorii rezonansu nie odpowiadają żadnym realnym stanom rozpatrywanej cząsteczki, odpowiadają one jednak wprawdzie fikcyjnym, lecz ściśle określonym konfiguracjom elektronowym i dzięki temu możemy z nich wnioskować o konfiguracji elektronowej i własnościach rzeczywistej cząsteczki.

W innej swej pracy (*Żurnal fizycznej chemii*, 24, 597 [1950]) T a t i e w s k i dokładniej analizuje wzajemną zależność struktur rezonansowych i odpowiadających im funkcji falowych. Píše on m. in. „Te for-

malne wzory strukturalne (struktury rezonansowe — W. K.), jak wynika z samej metody ich konstruowania, nie mogą prawidłowo odzwierciedlać realnego stanu cząsteczki. Są one tylko graficznym zapisem wszystkich a priori możliwych różnych rozkładów spinów elektronów...“ I dalej: „Jest oczywiste, że te formalne schematy strukturalne teorii rezonansu nie są chemicznymi wzorami strukturalnymi, a tylko graficznym zapisem możliwych rozkładów spinów elektronów walencyjnych i innego sensu nie mają.“

Nie ulega wątpliwości, że struktury rezonansowe nie odzwierciedlają realnych stanów cząsteczki i nie są chemicznymi wzorami strukturalnymi. Słuszne jest również stwierdzenie, że wzory te obrazują rozkład spinów elektronowych, niesłuszne jednak — że tylko ten rozkład. Funkcja falowa zależna od współrzędnych przestrzennych i współrzędnych spinowych musi być antysymetryczna względem permutacji elektronów. Skoro więc nałożymy pewne warunki na funkcje spinowe, to tym samym nakładamy również określone warunki na funkcję zależną od współrzędnych przestrzennych.

Na przykład spiny dwóch elektronów w cząsteczce wodoru mogą być ustawione antyrównolegle lub równolegle. Odpowiadające tym dwóm przypadkom funkcje spinowe mają postać

$$\alpha(1)\beta(2) - \beta(1)\alpha(2), \quad (2)$$

$$\alpha(1)\beta(2) + \beta(1)\alpha(2). \quad (3)$$

Z kolei, jeśli całkowita funkcja falowa ma być antysymetryczna względem permutacji elektronów, to funkcja zależna od współrzędnych przestrzennych musi spełniać określone, różne w obu rozpatrywanych przypadkach warunki symetrii. W metodzie Heitlera-Londona, w przypadku antyrównoległego ustawienia spinów [wyrażenie (2)], będzie ona miała postać

$$\varphi_a(1)\varphi_b(2) + \varphi_a(2)\varphi_b(1), \quad (4)$$

natomiast w przypadku spinów równoległych (3) postać

$$\varphi_a(1)\varphi_b(2) - \varphi_a(2)\varphi_b(1). \quad (5)$$

Stan podstawowy cząsteczki wodoru opisywany jest funkcją (4) i rozkład gęstości elektronów — obrazowany przez kwadrat modułu tej funkcji falowej — w obszarze między jądrami jest większy niż suma gęstości elektronów należących do dwóch nie oddziałujących ze sobą atomów. Założenie, że spiny elektronów są antyrównoległe, prowadzi więc do „zagęszczenia“ elektronów w obszarze między jądrami. Natomiast w przypadku spinów równoległych rozkład gęstości elektronów obrazowany kwadratem modułu funkcji (5) jest zupełnie inny. Mianowicie gęstość ta jest równa zero w okolicy środka odległości między jądrami. Tutaj mamy więc „rozrzedzenie“ elektronów pomiędzy jądrami.

Z powyższego przykładu widzimy wyraźnie, w jaki sposób odpowiadający przestrzennej funkcji falowej rozkład elektronów zależy od założonej postaci funkcji spinowej. Podobnie, jeśli rozpatrując np. cząsteczkę

benzeniu założymy funkcję spinową zgodnie ze schematem obrazowanym jednym wzorem Kekulego, to przyporządkowany odpowiedniej funkcji przestrzennej rozkład gęstości elektronowej będzie taki, że między atomami połączonymi w tym schemacie kreską podwójną będzie gęstość elektronów większa niż między atomami połączonymi kreską pojedynczą. W tym też sensie struktury rezonansowe nie są tylko graficznym przedstawieniem różnych rozkładów spinów elektronów walencyjnych, ale obrazują pewien określony rozkład gęstości tychże elektronów lub, jak my to nazywaliśmy — konfigurację elektronową. Właśnie dzięki temu, że różnym schematom spinowym przyporządkowane są różne rozkłady gęstości elektronów, możemy, po obliczeniu współczynników przy odpowiednich funkcjach falowych, wnioskować o konfiguracji elektronowej cząsteczki, jak to widzieliśmy m. in. na przykładzie butadienu.

Gdzie jednak należy szukać źródeł krytyki teorii rezonansu? Czy autorzy znanych monografii poświęconych tej teorii są bez winy? Czy można przyjąć bez zastrzeżeń takie stwierdzenia Paulinga jak: „W wyniku rezonansu elektronu pomiędzy dwoma jądrami powstaje trwałe jednoelektronowe wiązanie“ (o. c., s. 16), „Stabilizacja cząsteczek przez rezonans nadaje im własności aromatyczne“ (o. c., s. 141) lub Whelanda: „...możemy teraz rozpatrzeć sprawę wpływu, jaki rezonans wywiera na fizyczne i chemiczne własności cząsteczek“ (o. c., I wyd. s. 28)? Podane sformułowania, jak również wprowadzenie wspomnianego pojęcia częstości rezonansu sugerują, że rezonans jest konkretnym zjawiskiem zachodzącym w cząsteczce i efektem tego zjawiska są obiektywne własności cząsteczki. W książce Paulinga można znaleźć także inne, zupełnie sprzeczne między sobą wypowiedzi. Raz mówi on o rezonansie jako o zjawisku, innym razem jest to tylko metoda opisu. Ta niekonsekwencja i błędne nazywanie rezonansu zjawiskiem to główna przyczyna krytyki tej teorii. Wiemy, że rezonans jest związany tylko ze specyficzną metodą przybliżonego obliczania cząsteczki i żadnym zjawiskiem nie jest. Traktowanie rezonansu jako realnego zjawiska pociąga za sobą w nieuniknionej konsekwencji — jak to słusznie stwierdzają wszyscy krytycy tej teorii — obiektywizowanie fikcyjnych struktur, przypisywanie sensu fizycznego fikcjom matematycznym, a to jest najczystszy idealizm. Pozwólmy jednak wypowiedzieć się Whelowi, aby się przekonać, jak on rozumie „zjawisko“ rezonansu. W drugim, znacznie poszerzonym wydaniu swej książki (*Resonance in Organic Chemistry*, New York 1955) Wheland pisze, że wydanie pierwsze było obarczone wadami, które doprowadziły do licznych nieporozumień. Przyczyna tych nieporozumień — według Whelanda — „leży w trudnościach wynikających z okoliczności, że jedynie niezwyklej staranności w doborze słów pozwala uniknąć pojawienia się sugestii, iż cząsteczki rezonansowego hybrydu oscylują tam i z powrotem między kilkoma strukturami, a stąd, że struktury te muszą mieć realne znaczenie fizyczne. Tak na przykład pospolite twierdzenie, że hybryd rezonuje między strukturami i że struktury rezonują jedna z drugą prawie nieuniknione daje to zupełnie błędne wrażenie... Wobec tego — pisze dalej Wheland — w książce tej będziemy skrupulatnie unikali używania czasownika «rezonować»... Twierdzenie, że rezonans zachodzi między szeregiem struktur ... odnosi się do przybliżonego opisu stanu, w jakim cząsteczka się znajduje i w jakim

pozostaje. Ściślej należałoby powiedzieć, że przy rozwiązywaniu danego problemu interesującą nas cząsteczkę *n a l e ż y r o z p a t r y w a ć j a k o r e z o n a n s o w y h y b r y d*... W żadnym przypadku nie będziemy mówili o rezonansie jako o zjawisku.“

Porównajmy dla przykładu pewne zmiany wprowadzone przez *W h e l a n d a* w nowym wydaniu jego książki. W wydaniu pierwszym czytamy: „Fakt, że rezonans zachodzi między nimi (strukturami — *W. K.*)...” (str. 6). „Gdy stosujemy tę metodę przybliżoną i gdy funkcje $\Psi_1, \Psi_2, \dots \Psi_n$ można w pewien sposób przypisać pewnym określonym strukturom rozpatrywanej cząsteczki, wówczas mówi się, że cząsteczka rezonuje między tymi strukturami“ (str. 26). Analogiczne ustępy w wydaniu drugim brzmią: „Fakt, że cząsteczka jest rozpatrywana jako hybryd tych struktur“ (str. 10). „Gdy stosujemy tę metodę ... wówczas mówi się, że cząsteczka jest rezonansowym hybrydem tych struktur lub że struktury wnoszą udział do stanu cząsteczki“ (str. 24)¹.

Przytoczone powyżej cytaty z książki *W h e l a n d a* wyraźnie wskazują, jak interpretowali teorię rezonansu jej autorzy. Nie ma tam mowy o obiektywizowaniu fikcyjnych struktur rezonansowych, o nadawaniu im sensu fizycznego. A więc omawiany tu zarzut przeciwko tej teorii mógłby być wprawdzie słuszny, ale tylko w odniesieniu do pewnej możliwej, błędnej jej interpretacji, nie dotyczy on jednak interpretacji podanej przez autorów teorii, a przede wszystkim nie dotyczy samej teorii. Pod adresem autorów teorii rezonansu podtrzymywać należy tylko słuszny zarzut niewłaściwego często sposobu wyrażania się, sugerującego błędne rozumienie teorii.

W artykule *T a t i e w s k i e g o i S z a c h p a r o n o w a* można znaleźć także i inne zarzuty. „W fizyce — piszą oni — często stosuje się metodę przedstawiania złożonej funkcji lub wielkości w postaci szeregu prostych funkcji lub wielkości. Tak np. w teorii drgań każdy złożony ruch drgający można rozłożyć na szereg prostych drgań harmonicznym ... Jednak ... fizyczny sens prostszych funkcji składających się na funkcję złożoną jest w pełni określony i nie przeczy realnym warunkom, w jakich znajduje się dany obiekt materialny. Zupełnie inaczej jest w teorii rezonansu. Ta teoria nie troszczy się o to, żeby wprowadzone przez nią rezonujące stany miały realny sens fizyczny, tj. mogły w rzeczywistości istnieć w cząsteczce.“

Nie będziemy polemizowali z tego typu zarzutami. Wiadomo dobrze, że stosując metodę wariacyjną nie potrzeba się troszczyć, aby składowe funkcje falowe odpowiadały rzeczywistym stanom układu. *J a m e s i C o o l i d g e* (*J. Chem. Phys.*, 1, 825 [1933]) też nie troszczyli się w najmniejszym stopniu o to budując dla cząsteczki wodoru funkcję falową składającą się z 13 członów, a mimo to obliczyli dla tej cząsteczki energię wiązania i odległość międzyatomową w pełnej zgodności z wynikami doświadczalnymi.

W kwantowej teorii pola również w wyniku zastosowania specjalnej metody przybliżonej rozpatruje się tzw. procesy wirtualne, którym nie

¹ O ile mi wiadomo, w żadnej z polskich bibliotek nie ma do tej pory drugiego wydania książki *W h e l a n d a*. Miałem okazję zapoznać się z nim tylko bardzo pobieżnie w czasie pobytu za granicą i dlatego nie mogę wydać pełnej opinii, w jakim stopniu jest ono wolne od błędów wydania pierwszego.

można przypisywać sensu fizycznego, i to wcale nie dyskwalifikuje teorii. Rozpatruje się w fizyce także przejściowe stany wirtualne, do których przejście związane jest z naruszeniem zasady zachowania energii. Stosując metodę przybliżoną wymagamy jedynie, aby końcowe wyniki były zgodne z doświadczeniem i tylko na tej podstawie, a nie według możliwości czy niemożliwości przypisania sensu fizycznego poszczególnym etapom obliczeń oceniamy wartość teorii.

Sformułujmy raz jeszcze omówione powyżej główne zarzuty przeciwko teorii rezonansu oraz nasze wobec nich stanowisko.

Teorii rezonansu zarzucano, że nie jest ona konsekwencją mechaniki kwantowej, że jej metodologiczną podstawą jest machistowska zasada „oszczędności myślenia“, że opierając się na nieistniejącej analogii z zasadą superpozycji stanów nadaje ona sens fizyczny matematycznym fikcjom.

Pokazaliśmy tymczasem, że podstawą teorii rezonansu jest metoda wiązań walencyjnych, uzupełniona pewnymi założeniami. Założenia te mają bądź taki sam charakter jak założenia wprowadzane w każdej metodzie przybliżonej, bądź też rozszerzają zakres stosowalności teorii, umożliwiając otrzymanie nowych zgodnych z doświadczeniem wyników. U podstaw każdej metody przybliżonej leży „machistowska“ zasada korzyści i wygody, która nie jest zasadą machistowską, jeśli od metody tej wymagamy, aby prowadziła do końcowych wyników zgodnych z doświadczeniem. Z przytoczonych wypowiedzi W h e l a n d a wynika jednoznacznie, że autorzy teorii rezonansu nie nadawali sensu fizycznego struktur rezonansowym.

Zarzucamy natomiast autorom teorii rezonansu niekonsekwentny często sposób wyrażania się, sugerujący idealistyczną interpretację teorii, oraz metodologicznie błędne wprowadzenie takich sztucznych, nie związanych z teorią pojęć jak częstość rezonansu, które nie prowadzą do żadnych konkretnych wyników, a narzucają również błędną interpretację teorii.

*

W rozważaniach naszych nie możemy pominąć jeszcze jednego elementu w krytyce teorii rezonansu. Na przykład ustosunkowując się do wypowiedzi opublikowanych w latach 1949—1950 na łamach *Woprosów filosofii* redakcja tego pisma stwierdza m. in., że „teoria rezonansu jest antynaukowa także dlatego, ponieważ sprowadza ona prawidłowości chemiczne do fizycznych i mechanicznych, zacierając granicę między chemią z jednej strony a fizyką i mechaniką z drugiej“. Również na wspomnianej już wszechzwiązkowej konferencji poświęconej teorii budowy cząsteczek, na której stwierdzono, że teoria rezonansu jest „metodologicznie błędna, fizycznie bezpodstawna i bezpłodna“, poddano krytyce „mechanicyzm“ tej teorii, która „usiłuje sprowadzić zjawiska chemiczne do mechaniki elektronu“.

Poruszone tu zagadnienie dotyczy wzajemnego stosunku chemii i fizyki.

Historia rozwoju nauki pokazała, jak bezpodstawne były dążenia do wyjaśnienia wszystkich zjawisk fizycznych prawami mechaniki klasycznej. Rozwój elektrodynamiki, mechaniki kwantowej, teorii pola i innych działów fizyki wykazał dobitnie błędność tego stanowiska. Niemniej jed-

nak dziś stosujemy prawa mechaniki kwantowej do wyjaśniania zjawisk chemicznych i uważamy, że postępujemy słusznie. Współczesne metody mechaniki kwantowej adekwatnie, w sposób całkowicie zgodny z doświadczeniem, opisują i wyjaśniają własności prostych cząsteczek chemicznych; coraz liczniejsze sukcesy odnoszą te metody również w zastosowaniu do związków bardziej skomplikowanych, stosuje się je z powodzeniem do wyjaśniania coraz to innych własności cząsteczek, do rozwiązywania problemów reaktywności, w kinetyce reakcji chemicznych itp. Chemia kwantowa dąży dziś do objęcia jak najszerszego kręgu zjawisk chemicznych, wyjaśnia je, tworzy teorię zdolną do przewidywania nowych faktów i zjawisk. Współczesnymi metodami mechaniki kwantowej potrafimy wyjaśnić znacznie więcej zjawisk chemicznych niż teorią rezonansu. Prowadzą one do wyników lepiej zgodnych z doświadczeniem, uwzględniają różne efekty pomijane w teorii rezonansu, dając w ten sposób wierniejszy obraz rzeczywistości, a wiadomo, że metody te nie są mniej fizyczne niż teoria rezonansu. Czy wobec tego stosowanie tych metod jest również zaprzeczeniem niesprowadzalności prawidłowości chemicznych do fizycznych i w konsekwencji antynaukowe?

Nie bez związku z omawianym zagadnieniem będzie przytoczenie tu pewnych wypowiedzi, jakie padły na wspomnianej konferencji.

W. K. S i e m i e n c z e n k o wymagał w swym wystąpieniu, aby wszystkie fizyczne i chemiczne teorie spełniały podaną przez niego „zasadę fizycznej niezmienniczości“. W myśl tej „zasady“ teoriopoznawczą wartość mają tylko takie pojęcia, które, sformułowane w teorii przybliżonej, zachowują w pełni swój sens po przejściu do teorii ścisłej. Nie będziemy zastanawiali się, skąd S i e m i e n c z e n k o weźmie te najogólniejsze teorie będące probierzem wszystkich pojęć fizycznych — my mamy inne kryteria oceny teorii, zobaczymy jednak, do jakich wniosków prowadzi „zasada fizycznej niezmienniczości“. A więc teorię rezonansu należy oczywiście odrzucić, gdyż pojęcie struktur rezonansowych nie pojawi się przy zastosowaniu innej metody przybliżonej; pojęcie sił wymiennych należy odrzucić również, ponieważ podział energii na kulombowską i wymienną nie wystąpi przy zastosowaniu funkcji zależących *explicite* od współrzędnych względnych elektronów itp.

Rozwijając tę myśl S i e m i e n c z e n k i, M. I. B a t u j e w wystąpił przeciwko referatowi przygotowanemu na konferencję przez specjalną komisję, zarzucając, że w referacie tym uznaje się stosowalność współczesnych przybliżonych metod mechaniki kwantowej do obliczeń struktury cząsteczek, podczas gdy wszystkie te metody, łącznie z metodą wiązań walencyjnych i orbitali molekularnych, są — jak wynika z „zasady fizycznej niezmienniczości“ — machistowskie.

B. M. K e d r o w poszedł jeszcze dalej przeciw mechanice kwantowej oświadczając, że zasadę superpozycji w sformułowaniu Diraca uważa za znacznie bardziej idealistyczną do teorii rezonansu. Stwierdził on również, że gnoseologiczną podstawą teorii rezonansu jest mechanicyzm — sprowadzanie problemów chemii do mechaniki kwantowej, i dlatego zwraca uwagę, że w skrytykowanej przez wszystkich, sprzecznej z mechaniką kwantową „nowej teorii strukturalnej“ C z e l i n c e w a zawarta jest „interesująca pozytywna myśl“, iż opracowując model elektronu w chemii nie potrzeba czynić go takim, aby możliwie jak najpełniej obejmował on

wszystkie dane fizyki. Jak stąd wynika, uwzględnienie w teorii specyfiki zjawisk chemicznych, ich niesprowadzalności do zjawisk fizycznych ma polegać — według Kedrowa — na stworzeniu teorii chemicznej sprzecznej z teorią fizyczną.

Przytoczone opinie były odosobnione i nie znalazły poparcia u większości uczestników konferencji. Niemniej jednak sam fakt, że dyskusja została sprowadzona na taki poziom, że wspomniane poglądy zostały wypowiedziane przez wydawałoby się odpowiedzialnych ludzi, którzy będąc profesorami, być może, głoszą je również w swoich wykładach, jest — mówiąc delikatnie — objawem bardzo smutnym.

Na konferencji słusznie podkreślono znaczenie metod mechaniki kwantowej dla chemii teoretycznej i nie uznano ich za mechanistyczne. Wśród tych metod teoria rezonansu nie odgrywa jednak wyróżnionej roli. Zajmuje się ona — podobnie jak metoda wiązań walencyjnych czy orbitali molekularnych — tylko elektronami w cząsteczce chemicznej, a w odniesieniu do związków organicznych — tylko tzw. elektronami π . Wiadomo, że jest to przybliżenie, ale wyniki tych metod świadczą, że w tym przybliżeniu otrzymujemy wiele cennych, zgodnych z doświadczeniem wniosków. Teoria rezonansu nie sprowadza wszystkich zjawisk chemicznych do „mechaniki elektronów“, pokazuje jednak — tak jak metoda orbitali molekularnych czy metoda wiązań walencyjnych — że prawa mechaniki kwantowej zastosowane do elektronów w cząsteczkach wyjaśniają wiele problemów chemii.

Nikt nie może zaprzeczyć, że przebieg reakcji chemicznej zależy m. in. od rodzaju wiązań między atomami, rozkładu gęstości elektronów, polaryzowalności „chmury elektronowej“ itp., że poznanie stanu elektronów w cząsteczce jest podstawowym warunkiem zrozumienia procesów chemicznych. I właśnie metody mechaniki kwantowej prowadzą do znalezienia przybliżonej funkcji falowej opisującej stan elektronów i umożliwiającą otrzymanie wszystkich informacji dotyczących elektronów w cząsteczce.

Warunkiem głębszego zrozumienia zjawisk bardziej złożonych jest zrozumienie zjawisk prostszych, które stanowią ich podstawę, i tym dążeniem do wyjaśnienia zjawisk prostszych nie negujemy swoistości zjawisk złożonych, nie sprowadzamy jednego do drugich. Chemia kwantowa nie udzieli nam odpowiedzi na pytanie, z jakich produktów wyjściowych i jak przeprowadzić syntezę rimifonu lub proszku DDT, nie odpowie, co będzie produktem dalszego nitrowania nitrobenzenu — dwu- czy trójnitrobenzen, względnie w jakich warunkach powstanie jeden, a w jakich drugi z wymienionych związków, ale właśnie chemia kwantowa wyjaśni nam, dla czego ta dalsza grupa nitrowa wchodzi w położenie meta, a nie w jakieś inne. W rozwoju swym chemia kwantowa napotyka wielkie trudności, część ich jednak to trudności natury wyłącznie matematycznej. Dziś nie potrafimy wprowadzić przewidzieć, w jakim stopniu i w jakim zakresie Schrödingerowska mechanika kwantowa zdolna jest rozwiązać problemy chemii teoretycznej, zaprzeczanie jednak możliwości wyjaśnienia zjawisk chemicznych teoriami fizycznymi, uzasadniane powoływaniem się na niesprowadzalność prawidłowości chemicznych do fizycznych, byłoby dogmatyzowaniem i hamowaniem rozwoju nauki.

Na poprzednich stronicach przedstawiliśmy podstawy teorii rezonansu, omówiliśmy główne zarzuty przeciwko niej wysunięte, wskazaliśmy również pewne błędy autorów tej teorii. Spłyconiem i uproszczeniem zagadnienia byłoby jednak twierdzenie, że jedynym źródłem krytyki było bezpodstawne wprowadzenie pojęcia częstości rezonansu czy też pewne niewłaściwe sformułowania. Istotnych źródeł należy szukać gdzie indziej. Bardzo znamienne światło rzuca tu wypowiedź C z e l i n c e w a, który jako jeden z pierwszych wystąpił w Związku Radzieckim z krytyką teorii rezonansu, proponując na jej miejsce wspomnianą już, sprzeczną z mechaniką kwantową „nową teorię strukturalną“. Redakcje czasopism radzieckich odmawiały początkowo publikacji poglądów C z e l i n c e w a i sytuacja ta zmieniła się dopiero w istotny sposób — jak pisze — C z e l i n c e w — po wskazaniach CK WKP(b) dotyczących zagadnień ideologicznych i po referacie T. D. Ł y s e n k i *O sytuacji w nauce biologicznej* (*Woprosy filozofii*, 1950, nr 2, s. 170). Wtedy bowiem niesławna teza o zastrzaniu się walki klasowej zaczęła w pełni działać również i na terenie nauki, skutecznie hamując jej rozwój. Brak wrogów rzeczywistych nie stanowił w owym czasie problemu — wyszukiwano i zwalczano urojonych. Metody tej walki musiały być oczywiście bardzo specyficzne. Jedną z pospolitzych to spłykanie — nieraz do absurdu — stanowiska przeciwnika, a następnie obalanie przypisywanych mu „reakcyjnych“, „metafizycznych“ czy „antynaukowych“ poglądów. Pomocne w tym było zręczne operowanie odpowiednio wykrojonymi cytatami.

Dogmatyzm, hamujący postęp, brak swobodnej wymiany poglądów, ingerencja partii w sprawę nauki, kult własnych osiągnięć i programowa pogarda wobec powstających na Zachodzie — czyli w „atmosferze ogólnego upadku i gnicia kultury oraz nauki“ — teorii, charakteryzowały ten okres, tak podobny i w nauce czasom panowania inkwizycji.

Nie będziemy analizowali warunków, które doprowadziły do tego stanu — uczyniono to już na łamach innych pism. Celem niniejszego artykułu jest tylko sprostowanie poglądów na teorię rezonansu u tych, którzy oddaleni w swej pracy od współczesnej chemii kwantowej oceniali tę teorię na podstawie wyników omawianej tu dyskusji.

Nie kwestionujemy, iż dyskusje nad metodologiczną treścią różnych teorii współczesnego przyrodoznawstwa mają dla rozwoju nauki bardzo istotne znaczenie. Twórcza, nie skrępowana krytyka oraz oparta na marksistowsko-leninowskiej teorii poznania ocena tych teorii warunkują postęp w nauce. Jeśli jednak dyskusje te mają spełnić swe zadanie, zabierający w nich głos muszą przestrzegać pewnych, wydawałoby się, oczywistych, niemniej lekceważonych w przeszłości reguł: muszą znać istotną treść rozpatrywanych teorii oraz mówić o niej prawdę. Z przytoczonych powyżej warunków drugi dotyczy poziomu etycznego dyskutantów, pierwszy ich kwalifikacji naukowych. Na temat teorii w chemii czy teorii względności winni zabierać głos ci, których opinie na te teorie ukształtowały nie popularne publikacje lub dyletanckie studia, lecz głęboka znajomość odpowiedniej dziedziny nauki i którzy posiadają poczucie odpowiedzialności za wypowiedane sądy. Jedynie spełnienie tych warunków zapobiegnie spłycaniu dyskusji i uczyni z nich prawdziwe narzędzie walki o postęp w nauce.

Roman Mierzecki

O TADEUSZU GODLEWSKIM
ZAŁOŻYCIELU PIERWSZEJ PRACOWNI PROMIENIOTWÓRCZEJ
W POLSCE

(W pięćdziesięciolecie powstania pracowni)

Przed fizyką i chemią jądrową otwarte są dziś w Polsce wielkie perspektywy rozwoju. Polscy badacze jądrowi będą wkrótce dysponować nowoczesnymi akceleratorami, będą mieli do dyspozycji reaktor atomowy, a dzięki uczestnictwu Polski w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych mają dostęp również do prac z cząstkami o bardzo wielkich energiach. W związku z tymi perspektywami warto przypomnieć sobie, z jakimi trudnościami walczyli pięćdziesiąt lat temu polscy fizycy jądrowi, jakie problemy ich interesowały. Tematyka prac pierwszej polskiej pracowni poświęconej badaniom promieniotwórczym była ściśle związana z drogą naukową jej założyciela Tadeusza Godlewskiego, który pięćdziesiąt lat temu w roku 1906, w wieku lat 28, został profesorem zwyczajnym fizyki Politechniki Lwowskiej.

Tadeusz Godlewski, najmłodszy syn znanego fizjologa krakowskiego Emila Godlewskiego, urodził się 4 stycznia 1878 roku. Wychowany od dzieciństwa w atmosferze kultu nauki uważał ją przez całe życie za najistotniejszy cel swej działalności. Pracę naukową rozpoczął w roku 1902 na Uniwersytecie Jagiellońskim pod kierunkiem prof. Witkowskiego. Pierwsza jego praca, pozostająca w ścisłym związku z tematyką opracowywaną wówczas w Krakowie, dotyczyła badań ciśnienia osmotycznego roztworów stężonych. Ponieważ jednak bezpośredni pomiar ciśnienia osmotycznego był bardzo uciążliwy i mało dokładny, Godlewski ucieka się do drogi pośredniej. Wyprowadza on, na podstawie potencjałów termodynamicznych, zależność występującą pomiędzy ciśnieniem osmotycznym roztworów a siłą elektromotoryczną ogniw o budowie podobnej do budowy znanego ogniwa Westona. Stosując jako elektrolity roztwory ZnCl_2 , CdCl_2 i CdSO_4 oraz zmieniając ich stężenie przy jednej z elektrod, Godlewski znajduje za pomocą wyprowadzonych przez siebie wzorów wielkość proporcjonalną do współczynnika ν a n't Hoffa „i”. Godlewski stwierdza, że wbrew panującym wówczas teoriom współczynnik ten nie zmienia się liniowo w obszarze dużych stężeń, lecz posiada minimum (np. dla CdSO_4 w roztworach o stężeniu 0,4 n). Ponieważ wniosek, jakoby poczynszy od tych stężeń dysocjacja rosła, jest wnioskiem absurdalnym, badacz stwierdza, że wyniki jego „...nie sprzeciwiają się bynajmniej teorii Arrheniusa, trzeba tylko pamiętać,

że w koncentracjach ponad nimi nie wolno nam stosować praw gazowych". Jest to jedna z pierwszych prac sygnalizująca niepełną stosowność praw gazowych do roztworów Godlewski jest zatem „prekursorem” powstałej dwadzieścia lat później teorii silnych elektrolitów Debye'a Hückla.

Wspomniana powyżej praca była pracą doktorską Godlewskiego. Na dalsze studia wyjeżdża on za granicę. W roku 1903 pracuje w największym wówczas laboratorium elektrochemicznym w Europie, w Sztokholmie, pod kierunkiem Arrheniusa. Bada on zachowanie się roztworów słabych elektrolitów (kwasów organicznych) w absolutnym alkoholu etylowym i jego mieszaninach z wodą. Stwierdza, że roztwory te podlegają wprawdzie prawu rozcieńczeń Ostwalda, kolejność stałych dysocjacji tych kwasów jest jednak w roztworach alkoholowych inna niż w roztworach wodnych. Jest to znów jedna z pierwszych w literaturze światowej prac dotyczących niewodnych roztworów elektrolitów.

W poszukiwaniu nowych, mało wówczas znanych zagadnień Godlewski po wykonaniu wspomnianej drugiej pracy elektrochemicznej porzuca na razie tę dziedzinę badań. Wróci do nich jeszcze za kilka lat, we własnym laboratorium, i będzie je łączył z tą nową gałęzią fizyki, którą się zacznie zajmować.

Zagadnieniem, które w pierwszych latach XX wieku wzbudzało największe zainteresowanie fizyków (a przecież Godlewski był właśnie fizykiem, mimo że jego pierwsze prace dotyczyły elektrochemii), było zjawisko promieniotwórczości. Coraz więcej pracowni fizycznych zajmowało się tą nową gałęzią wiedzy. Największy rozgłos zdobył sobie wówczas młody, zaledwie trzydziestotrzyletni Nowozelandczyk Ernest Rutherford. Rutherford kierował wówczas katedrą w Montrealu i do niego właśnie, do Kanady, wybrał się Godlewski jesienią 1904 roku. Był on pierwszym zagranicznym uczniem tego wielkiego fizyka.

W tych czasach o rozpadzie promieniotwórczym wiedziano jeszcze bardzo niewiele, nic więc dziwnego, że przeprowadzano różne doświadczenia, które, jak dziś wiemy, nie mogły dać pozytywnego wyniku. W niektórych zresztą doświadczeniach oczekiwano nawet wyniku negatywnego, by wykluczyć pewne hipotezy. W roku 1904 wiedziano już o istnieniu trzech rodzajów promieni: alfa, beta i gamma, lecz nie znano dokładnie natury promieni alfa, a zwłaszcza gamma. Wiedziano, że promienie alfa radu mają ładunek dodatni, gdyż silnie odchylały się w polu magnetycznym, mimo jednak użycia bardzo silnych pól magnetycznych promieni gamma radu nie udawało się odchylić. To zagadnienie było w owym okresie jednym z tematów prac w laboratorium Rutherforda. Ono też zainteresowało Godlewskiego.

Przypuszczał on, że negatywny wynik doświadczeń z uginaniem promieni gamma radu był spowodowany ich dużą energią i dlatego próbował uzyskać ten efekt z niższej energetycznymi promieniami gamma aktywnu. A oto jak opisuje wynik tego doświadczenia jeden z jego kolegów dr A. S. Eve, który później został następcą Rutherforda w Montrealu:

„Pewnego ranka pokazał mi (Godlewski) płytę fotograficzną, na której były wyraźne linie półcalowe nachylone do siebie jak rogi antylopy.

Zastosował on pole magnetyczne i odwrócił je. Godlewski tańczył z radości i powitał Rutherforda słowami: »Udało mi się całkowicie odchylić promienie gamma aktywnu«. Rutherford spojrzał na kliszę i rzekł z uśmiechem: »Proszę to powtórzyć«. »Oczywiście, zrobię to natychmiast« odparł Godlewski, lecz ponawiał swe próby tydzień po tygodniu bez cienia sukcesu i dziwić się trzeba, co za złośliwy duszek umieścił skazę w tym właśnie miejscu, aby zmącić zapalonego Godlewskiego⁶. (A. S. Eve, *Rutherford*, Cambridge 1939, str. 104).

Chociaż pobyt Godlewskiego w Montrealu trwał zaledwie pół roku, oprócz tej nieudanej i nieopublikowanej pracy wykonał on trzy inne. W jednej z nich badał rozdzielanie uranu i uranu X drogą frakcjonowanej destylacji i wyjaśnił dyfuzją atomów w kryształach zaobserwowane już poprzednio anomalie zmiany promieniowania w czasie. Tematem drugiej pracy było badanie aktywnego szeregu promieniotwórczego. W szeregu tym wykrył istnienie pomiędzy aktynem a jego emanacją (aktynonem) przejściowego pierwiastka, a ściślej izotopu promieniotwórczego aktynu X. Trzeba jednak przyznać, że tok rozumowania naszego uczonego, który nasunął mu myśl, że taki pierwiastek powinien istnieć, nie jest z dzisiejszego punktu widzenia słuszny. Kierował się on bowiem analogią między szeregiem aktynowym i torowym. Wedle ówczesnych pojęć toron powstawał z toru poprzez tor X, a więc jak sądził Godlewski, i aktynon powstawać powinien z aktynu poprzez aktyln X. Dziś wiemy, że szeregi promieniotwórcze nie są do siebie analogiczne. Aktyln przechodzi w aktynon poprzez radioaktywny i aktyln X lub przez frans i aktyln X, produktami zaś rozpadu promieniotwórczego toru są kolejno: mesotor 1, mesotor 2, radiotor, tor X i toron.

W Montrealu Godlewski badał również absorpcję promieni beta aktywnu. Stwierdził przy tym, że absorpcja ta odbywa się zgodnie z prawem wykładniczym, i wyprowadził stąd wniosek, że promienie beta, wysyłane przez dany pierwiastek promieniotwórczy, są jednorodne. Niesłuszny ten wniosek odegrał w swoim czasie dużą rolę w nauce i dopiero po kilku latach został obalony przez J. Danysza, twórcę pierwszego spektrografu beta.

W kwietniu 1905 roku wraca Godlewski do kraju, z żalem żegnany przez Rutherforda¹.

Przenosi się do Lwowa, gdzie habilituje się z fizyki na tamtejszej Politechnice. W następnym roku 1906 obejmuje na tej uczelni katedrę fizyki i przystępuje do organizowania pracowni. Niełatwa była sytuacja młodego, 28-letniego profesora na nowym stanowisku. Politechnika Lwowska nie miała wówczas żadnego laboratorium fizycznego ani do prac badawczych, ani nawet pracowni dydaktycznych. Jedyne zbiory mieściły się w „Muzeum Fizyki“. Wobec szczupłości ówczesnych dotacji zakup każdego, nawet najprostszego przyrządu był poważnym problemem, a przecież G o d l e w s k i, jako fizyk doświadczalny, zdawał sobie dobrze sprawę, że bez pracowni nie tylko praca naukowa, ale i nauczanie nie jest możliwe. Z tych też przyczyn przez siedem lat od powrotu do kraju G o d l e w s k i nie ogłasza żadnej pracy naukowej. Cały swój czas poświęca

¹ W liście do żony z dnia 9 kwietnia 1905 r. pisze Rutherford: „Godlewski opuścił nas ubiegłej nocy, żałuję, że odjechał, bo był on bardzo dobrym człowiekiem“ (wg A. S. Eve, *Rutheford*, Cambridge 1939, str. 128).

na organizowanie pracowni studenckich i naukowych. Organizuje pierwszą w kraju pracownię poświęconą zagadnieniom promieniotwórczym.

W poszukiwaniu nowej, oryginalnej tematyki Godlewski postanawia zająć się zagadnieniami wiążącymi się z obu dziedzinami, w których dotyczył pracować: elektrochemią i nauką o promieniotwórczości. Bada więc zjawiska elektrochemiczne wywołane przez zjawiska rozpadu promieniotwórczego. W roku 1912 pojawia się pierwsza praca wykonana w jego pracowni. Dotyczy ona elektrochemicznych właściwości roztworów substancji promieniotwórczych. Godlewski stwierdził ku swemu zdziwieniu, że rad A wydziela się na anodzie, rad B na katodzie, rad zaś C dzielił się między anodę i katodę. Ponieważ wszystkie te ciała są metalami i tworzą w roztworach wodnych kationy, wynik ten był zupełnie nieoczekiwany. Dla wytłumaczenia tych zjawisk badacz przypuścił, że pierwiastki te tworzą w roztworach bardzo rozcieńczone koloidy: rad A emitujący cząstkę alfa otacza się rodnikiem OH i tworzy koloid ujemny, rad B emitujący cząstkę beta — koloid dodatni, rad zaś C, choć według Godlewskiego daje koloid ujemny, może być przyciągany do katody przez rad B, z którego powstaje. Przyczyną powstawania koloidu jest, zdaniem Godlewskiego, sama reakcja promieniotwórcza, podobnie jak w metodzie Bredinga-Svedberga jest nią rozpylanie metalu w łuku elektrycznym. Umieszczając taki roztwór w elektrolizerze mielibyśmy zatem do czynienia nie z elektrolizą, lecz z elektroforezą.

Wyniki dalszych swych badań tłumaczy Godlewski również omówioną powyżej hipotezą. Zmienia on stężenie jonów wodorowych roztworu, dodaje koloidy dodatnie i ujemne i obserwuje strącanie się osadów promieniotwórczych. Na podstawie tych badań podaje nowy sposób otrzymywania osadów promieniotwórczych z roztworów rozcieńczonych substancji promieniotwórczych. Zwraca on uwagę, że włókna bibuły łądzą się ujemnie wskutek ruchu cieczy w czasie przepływu. Koloid dodatni, zawierający rad B, strąca się na nich, a koloid ujemny z radem A wsiąka. Rad A ma jednak bardzo krótki czas życia i szybko przemienia się w rad B, który, jak już wspominaliśmy, strąca się na włóknach. Wystarczy zatem przesączyć roztwór substancji promieniotwórczej przez bibułę, a strąci się na niej prawie cała jej ilość zawarta w roztworze. Po spaleniu sączka można ją otrzymać z kilku zaledwie miligramami popiołu.

Tłumaczenie Godlewskiego niezupełnie jest zgodne z dzisiejszymi poglądami. Nie uwzględniał on zupełnie roli zanieczyszczeń, które znajdowały się w wodzie używanej w jego doświadczeniach. One mogły być przyczyną obserwowanych zjawisk. Były to jednak pierwsze badania nad elektrochemią roztworów ciał promieniotwórczych i odegrały one dużą rolę w rozwoju tego kierunku badań.

Niestety wypadki polityczne nie pozwoliły Godlewskiemu kontynuować tych, pionierskich i na szeroką skalę zakrojonych badań. Wybuch pierwszej wojny światowej wypędza go ze Lwowa i z takim trudem zorganizowanej pracowni. Okres wojenny spędza Godlewski częściowo w Wiedniu, gdzie pracuje w tamtejszym Instytucie Radiologicznym.

W roku 1919 przerywa prowadzone tam badania i powraca na dawną swą placówkę na Politechnice Lwowskiej. Czeką go tu wiele obowiązków, obowiązków uczonego i obywatela. Musi zrekonstruować pracownię i roz-

począć w niej ponownie pracę naukową. Rozpoczyna zakrojone na szeroką skalę badania nad rozpylaniem katodowym metali promieniotwórczych. Od tej pracy naukowej odrywają go jednak liczne obowiązki dydaktyczne i organizacyjne. Przed naukowcami polskimi staje w tych latach problem organizowania polskiego życia naukowego na gruncie niepodległości Polski. Tadeusz Godlewski jest w tych trudnych latach rektorem Politechniki Lwowskiej, jest czynnym członkiem Kasy Mianowskiego, jest członkiem założycielem Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Ważniejsze niż własne badania są dla niego w tym okresie sprawy związane z przyszłymi losami polskiej nauki. „Sprawę przygotowania odpowiednio wykwalifikowanych ludzi, którzy by potrafili później prowadzić racjonalnie sprawę nauczania i posunąć prawdziwie rozwój naszej nauki, uważam za postulat najważniejszy” — pisze Godlewski w czasopiśmie „Nauka Polska” w r. 1919.

Nic dziwnego, że jego własne badania rozwijają się w tych warunkach bardzo powoli, a ciężka choroba, której nabawił się wskutek trudnych i nieodpowiednich warunków pracy w laboratorium, nie pozwoliła mu ich dokończyć. Godlewski zmarł 28 lipca 1921 r. w pełni sił twórczych przeżywszy zaledwie 43 lata.

Ciężkie warunki pracy i przedwczesna śmierć nie pozwoliły Godlewskiemu rozwinąć jego śmiałych i pionierskich pomysłów. Nie pozwoliły również wykształcić grona uczniów, którzy by kontynuowali jego prace. Toteż postać Tadeusza Godlewskiego, założyciela pierwszej polskiej pracowni promieniotwórczej, została całkowicie zapomniana. Warto jednak, by rozszerzające się obecnie grono polskich fizyków i chemików jądrowych pamiętało o pierwszym polskim fizyku, który w bardzo ciężkich i prymitywnych warunkach przyczynił się do rozwoju chemii, a ściślej elektrochemii jądrowej.

JAN ŚNIADECKI, ORGANIZATOR ASTRONOMII POLSKIEJ

(1756—1830)

W plejadzie nazwisk organizatorów życia umysłowego Polski epoki Oświecenia jedno z wybitnych miejsc należy się Janowi Śniadeckiemu, założycielowi Obserwatorium Krakowskiego, wieloletniemu rektorowi Uniwersytetu Wileńskiego i kierownikowi Obserwatorium Wileńskiego. Urodził się Jan Śniadecki 29 sierpnia 1756 r. w Żninie. Zainteresowanie do nauk ścisłych obudziło się u niego już w latach chłopięcych, podczas nauki szkolnej w Poznaniu, gdzie w szkole jezuickiej uczył fizyki w nowoczesnym ujęciu Józef Rogaliński. Jezuici poznawszy widząc u chłopca duże zainteresowanie naukami ścisłymi dopomogli mu do wyjazdu do Krakowa, gdzie w roku 1772 Jan Śniadecki zapisał się na studia w Akademii, z którą związał się na przeciąg przeszło 30 lat.

Był to okres upadku nauki w Akademii Krakowskiej, w której wówczas metody nauczania niewiele odbiegały od średniowiecznych. Nauka Kopernika była odrzucana w sposób kategoryczny, a wśród profesorów grupy matematycznej wybitne stanowisko zajmował astrolog królewski, którego głównym obowiązkiem było układanie kalendarzy z prognostykami astrologicznymi. W kołach intelektualnych ówczesnej Polski odczuwano jednak żywą potrzebę daleko idących reform Akademii i wkrótce tego stała się reforma przeprowadzana przez Kołłątaję od 1777 r.

Jan Śniadecki ukończył studia uniwersyteckie ze stopniem doktorskim w 1775 r. Od 1776 r. wykładał w Akademii algebrę, a na zlecenie Kołłątaja uczył w Kolegium Nowodworskiego w Krakowie hydrostatyki, logiki i ekonomii politycznej.

Rozpoczął się wtedy okres żywego udziału Śniadeckiego w pracach organizowanych przez Komisję Edukacji Narodowej. Już w początkowym stadium reform Kołłątajowskich Jan Śniadecki był upatrzony jako kandydat na profesora zreformowanej Akademii Krakowskiej. Do należytego przygotowania się do tego stanowiska było konieczne odbycie przez Śniadeckiego studiów w wybitnych ośrodkach naukowych na zachodzie Europy, dokąd go Komisja Edukacji Narodowej delegowała w roku 1778. Zgodnie ze wskazówkami Komisji Śniadecki studiował przeszło rok w Getyndze nauki ścisłe, takie jak matematyka, fizyka i inżynieria wojskowa. Podczas studiów getyngieńskich zetknął się po raz pierwszy z pracą obserwacyjną wykonywaną w tamtejszym obser-

watorium, które szczególnego rozgłosu nabrało dzięki twórcy nowych metod obserwacyjnych, Johannowi Tobiaszowi Mayerowi. Prace te dotyczyły problemów astrometrycznych.

W listopadzie 1779 r. Śniadecki wyjechał do Holandii, a stamtąd w styczniu 1780 r. do Paryża, gdzie wtedy zaczęła się żywo rozwijać matematyka i mechanika nieba. Uczęszczał na wykłady rachunku całkowego, prowadzone przez J. A. Cousina, z którym bardzo się zaprzyjaźnił. Cousin wykładał nie tylko matematykę, lecz od listopada 1780 r. do lipca 1781 r. miał wykłady astronomiczne z zakresu zagadnienia trzech ciał z zastosowaniem do teorii ruchu Księżyca. Były to pierwsze tego rodzaju wykłady wygłaszane w Paryżu. Przyniosły one Janowi Śniadeckiemu wielką korzyść. Nie były to jednak jedyne wykłady astronomiczne, których słuchał Śniadecki, bo uczęszczał on jeszcze na wykłady astronomiczne Lalande'a, a poza tym wiele czasu spędzał w obserwatorium astronomicznym Messiera. Spotykał się kilkakrotnie z d'Alembertem, który proponował mu nawet objęcie stałego stanowiska w obserwatorium w Madrycie, na co jednak Śniadecki się nie zgodził, gdyż zamierzał wrócić do Polski, by dalej brać udział w organizacji nauki w Akademii Krakowskiej.

Zgodnie z życzeniem Komisji Edukacji Narodowej Śniadecki powrócił w październiku 1781 r. do Krakowa i objął w Akademii stanowisko profesora matematyki, rozpoczęcie zaś przez niego wykładów astronomicznych było przewidziane na rok 1782. Obok tych obowiązków profesorskich zajmował od 1782 r. stanowisko sekretarza Akademii Krakowskiej.

Zaczął się okres bardzo wyteżonej działalności Śniadeckiego w Akademii Krakowskiej. W roku akademickim 1781/82 pracował nad wykładami matematyki, której kurs zamysłał opracować w czterech tomach (I — algebra, II — geometria analityczna, III — rachunek różniczkowy i całkowity, IV — zastosowanie tego rachunku do zagadnień astronomicznych i mechanicznych). Pierwsze dwa tomy wyszły drukiem w Krakowie w 1783 r. pt. *Rachunku algebraicznego teoria przystosowana do linii krzywych*.

Wykłady astronomiczne Jan Śniadecki rozpoczął od „pochwały Kopernika”. Wykład ten wywołał wielki rozgłos w Polsce. W tym samym czasie powstał projekt wybudowania w Krakowie obserwatorium astronomicznego. Projekt nie był łatwy do urzeczywistnienia, bo Akademia Krakowska nie rozporządzała ani nowoczesnymi instrumentami, ani odpowiednimi budynkami. Śniadecki zajął się gorliwie zarówno gromadzeniem instrumentów, jak i sprawą wystawienia budynku obserwatorium. Pierwsze zakupione instrumenty pochodziły z obserwatorium założonego przez Rogalińskiego przy Kolegium Jezuitów w Poznaniu, a nie ukończonego z powodu kasaty zakonu jezuitów w 1773 r. Główne jednak instrumenty astronomiczne zamówione zostały przez Śniadeckiego w Paryżu.

Na obserwatorium w Krakowie wybrano na przedmieściu Wesoła dom wybudowany w 1750 r. i należący uprzednio do zakonu jezuitów, a po kasacie tego zakonu przekazany wraz z innym majątkiem zakonnym Akademii Krakowskiej. Budynek wymagał gruntownej przebudowy, na co wyasygnowano fundusze w 1787

By móc nowe obserwatorium krakowskie jak najlepiej zorganizować, Jan Śniadecki wyjechał w marcu 1787 r. na 10 miesięcy za granicę, głównie do Anglii, gdzie rozwinęła się wybitnie działalność obserwacyjna, która koncentrowała się w Obserwatorium Królewskim w Greenwich i obserwatorium Wiliama Herschela w Slough. Śniadecki przebywał w obu obserwatoriach. Szczególnie ważny był dla niego pobyt w obserwatorium w Slough, gdzie brał udział w obserwacjach prowadzonych przez Herschela. Zwiedził również obserwatorium w Oxfordzie.

Podczas pobytu Śniadeckiego w Anglii przebudowa budynku obserwatorium w Krakowie postępowała naprzód i, gdy wrócił z Anglii, zastał gmach w jego istotnych częściach budowlanych wykonany. Jednakże prace nad urządzeniem wewnętrznym obserwatorium uległy w 1788 r. przerwie. Zostały one wznowione dopiero w 1790 r. a zakończono je w 1791 r. Pierwsze obserwacje astronomiczne w Obserwatorium Krakowskim zostały wykonane 10 października 1791 r. i ta data może być uważana za początek działalności tego obserwatorium. Obserwatorium zostało dość dobrze wyposażone w zasadniczą ówczesną aparaturę obserwacyjną z astronomii i meteorologii. Należy wymienić następujące instrumenty Obserwatorium Krakowskiego: 1) mosiężny kwadrant francuski o średnicy trzech stóp paryskich (prawie 1 metr); 2) kwadrant angielski o średnicy 14 cali z dwiema lunetami achromatycznymi i noniusem; 3) instrument przejściowy wykonany przez Charité w Paryżu; 4) cztery zegary wahadłowe; 5) luneta paralaktyczna o długości 5 stóp i 5 cali; 6) dwie lunety Dollonda z obiektami achromatycznymi; 7) dwa teleskopy zwierciadlane; 8) zestaw instrumentów meteorologicznych.

Jan Śniadecki jako astronom był przede wszystkim obserwatorem. Obserwował aktualne zjawiska, jak zaćmienia Słońca i Księżyca, zaćmienia satelitów Jowisza, zakrycia gwiazd przez Księżyc. Jednakże ta praca obserwacyjna napotykała na wiele przeszkód z powodu ciężkich dla Polski wydarzeń politycznych ostatniego dziesięciolecia XVIII wieku. Poza tym Śniadecki prócz swych zajęć profesorskich i obserwacyjnych wiele czasu musiał poświęcać sprawom uniwersytetu jako jego sekretarz. W szczególności w 1793 r. był delegowany na sejm rozbiorowy do Grodna, gdzie starał się bronić zagrożonych interesów ekonomicznych Akademii Krakowskiej.

Przyłączenie Krakowa do Austrii w wyniku trzeciego rozbioru Polski otworzyło nowy rozdział w życiu Śniadeckiego. Należało walczyć u władz austriackich o dalszy byt Uniwersytetu Krakowskiego, któremu groziła likwidacja. W tym celu Jan Śniadecki był wysłany z delegacją Uniwersytetu Krakowskiego do Wiednia, gdzie podczas paromiesięcznych pertraktacji z rządem austriackim udało się wprowadzić uratować Uniwersytet Krakowski od likwidacji, jednakże warunki pracy stały się w nim tak ciężkie, że Śniadecki w 1797 r. wystąpił o zwolnienie go ze stanowiska profesora. Zwolnienie to nastąpiło dopiero w 1802 r.

Podczas pobytu w Wiedniu w 1796 r. Śniadecki nawiązał kontakty naukowe z astronomem Triesneckerem, któremu potem przesyłał z Krakowa wyniki swych obserwacji do druku w wydawnictwie „Ephemerides Vindobonenses“, redagowanym przez Triesneckera. Za pośrednictwem tego wydawnictwa zaznajomił się z pracami Śniadeckiego astronom niemiecki baron Zach, który od 1800 r. zaczął

wydawać pierwsze regularnie wychodzące czasopismo astronomiczne, noszące nazwę „Monatliche Correspondenz zur Beförderung der Erd- und Himmelskunde“. Zach prowadził ożywioną korespondencję ze Sniadeckim, szczególnie w latach 1801—1802, kiedy to nasz uczony bardzo gorliwie obserwował położenia planetoid Cerery i Pallady, odkrytych, pierwsza w 1801 r., a druga w 1802 r.

Gdy w 1800 r. powstało w Warszawie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Jan Sniadecki został zaproszony na członka tego towarzystwa. Brał on czynny udział w życiu naukowym Towarzystwa, na zaproszenie którego opracował rozprawę o Koperniku. Sniadecki po mistrzowsku wywiązał się z zadania przedstawiając w swej rozprawie nie tylko treść nauki Kopernika, lecz dając krytyczną ocenę całego dzieła *De revolutionibus*. Rozprawa ta była odczytana na publicznym posiedzeniu Warszawskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk 16 listopada 1802 r. i była przyjęta entuzjastycznie. Była to niewątpliwie najlepsza z dotychczasowych prac o Koperniku, zwróciła więc uwagę świata naukowego poza Polską, czego wyrazem było jej przetłumaczenie na język francuski, angielski, włoski, rosyjski, w roku zaś 1826 ukazało się nawet jej streszczenie w języku perskim w Kalkucie.

W 1804 r. wydrukowana została jedna z największych książek Sniadeckiego, podręcznik geografii, zatytułowany *Jeografia, czyli opisanie matematyczne i fizyczne ziemi*. Pomysł napisania takiego podręcznika Sniadecki powziął, gdy w latach 1794—1795 był zmuszony porzucić Kraków i przeszło rok przebywać w sąsiedztwie Karpat na południu Polski. Praca trwała kilka lat, bo Sniadecki nie miał wzorów pracy tego rodzaju. *Jeografia* jego miała trzy wydania w języku polskim, drugie zaś wydanie było przetłumaczone na język rosyjski i wydane w Charkowie jako podręcznik dla gimnazjów cesarstwa rosyjskiego.

Sniadecki po uwolnieniu go ze stanowiska profesora Uniwersytetu Krakowskiego wyjechał w 1803 r. na zachód, najpierw do Seeburgu do Zacha, z którym wtedy po raz pierwszy zetknął się osobiście, a następnie do Paryża i do Włoch. Podczas pobytu we Włoszech proponowano mu kierownictwo obserwatorium w Bolonii, Sniadecki jednak nie przyjął zaproszenia, bo nie chciał na stałe rozstawać się z Polską. Zresztą już wtedy toczyły się z nim pertraktacje dotyczące objęcia kierownictwa Obserwatorium Wileńskiego.

Z podróży do Francji i Włoch Sniadecki wrócił do Krakowa w maju 1805 r. Wkrótce otrzymał od księcia Adama Czartoryskiego, kuratora szkół ośmiu zachodnich guberni i ministra spraw zagranicznych cesarstwa rosyjskiego, oficjalne zaproszenie na stanowisko rektora Uniwersytetu Wileńskiego i dyrektora Obserwatorium Wileńskiego. Sniadecki zaproszenie przyjął i na początku 1807 r. przybył do Wilna, gdzie od szeregu lat był już profesorem jego młodszy brat, Jędrzej.

Poprzedni kierownik Obserwatorium Wileńskiego Marcin Poczebut zaraz po przybyciu Jana Sniadeckiego do Wilna przekazał mu kierownictwo obserwatorium, które Sniadecki zamierzał przebudować i zaopatrzyć w nowe instrumenty. Od 1808 r. rozpoczął obserwacje, które prowadził systematycznie do 1824 r. Kontynuował pracę obserwacyjną zaczęta w Krakowie, a mianowicie obserwował zakrycia gwiazd przez Księżyc, położenia planetoidy Westety, kometę 1811 r., Słoń-

ce i gwiazdy. Wyniki obserwacji ogłaszał w pamiętnikach Akademii Nauk w Petersburgu i w „Berlińskim Roczniku Astronomicznym“. Nie zdołał jednak przebudować Obserwatorium Wileńskiego i zmodernizować jego aparatury, kupił tylko kilka mniejszych instrumentów, wśród nich koło repetycyjne Reichenbacha i Ertela, lunetę paralaktyczną Dollonda i zegar wahadłowy Hardy.

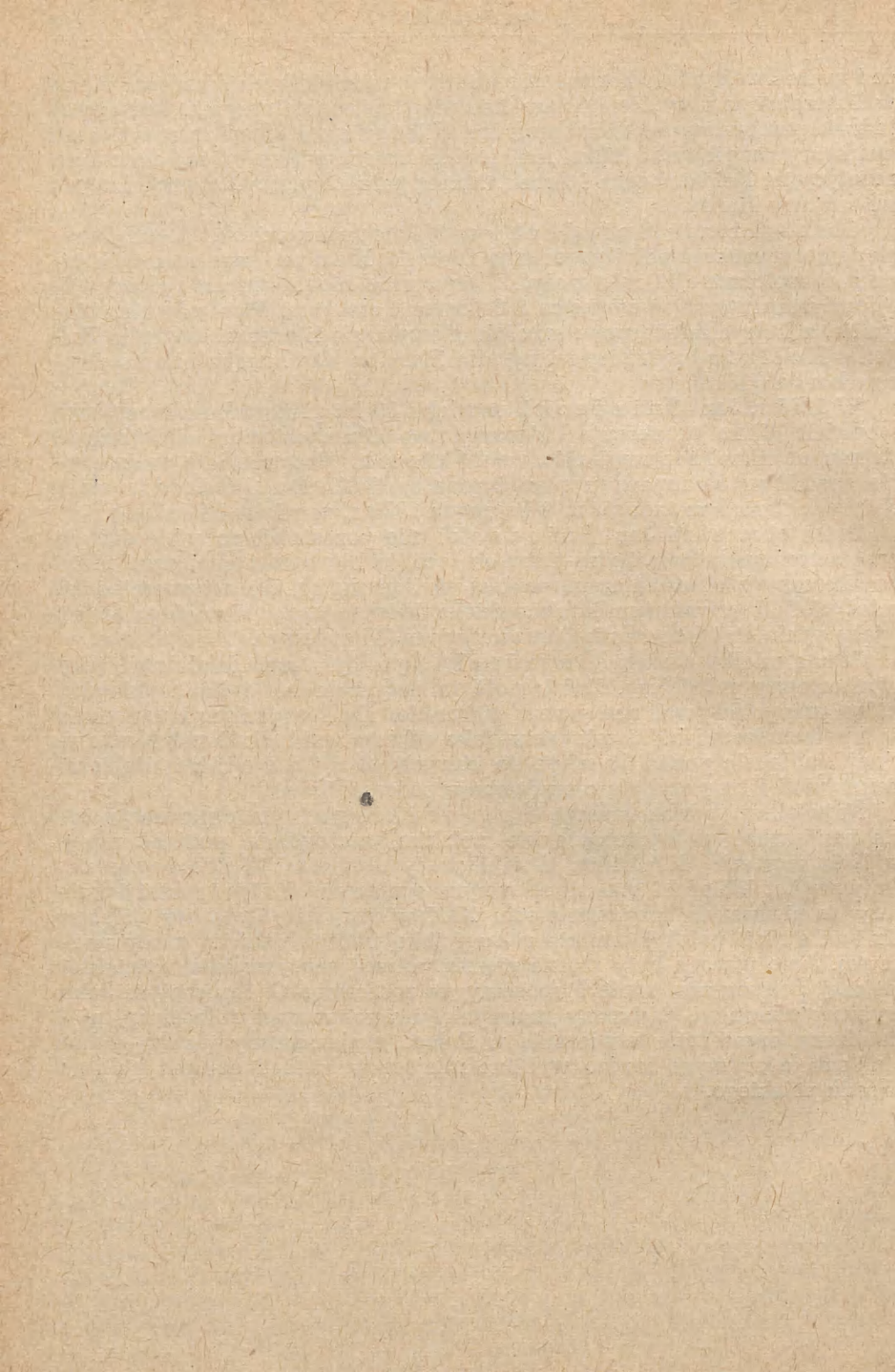
Obok astronomii Sniadecki w Wilnie zajmował się filozofią, występując w szczególności przeciwko filozofii Kanta, uważając cele jej za niebezpieczne dla młodzieży. Z jego prac filozoficznych należy wymienić rozprawy *O metafizyce* i *O logice i retoryce*. Pisał również biografie, z których dużą popularnością cieszyła się literacka biografia Hugona Kołłątaja (1804) i biografia Marcina Odlanickiego Poczobuta (1816).

W 1825 r. Jan Sniadecki w wieku 69 lat przeszedł na emeryturę i opuścił Wilno przekazując kierownictwo Obserwatorium Wileńskiego swemu uczniowi Piotrowi Sławińskiemu. Ostatnie lata swego życia spędził w Jaszunach u swej bratanicy Zofii Balińskiej, córki Jędrzeja. Zmarł w Jaszunach 9 listopada 1830 r. w wieku 74 lat.

Prócz obserwacji Jan Sniadecki nie pozostawił po sobie dużych prac astronomicznych. Jednakże obok tego, że był bardzo cenionym przez współczesnych obserwatorem, poniósł wielkie zasługi dla astronomii jako założyciel Obserwatorium Krakowskiego, którym kierował w ciągu 11 lat, i jako wieloletni kierownik Obserwatorium Wileńskiego.

Drugą wielką zasługą Sniadeckiego była jego działalność jako wychowawcy młodzieży. Działalność ta dotyczyła nie tylko wykładów, które przygotowywał nad wyraz starannie, ale i organizacji nauczania w szkołach średnich. Wszak jemu, jako sekretarzowi Akademii Krakowskiej, podlegało ponad 50 szkół, do których Sniadecki dobierał nauczycieli i troszczył się o wydawanie podręczników.

Największą jednak zasługą Sniadeckiego była organizacja życia naukowego w społeczeństwie polskim, szczególnie podczas pracy w Uniwersytecie Wileńskim. Dzięki pracy obu braci Sniadeckich Uniwersytet Wileński stał się głównym ogniskiem polskiej nauki i kultury w pierwszym trzydziestoleciu XIX wieku. Dla literatury polskiej Sniadecki położył wielkie zasługi jako twórca polskiej prozy naukowej. Jego utwory były pisane piękną polszczyzną, przykład zaś takiej pięknej polszczyzny znaleźć możemy w rozprawie *O Koperniku*. Jako wybitny astronom, zasłużony nauczyciel i wychowawca młodzieży, nieustrudzony organizator oświecenia w Polsce, utalentowany pisarz — Jan Sniadecki zajął bardzo wybitne miejsce w historii nauki i kultury narodu polskiego.



POJĘCIE GEOSYNKLINY W ŚWIETLE NOWSZYCH BADAŃ INDONEZJI

Przed mniej więcej 100 laty stworzył geolog amerykański James Hall pojęcie geosynkliny dla wytłumaczenia podłużnych i bardzo grubych serii skał osadowych o charakterze płytkowodnym, z których następnie powstały przez sfałdowanie pasma górskie. Nie zaproponował on jeszcze dla tego zjawiska osobnej nazwy. „Występowanie pręgów fali-
stych, roślin oraz innych warunków dowodzi, iż morze, w którym takie osady łącznie złożone zostały, było zawsze płytkie albo miało niewielką głębię. Nagromadzenie to mogło zatem powstać tylko na skutek powolnego albo periodycznego zapadania się dna oceanu“.

Autor tego pojęcia przypisywał zapadanie się dna morskiego ciężarowi gromadzących się tam osadów. Dopiero James D. Dana nadał w r. 1873 takiej zapadającej się strefie nazwę „geosynkliny“ przyjmując, iż samoczynne obniżanie się jej dna było powodem gromadzenia się w niej osadów, a nie ciężar osadów. Powstawanie zapadlisk geosynkлинаlnych przypisywał on wyraźnie siłom tangencjalnym skorupy ziemskiej, przy czym powstały wielkopromienne i szerokie niecki.

W r. 1900 ogłosił swe sławne studium o geosynklinach E. Haug. Opierał się on na większym materiale obserwacyjnym geosynklin już wypełnionych i pofałdowanych. Nazywał on geosynklinami tylko te zakłębienia, które były pokryte wodą czy to morską, czy też słodką, gdzie się osadzały wszelkiego rodzaju namuły. Głównymi jednak osadami były piaski, żwiry przybrzeżne oraz rafy koralowe, tak że za typowe utwory geosynklinalne mogły ogólnie uchodzić tylko osady litoralne i nerytyczne z pewną domieszką mułów batyalnych. E. Haug oświadczył się też wyraźnie za tektoniczną przyczyną zapadania się dna, niezależnie od ciężaru gromadzących się tam osadów. Nie zaliczał on wtenczas jeszcze głębokich rowów morskich wzdłuż brzegów Pacyfiku do swoich geosynklin.

„Jest łatwe do wykazania, że nie w takich warunkach się tworzą geosynkliny i, dalekie od powstania na skraju kontynentów i na brzegu oceanów, są one zawsze położone pomiędzy dwoma masami nieściśliwymi jako strefy ruchliwe zamknięte pomiędzy dwoma masami stosunkowo stałymi“. E. Haug podkreśla więc tutaj wyraźnie, iż 1) geosynkliny są to bardzo ruchliwe miejsca w skorupie ziemskiej, które znajdują się zawsze pomiędzy dwoma nieściśliwymi, a więc ustabilizowanymi masami, 2) że geosynkliny utworzyły się przed rozpoczęciem ich wypełnienia oraz iż były przez pewien czas otwartymi wkłębieniami dna basenu wodnego.

Proklamuje on, równocześnie obydwaj warunki ich powstania za „ogólne prawa“.

Gdy się geosynklina zacznie fałdować, powstaje zwykle w środku najpierw geantyklina, która zamienia się następnie w fałd wachlarzowy, skąd wytwarzają się w strukturach płaszczowinowych kolejno czoła skib i pojedynczych nasunięć. Biorąc pod uwagę inne czysto tektoniczne wyjaśnienie fałdu wachlarzowego w strefie osiowej (*zone axiale*) przez E. Arganda, straciło to przypuszczenie Hauga na wartości.

W swoim doskonałym podręczniku geologii (*Traité de géologie*) powraca E. Haug w r. 1907 jeszcze raz do pojęcia geosynkliny i podtrzymuje tutaj nadal swe „ogólne prawa“. Pomimo to zalicza on teraz, zapewne pod wpływem A. Supana, dzisiejsze głębokie rowy oceaniczne na Pacyfiku do geosynklin, pomimo iż graniczą one tylko z jednej strony z lądem. Ratuje on jednak sytuację przez uznanie dna Pacyfiku za kontynent zanurzony, tak że te rowy znajdują się pomiędzy dwoma masami nieściśliwymi. Nowa trudność powstaje z wypełnieniem z dala od ładu położonych rowów lub zagłębień. Tutaj trzeba dać przewagę utworom batyalnym oraz przyjąć na wielką skalę ześlizgiwanie się osadów ze stromych podmorskich zboczy do dna rowu.

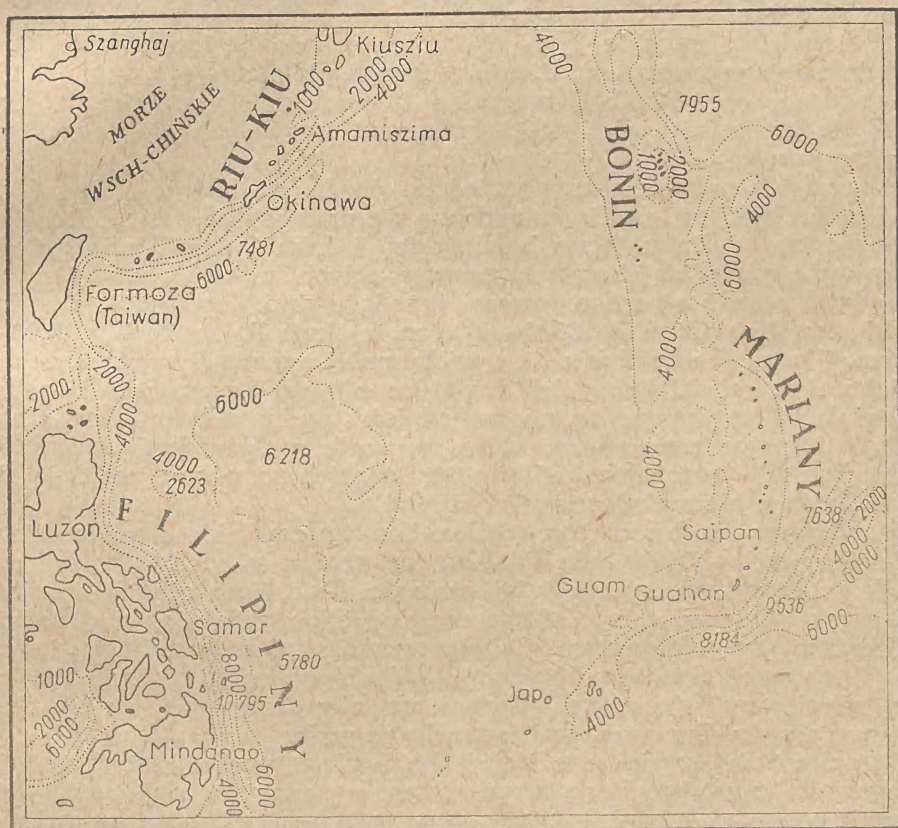
Odmienne poglądy o tych rowach oceanicznych wyraża A. W. Grabau w swym podręczniku *Principles of Stratigraphy* w r. 1913. Odróżnia on tam od konwencjonalnych geosynklin według E. Hauga z roku 1900 tzw. „rowy przedgórskie“. Podczas gdy powstawanie pierwszych przypisuje siłom izostatycznym, oraz że zanurzanie ich następuje na skutek „ciężaru sedymentów“, uznaje on „fore deeps“ (rowy przedgórskie) za rodzaj synklin tektonicznych u czoła nowo powstającego pasma gór fałdowych. W pierwszych gromadzą się osady płytkowodne, a w rowach przedgórskich utwory batyalne.

Schuchert odróżnia w r. 1923 więcej typów geosynklin, lecz zalicza je do dwóch większych grup; mianowicie do mono-izosynklin oraz do mezo-synklin. Pierwsza grupa powstaje według niego na płytach kontynentalnych i zawiera wyłącznie osady płytkowodne, druga natomiast jest położona pomiędzy dwoma masami nieściśliwymi i jest wypełniona sedymentami abysalnymi w połączeniu z brzegowymi. Jako przykład tej drugiej grupy wymienia tymczasem Schuchert geosynklinę alpejską, chociaż wiadomo, iż ta geosynklina powstała na lądzie oraz uzyskała swą rzekomo największą głębokość dopiero w górnym malmie. Wszak A. Heim stwierdza w swym klasycznym dziele *Die Geologie der Schweiz*, 1922, tom II, str. 49: „Zjawisko transgresywnego położenia triasu starokrystalicznego... panuje w całych Alpach“ i str. 499: „Przedtriasowy wiek skał krystalicznych w płaszczowinach, denudacja przy końcu paleozoicznego okresu, erozja na wybrzeżach i transgresja mezozoiku“.

Główna trudność przy wszelkich klasyfikacjach polega na tym, że 1) łączy się typowe geosynkliny w pierwotnym tego słowa znaczeniu z głębokimi rowami oceanicznymi, 2) że pomiędzy tymi rowami istnieje więcej różnorodności, ażeby je można połączyć w jedną kategorię głębokomorską.

Nim przejdziemy do ich szczegółowego omawiania, trzeba zwrócić uwagę na jeden typ głębokich bruzd oceanicznych, które jeszcze najbardziej są zbliżone do pierwotnych geosynklin. Są to te, które okrażają

łuki wysp po ich stronie wypukłej. E. Horn wyjaśnia ich charakter na girlandach wysp wzdłuż wschodniego wybrzeża Azji. Kiedyś F. v. Richthofen był zdania, iż powstały one przez oderwanie się kawałków wybrzeża od kontynentu na skutek sił rozciągających. Tymczasem Horn stwierdził na wyspach Riu-Kiu pomiędzy Japonią i Formozą w osadach trzeciorzędowych, z których się one składają, wyłącznie upady od wschodu ku zachodowi. Są tam same obalone na wschód antykliny i nasunięcia zwrócone od kontynentu ku Pacyfikowi. Szereg wysp tworzy łuk wypukły ku wschodowi (rys. 1). Są one nasadzone na łukowatym cokole podwodnym, tak że można je pojmować jako szczyty wynurzającego się z morza grzbietu górskiego. Łuk ten wykazuje swój charakter jako pasmo fałdowych gór typu alpejskiego m. in. też przez to, że



Rys. 1. Łukowe girlandy wysp na Pacyfiku.

jest dwójdzielny, że posiada zewnętrzną strefę sfałdowaną na wschód, a zachodnią z wulkanami częściowo czynnymi. Wschodnie wyspy Amamioszima i Okinawa zawierają nasunięcia i skiby zwrócone ku Oceanowi Spokojnemu, a następny rząd wysp, jak Toriszima, Nakanoszima itd. składają się z wulkanów andezytowych.

Jeżeli teraz chodzi o rów morski, to przebiega on wzdłuż wypukłego na wschód frontu pasma wysp i posiada głębię 2000—4000 m. Jego zbocze jest od strony wysp, a więc od zachodniej, o wiele bardziej strome niż od wschodniej, która podnosi się łagodnie od płaskiego dna oceanu wynoszącego w tej okolicy około 3000 m. Po stronie zachodniej wysp Riu-Kiu panuje niewielka głębia 100—200 m łącząca się z ogólnie płaskim dnem Morza Wschodnio-Chińskiego na wysokości miasta Szanghaju.

Otóż Horn pojmuje 2000—4000 m głęboką bruzdę na wschód od łuku wysp Riu-Kiu jako typowy rów przedgórski, a więc jako prawdziwą geosynklinę. Ponieważ okolica ta wykazuje wielką ilość epicentrów trzęsień ziemi, a więc znajduje się jeszcze w niepokoju tektonicznym, można przyjąć, iż w przyszłości zostanie przez migrujący grzbiet Riu-Kiu ku wschodowi dolażdżona jako dodatkowe pasmo tego przyszłego systemu górskiego.

Niestety dno morskie tych okolic nie zostało jeszcze zbadane pod względem oceanograficznym. Biorąc pod uwagę bliskość tego rowu przedgórskiego od wysp Riu-Kiu, niespełna 100 km, należy przyjąć, iż gromadzą się tam osady jeżeli nie litoralne, to nerytyczne, ale w każdym razie terrygeniczne.

Horn, który miał okazję zwiedzić obszary zachodniego Pacyfiku, w dalszym ciągu jest zdania, iż podobne warunki jak na pasmie Riu-Kiu istnieją także na łuku Wysp Mariańskich i łuku Palau-Yap. Obydwie grupy wysp posiadają kształt łuków wypukłych ku wschodowi i są od wschodniej strony otoczone rowami przedgóorskimi, lecz głębia ich dochodzi przy Marianach do 8184—9636 m, a około Palau-Yap do 6000—8140 m. Wyspy te wynurzają się o wiele mniej z morza i są otoczone rafami koralowymi. W jądrze ich stwierdzono łupki krystaliczne i trochę warstw trzeciorzędowych, a po zachodniej stronie występują andezyty oraz okrucowce andezytowe, które wskazują na dawniejszą czynność wulkaniczną. W przedłużeniu Wysp Mariańskich na północ znajduje się grupa Bonin z kilku wulkanami czynnymi.

Czy Wyspy Mariańskie oraz Palau-Yap tworzą takie same grzbiety górskie typu alpejskiego jak Riu-Kiu, jest trudno powiedzieć, gdyż odśłonek geologicznych mamy tutaj za mało. Tak samo niemożliwe jest stwierdzić, czy wymienione głębie morskie odpowiadają rowom przedgórskim i mogą być pojmowane jako geosynkliny. O osadach gromadzących się tam także nic nie wiemy. Jedynie ich ogólny kształt i położenie w tej samej strefie geologicznej mogłoby przemawiać za ich charakterem geosynklinalnym, co jest trochę za mało.

Natomiast na Archipelagu Malajskim istnieje pewien szereg podłużnych rowów morskich, które tworzą razem wyraźny łuk ciągnący się od południowego wybrzeża Jawy, następnie na południu Timoru, na wschód od wysp Tanimbar i Kei i na północ od Ceramu i Buru. O tym łuku zebrano w ostatnich latach tak wiele informacji, że może uchodzić za najlepiej zbadany rów przedgórski na świecie (zob. rys. 2).

Wszystkie te wyspy są intensywnie pofałdowane, z osiami równoległymi do przebiegu jednolitej bruzdy podmorskiej. Na wyspach Timor, Tanimbar i Ceram stwierdzono też płaszczowiny typu alpejskiego, przesunięte zawsze ku zewnętrznej stronie łuku, a więc ku bruzdzie okrążającej. Cały ten łuk wysp może być pojmowany jako jednolity system górski,

połączony podmorskim cokołem, którego szczyty wystają ponad poziomem morza. Składa się on w 70% z osadów trzeciorzędowych, silnie pofałdowanych, przy czym antykliny są zawsze przewalone albo przesunięte ku zewnętrznej stronie łuku. Składa on się wyłącznie ze skał osadowych i nie ma na nim żadnych wulkanów czynnych.

Wewnątrz tego łuku, składającego się z większych wysp, znajduje się łuk wewnętrzny wulkaniczny. Przebiega on przez środek Jawy, Bali, Lombok, Sumbawy, Floresu i przez wyspy czysto wulkaniczne na Morzu Bandańskim. Od Jawy do Sumbawy znajdują się łuk zewnętrzny osadowy oraz łuk wulkaniczny blisko siebie na tych samych wyspach. Począwszy od Sumby oddalają się obydwa łuki od siebie. Łuk osadowy obejmuje Sumbę, Timor, wyspy Tanimbar, wyspy Kei, Ceram oraz Buru. Łuk zaś wulkaniczny przebiega przez wyspy Flores, Adonara, Lomblen, Pantar, Alor, Wetar, Romang, Damar, Teon, Nila, Serua, Manuk, Banda Neira, Lucipara i Api. Na łuku wulkanicznym zanotowano około 50 wulkanów czynnych.

Na zewnątrz bruzdy okrażającej znajduje się naprzeciw Jawy otwarty Ocean Indyjski, a na południe od wysp Timor, Tanimbar i Kei cokol kontynentu australijskiego. Cokol ten tworzy bardzo szeroki szelf, nazwany Sahul, pokryty płytkim morzem o głębokości 50—60 m. Na szelfie położone wyspy Aru oddzielone są od siebie wąskimi wijącymi się cieśninami morskimi. Cieśniny są bardzo podobne do dolin rzecznych i należy przyjąć, iż kiedyś były one naprawdę dolinami rzecznyymi. Wyspy Aru są prawdopodobnie częścią powierzchni kontynentalnej, zanurzonej mniej od reszty szelfu Sahul.

Ciąg dalszy zewnętrznego brzegu i bruzdy okrażającej morskiej tworzy półwysep Nowej Gwinei Bomberai i wyspa Misol wraz z sąsiednim płytkim dnem morskim.

Obydwa te tereny są pokryte sedymentami trzeciorzędowymi, lecz nie pofałdowanymi i leżącymi spokojnie. Należy się spodziewać, że znajduje się tu w głębi jakiś obszar krystaliczny nieściśliwy, który tworzył przedpole intensywnie pofałdowanego łuku osadowego. Grubość ziarna w osadach trzeciorzędowych na Ceramie oraz na wyspach Kei zwiększa się ku temu obszarowi prawdopodobnie masywnemu. Wskazuje to na to, że ten obszar dostarczał w trzeciorzędzie osadów dla zapadającej się wówczas przypuszczalnej geosynkliny.

Pod względem grawimetrycznym wykazuje obszar Oceanu Indyjskiego, szelfu Sahul oraz strefy Bomberai i Misolu anomalie pozytywne +24 do +50 miligali. Strefa bruzdy okrażeniowej zawiera wyłącznie anomalie negatywne, lecz co do ich intensywności występują w różnych miejscach większe różnice; są one jednak spowodowane zjawiskiem *Vening Meinesza*, które zostanie osobno omówione. Strefa wewnętrzna łuku, a w szczególności łuk wulkaniczny, są znowu położone na obszarze anomalii pozytywnych.

Bruzda okrażająca wschodniego łuku Archipelagu Malajskiego może więc być uznana za rów przedgórski albo za prawdziwą geosynklinę w sensie *Horna*, jak na wyspach Riu-Kiu.

Co do obecnej głębokości naszej okrażającej geosynkliny malajskiej, to jest ona bardzo zmienna. Na odcinku jawańskim dochodzi jej głębokość do 6000—7000 m, a na odcinku wschodnim 1000—1500 m. Nie jest to

jednolita bruzda, lecz składa się z szeregu basenów odgraniczonych od siebie progami. Takie progi znajdują się na południu od wyspy Rotti na zachód od Timoru oraz pomiędzy wyspami Kei i Aru.

Co do osadów na dnie (rys. 2), to zalegają wzdłuż całej rozciągłości bruzdy od Jawy aż do Ceramu muly globigerynowe i osady terrigeniczne. Są one pylaste o ziarnie poniżej 0,5—0,1 mm. Zawartość prawdziwych ilów jest jednak mała. Bliżej brzegów wysp oraz cokołu szelfu Sahul i sztywnego półwyspu Bomberai można by osady zaliczyć do facji nerytycznej. Sedymenty w środkowej części rowu głębokiego mogą być na ogół uważane za batyalne, lecz osadów, które by mogły uchodzić za abysalne, nie ma w ogóle. Strefa mułów globigerynowych też nie przebiega przez środek najgłębszych miejsc wzdłuż osi bruzdy, lecz to po jednym, to po drugim jej zboczach. Według doświadczeń ekspedycji „Snelliusa“ nie mogą być muły globigerynowe uważane za wskaźnik głębi. Gromadzą się one najczęściej w głębiach umiarkowanych na 1000—3000 m, gdzie są wody stagnujące. W basenach jednak od 5000—7000 m brak ich jest tam, gdzie istnieją prądy głębinowe, które przynoszą świeżą wodę utlenioną od biegunów. Taka woda utleniona ułatwia tworzenie się dwutlenku węgla i przez to rozpuszczanie się węglanu wapnia. Wapień skorupki globigerynowych został w takich miejscach rozpuszczony, tak że na dnie pozostały tylko drobne resztki skorupki. Przy omawianiu basenów niegeosynklinalnych powrócimy jeszcze raz do tej kwestii.

Mułów diatomowych i pteropodowych oraz nagromadzeń globigerynowych czy to w formie szlamów, czy też żelów krzemionkowych, nie natrafiono w głębokich miejscach Archipelagu Malajskiego wcale. Radiolarie, wspomniane w próbkach głębinowych z dawniejszych ekspedycji odwiedzających części archipelagu, nie zostały potwierdzone w próbkach z ekspedycji „Snelliusa“. Gdy znaleziono gdziekolwiek radiolarie, to tylko sporadycznie i nigdzie nie napotkano takiego nagromadzenia, aby z tego mogły powstać radiolaryty.

Co do czerwonych ilów głębinowych, to okazało się przy bliższym zbądaniu mineralogicznym próbek ze „Snelliusa“, iż to są właściwie osady terrigeniczne pochodzące z lądu. Są one przenoszone daleko na głębie oceaniczne za pomocą powolnych prądów głębinowych. Można było prawie zawsze stwierdzić w nich pylaste okruchy skał magmowych. Il koloru czerwonego nie był świeżo utworzony na dnie morza, lecz był produktem wietrzenia lądowego, następnie splukanym do morza. Zresztą ogólnie skonstatowano, iż wietrzenie na dnie morza w ogóle się nie odbywa oraz woda morska działa raczej konserwująco. Buły manganowe o większych rozmiarach nie odkryto w żadnej próbce głębinowej na Archipelagu Malajskim, nawet z głębi 7000 m z dna Oceanu Indyjskiego i z 9000—10 000 m z tak zwanego Rowu Filipińskiego na wschód od wyspy Mindanao. Tu i ówdzie spotykano erratycznie w różnych głębiach skóreczki tlenku manganu lub konkrecyjne kuleczki, ale nie większe od grochu.

Według doświadczeń „Snelliusa“ nie mogą więc ani radiolaryty, ani buły manganowe uchodzić za kryteria osadów abysalnych.

W roku 1925 ogłosił G. Steinmann większą rozprawę o strefie abysalnej w geosynklinie alpejskiej, która miała się ciągnąć na długość 1500 km od zachodnich Alp aż do Dynaryd na Bałkanach. O jej abysalnym charakterze wnioskował on z radiolarytów z bułami manganowymi

oraz z łupkami czerwonymi. Ponadto występują w tym pasie skały zasadowe jak perydotyty, ich tufy i ofiolity, częściowo przeobrażone na serpentyny. Należą one do górnego malmu.

Radiolaryty te są prawie zawsze połączone ze zlepieńcami oraz innymi osadami ziarnistymi, przypominającymi raczej osady litoralne. Biorąc pod uwagę, że wszystkie sedymenty ze spągu i stropu, a więc z liasu, doggeru i kredy, są płytkowodne, wydaje się dość nieprawdopodobne, aby tylko malm utworzył się w środowisku abysalnym. Już dawno zwracano uwagę na to niezwykle połączenie radiolarytów ze żwirowcami, lecz Steinmann zawsze się bronił, iż to nie są właściwe konglomeraty, lecz okrucowce natury tektonicznej.

Poglądy Steinmanna atakował K. Leuchs bardzo silnie w r. 1927 i doszedł do wniosku, iż strefa abysalna w Alpach nie jest dostatecznie umotywowana i prawdopodobnie wcale nie istnieje. Cytuje on m. in. Laparenta młodszego, który podczas swych studiów o radiolarytach spotykał je zawsze w połączeniu ze zlepieńcami, oraz Gardinera, który odkrył w lagunie pewnego atolu na Maledywach typowy muł z globigerynami i pteropodami, jaki dawniej uważano za osad głębokomorski. Przykładów takich można wymieniać znacznie więcej. J. B. Scrivenor opisał w r. 1929 radiolaryty karbońskie z Malaki z kuleczkami manganowymi, lecz na przemianległe ze zlepieńcami oraz ze zwęglonymi korzeniami lepidodendronów. Były paleontolog w Służbie Geologicznej w Indiach Holenderskich Tan Sin Hok opisał w swej dysertacji w r. 1926 radiolaryty współczesne, które wydobyto dragami podczas pogłębiania portu w Timor Kupang. Zauważono tam ciepłe źródła, które dostarczają tyle krzemionki, iż kiedyś będą tutaj mogły powstać typowe radiolaryty. W starszej literaturze spotykamy notatkę O. Zeise z r. 1894 o radiolarytach z Szlezwigu i Holsztynu. Występują tam jako kry w dyluwium glaukonitowe iły i piaski z zębami rekinów oraz czarne i czerwone iły z radiolariami. Utwory te są zaliczane do eocenu lub środkowego i dolnego oligocenu.

Gdy teraz przejdziemy do klasyfikacji głębokich rowów morskich, to należy się zastanowić, czy powstały one na skutek uskoków, a więc przez siły działające pionowo, czy też na skutek ruchów tangencjalnych, powodujących fałdowanie. Tak samo jak na lądzie spotykamy liczne rowy uskokowe, np. w dolinie górnego Renu albo w Afryce wschodniej i Syrii naokoło Morza Czerwonego, tak samo na przestrzeniach oceanicznych znajdują się rowy zapadliskowe („Grabeny“). Strome i mniej więcej prostolinijne zbocza basenów, płaskie ich dna, kontury podobne do kwadratu lub prostokąta, przemawiają za powstaniem na skutek uskoków. Na uskok wskazuje też brzeg basenu, jeżeli ucina on skośnie albo pod prostym kątem osie fałdów na przylegającym lądzie lub wyspie. Profil zaś poprzeczny jak u synkliny, kształt podłużny rowu albo bruzdy o mniej więcej równoległych brzegach, sąsiedztwo ładu albo wysp z równoległymi do osi bruzdy fałdami, wskazują na tektonikę fałdowania.

Dno wschodniego Archipelagu Malajskiego jest może najbardziej urozmaicone pod względem głębi z całego świata. Zachodnią jego część pomiędzy Borneo, Jawą, Sumatrą i Malaką zajmuje największy szelf światowy o głębi 50—60 m. Granicę tworzy Cieśnina Makasaru pomiędzy Borneo i Celebesem, gdzie przebiega tak zwana linia Wallace'a.

Liczne głębokie depresje można podzielić, jak to zaznaczono na mapce (rys. 2), na 5 kategorii. Do pierwszej należą wielkie baseny o konturach prostych i dnach płaskich na głęb. 5000—4000 m:

1. Basen Sulu pomiędzy większymi wyspami Borneo i Mindanao oraz wysepkami Palawan od północy i grupą Sulu od południa.

2. Basen Celebesu otoczony od zachodu przez Borneo, od północy przez grupę Sulu, od wschodu przez Mindanao i próg wysp Sangir, a od południa przez północny półwysp Celebesu.

3. Basen Północno-Bandajski graniczy od wschodu z wyspą Buru, od północy z wyspami Peling, Taliabu, od zachodu z północno-wschodnim i południowo-zachodnim półwyspem Celebesu i od południa z grupą Tukang Besi. Płaskie dno jest i tutaj 5000 m głębokie.

4. Basen Południowo-Bandajski sięga na południu do łuku wulkanicznego wewnętrznego, obejmującego wyspy Wetar, Romang oraz wulkany podmorskie aż do Banda Neiry. Jego płaskie dno znajduje się również na głęb. 4000—5000 m i jest tylko przerwane odosobnionym stożkiem podmorskiego wulkanu Api. Zresztą jest to dno całkowicie pokryte płaszczem tufów andezytowych, które po wybuchu zostały nawiane przez wiatry i które się pionowo osadziły w wodzie bez pomocy prądów głębinowych. Przy nadziewaniu próbek głębinowych za pomocą rury okazało się, iż zawierają one pewną stratyfikację pierwotną bez zaburzeń spowodowanych przez prądy. Północna granica tego basenu jest zaznaczona przez morfologicznie bardzo nierówny odcinek dna morskiego, ciągnący się od wysp Tukang Besi przez mieliznę Lucipara do wysp Ambon. Leżą tam obok siebie liczne małe baseny o zmiennych głębokościach od 1000—4000 m.

5. Basen Vogelkop. Kontury tego basenu są mniej dokładnie określone. Wygląda on tak, jakby się składał z dwóch połączonych czworoboków. Od południa przylega do zachodniego półwyspu Nowej Gwinei Vogelkop i wysp Aju i Waigö, od zachodu do wysp Halmahera i Morotai, od północy do wysepek Lord-North i mielizny Helen Riff i od wschodu do wysepki Mapia i jej długie północno-południowe cokołu podmorskiego. Płaskie dno jest położone na głęb. 4000—5000 m.

Pod względem grawimetrycznym wykazują dna wszystkich 5 basenów anomalie pozytywne od +78 do +136 miligali.

Pod względem trzęsień ziemi należą do najspokojniejszych obszarów archipelagu, gdyż zawierają najmniej sejsmicznie stwierdzonych epicentrow.

Dno basenu Sulu jest według próbek głębinowych pokryte w środku mułem globigerynowym. Jego zbocze południowe od strony wysp Sulu jest posypane detritusem raf koralowych, a jego odcinek na półwyspie Zamboanga zawiera tufy wulkaniczne oraz osady terygeniczne.

Po drugiej stronie grzbietu wysp Sulu są dwie trzecie basenu Celebesu zasypane tufami wulkanicznymi z pewną domieszką osadów terygenicznych. Tylko zachodnia część, przylegająca do wybrzeża Borneo, ma skład czysto terygeniczny. Natomiast na północnym końcu progu podmorskiego wysp Sangir w głęb. 1000 m leżą muły globigerynowe.

W basenie Celebesu, 650 × 450 km wielkim, nie ma na dnie 5000 m mułów globigerynowych ani wapienia. W niektórych próbkach znajdują się pojedyncze skorupki globigerynu albo resztki rozpuszczonych skorup-



Rys. 3. Zjawisko Vening Meinesza. Pas maksymalnych an



Rys. 2. Przegląd basenów głębokomorskich we wschodnim Archipelagu Malajskim na tle osadów głębinowych zebranych i zbadanych przez ekspedycję oceanograficzną „Snelliusa” (1929–1930).

Baseny pierwszej kategorii

1. Basen Sulu 5000 m,
2. „ Celebesu 5100 m,
3. „ Północno-Bandański 4600–5000 m,
4. „ Południowo-Bandański 4600–5200 m,
5. „ Vogelkop 3700–4500 m.

Baseny drugiej kategorii

6. Basen Makasaru 2200–2400 m,
 7. „ Bone 2200–3200 m,
 8. „ Tomini 2000 m,
- Baseny trzeciej kategorii**
9. Basen Webera 7440 m,
 10. „ Sawu 3300 m,
 11. „ Blisko-Jawański 3400–3900 m.

Baseny czwartej kategorii

12. Basen Daleko-Jawański 7100–7450 m,
 13. „ Timoru 2500–2900 m,
 14. „ Aru 3600 m,
 15. „ Ceramu 1600–2700 m.
- Baseny piątej kategorii**
16. Basen Halmahery (Ternate) 2700–3000 m,

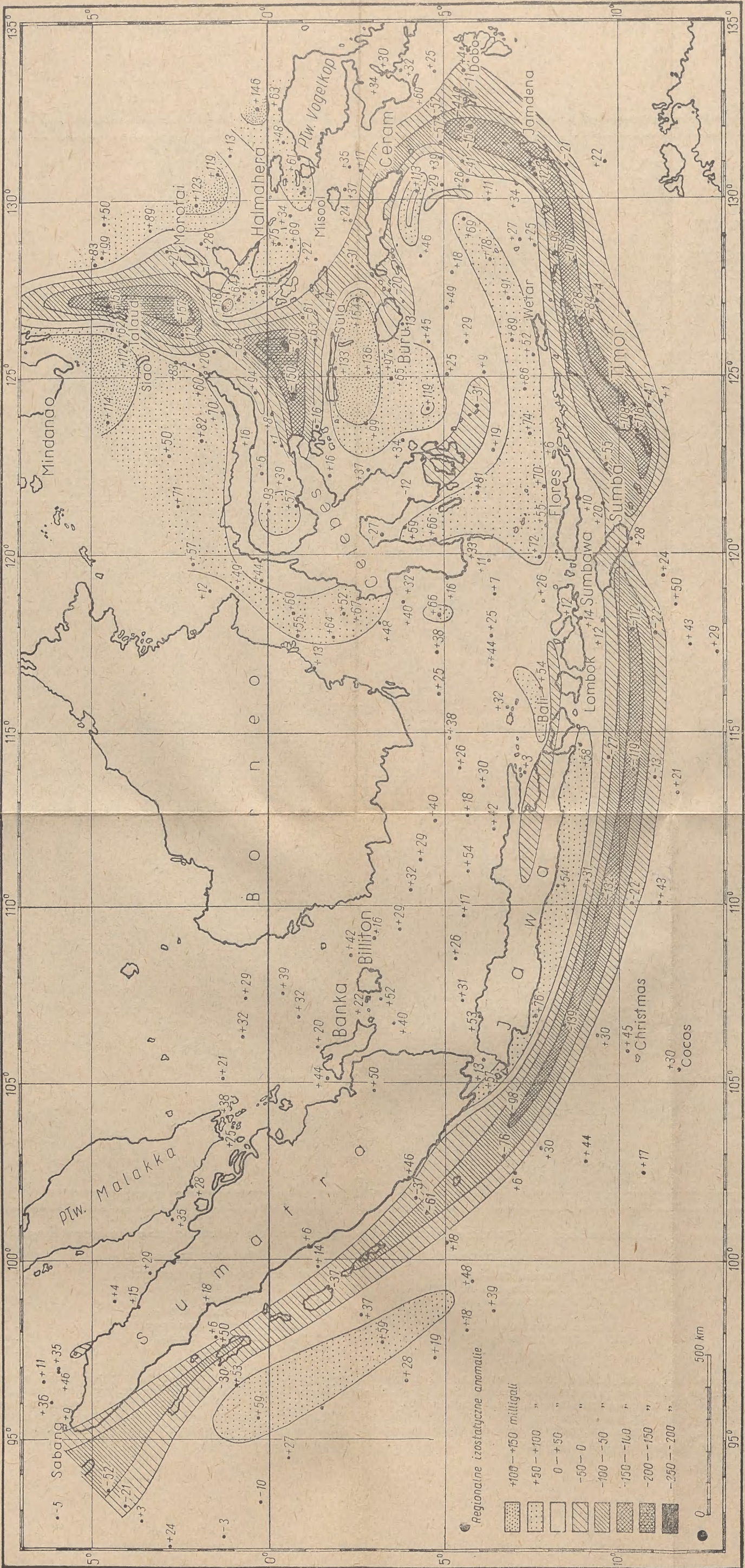
17. Basen Davao 3200–3900 m,
18. „ Mindanao 9500–11000 m,
19. „ Floresu 500 m.

Baseny szóstej kategorii (malutkie)

20. Basen Selajar 3300 m,
21. Basen Tukang Besi 400–5000 m,
22. Basen Manipa 4300–4800 m.

Wulkany czynne we wschodnim Archipelagu Malajskim. Jawa: 1. Smeru, 2. Bromo, 3. Lamongan, 4. Raung, 5. Kawah Idjen; Bali: 6. Batur, 7. Agung; Lombok: 8. Rindjani; Sumbawa: 9. Tambora; 10. Sangeang Api; Flores: 11. Inie Lika, 12. Ineri, 13. Amburombu, 14. Pui Medja, 15. Kelimutu, 16. Endeh Api, 17. Lewotobi Parampuan, 18. Lewotobi Laki, 19. Paluweh; Adonara: 20. Ilboleng; Lomblen: 21. Ili Labalekan, 22. Ili Werung, 23. Ili Lewotolo; Pantar: 24. Sirung; Komba: 25. Batutara; Wyspy Banda: 26. Api, 27. Damar, 28. Teon, 29. Nila, 30. Serua, 31. Banda Api; wulkany podmorskie: 32. Niewerkerk, 33. Emperor od China, 34. Una-Una; Celebes: 35. Suputan, 36. Lokon Empung, 37. Klabat; wyspy Sangir: 38. Ruang, 39. Api Siau, 40. Banua Wuku, 41. Awu, 42. bez nazwy wulkan podmorski; Halmahera: 43. Makian, 44. Ternate, 45. Gomkomora, 46. Ibu, 47. Dukono; Vogelkop, Nowa Gwinea: 48. Umsimi; Mindanao, Filipiny: 49. Makaturin, 50. Kalayo.

Uwaga: linia W oznacza linię Wallace'a.



Rys. 3. Zjawisko Vening Meinesza. Pas maksymalnych anomalii grawimetrycznych na Archipelagu Malajskim (1923—1930).

pek. Widocznie znajdowały się tutaj kiedyś otwornice, lecz zostały rozpuszczone.

Sąsiedni basen Sulu, wielkości 500×350 km i głębokości również 5000 m, jest całkowicie pokryty mułami globigerynowymi. Różnica polega na tym, że ten ostatni zawiera wodę stagnującą oraz cieplejszą, gdyż progi w pasmach wysp Palawani i Sangir nie obniżają się w żadnym miejscu poniżej 300 m. Do basenu Celebesu ma natomiast dostęp zimna woda oceaniczna, utleniona od biegunów przez Cieśninę Makasaru na głębici 2000 m i przez próg wysp Sangir na głębici 1600 m. W wodzie utlenionej tworzy się dwutlenek węgla i przez to przyczynia się do rozpuszczenia wapienia w globigerynach.

Baseny Północno- i Południowo-Bandajskie są mniejsze od dwóch poprzednich i mają kontury zbliżone do prostokątów. Ściany ich nie stoją w żadnym związku z osiami fałdowań na przyległych wyspach i są dość strome, tak że mogą być uważane za uskoki. Podczas gdy dno płaskie Północnego basenu Bandajskiego składa się wyłącznie z osadów terygenicznych z minerałami spłukanymi z otaczających wysp, to basen Południowy jest prawie całkiem zasypany dość świeżymi tufami wulkanicznymi. Znalaziono w nich kryształki augitów, plagioklazów oraz szkliwa o składzie andezytów. Dno to zajmuje przestrzeń wewnątrz łuku wulkanicznego tzw. „Bandajskiego Pierścienia Ognia”. Łuk ten wulkaniczny przypomina wewnętrzny łuk miocęńskich wulkanów karpaccich. Basen Południowo-Bandajski odpowiadałby zatem równinie węgierskiej tzw. Alföldowi.

Płaski basen Vogelkopu robi raczej wrażenie masywu nieściśliwego. Jego kontury przecinają osie fałdowań na otaczających wyspach z wyjątkiem północnego wybrzeża Vogelkopu. Przebiega tu od wschodu do zachodu, bo ok. 60 km szerokie, pasmo gór typu alpejskiego z przewalonymi fałdami i nasunięciami zwróconymi na północ. Cała zaś reszta tego olbrzymiego półwyspu jest pokryta łagodniejszymi antyklinami neogen-skimi, produkującymi obecnie ropę naftową. Pod względem tektonicznym znajdowałby się ten obszar nie w przedpolu pasma alpejskiego, jak tereny naftowe w Rumunii w stosunku do Karpat, lecz w zapleczu, jak tereny Siedmiogrodzkie.

Wszystkie 5 głębokich basenów we wschodnim Archipelagu Malajskim nie są więc geosynklinami we właściwym tego słowa znaczeniu, lecz rowami tektonicznymi, położonymi na masywach śródgórskich, jak masyw Colorado wśród amerykańskich Gór Skalistych albo Alföld węgierski.

Następna grupa basenów różni się od poprzednich przez bardziej podłużny kształt oraz głębię wynoszącą 2000 m. Do tej grupy zaliczamy: 1) basen Makasaru, 2) basen Bone, 3) basen Tomini, 4) basen Halmahery. Basen Makasaru znajduje się w cieśninie pomiędzy Celebesem i Borneo, basen Bone w zatoce pomiędzy południowo-zachodnim i południowo-wschodnim półwyspem Celebesu, basen Tomini w zatoce pomiędzy północnym i północno-wschodnim półwyspem Celebesu, basen Halmahery w zatoce pomiędzy południowym i południowo-wschodnim półwyspem Halmahery.

Zbocza tych basenów są dość strome, chociaż nie tak prostolinijne jak u pierwszej grupy. Dno jest stosunkowo płaskie, chociaż wykazuje nieco łagodnych fałowań. Brzegi robią wrażenie uskoków i przecinają skośnie

osie fałdów, stwierdzonych na brzegach przyległych wysp. Pod względem grawimetrycznym wykazują te baseny drugiej kategorii także wyłącznie anomalie pozytywne od +62 do +94 miligali. Osady są na dnach terygeniczne z wyjątkiem północnego końca basenu Tomini. Na zwężonym przebiegu północnego półwyspu Celebesu, który jest położony pomiędzy obydwooma terenami tufowymi, nie ma obecnie wulkanów czynnych. Jedyne w zachodniej części basenu Tomini znajduje się odosobniony, niezbyt wysoki stożek morskiego wulkanu czynnego Una-Una. Nie jest prawdopodobne, aby wszystkie te tufy, pokrywające obszar 360×200 km, miały być wyrzucone z jednego krateru Una-Una. Tufy te, szczególnie w basenie Makasaru, wykazują więcej śladów zwietrzenia i pochodzą prawdopodobnie z miocenkich wulkanów, kiedyś istniejących na wąskim przebiegu północnego półwyspu Celebesu. Znajduje się tam mnóstwo andezytów oraz ich produktów okruchowych, lecz nie ma śladu morfologicznych stożków ani kraterów.

Wszystkie baseny drugiej kategorii są to prawdopodobnie zwykłe rowy tektoniczne, tak jak rów górnego Renu albo mniejsze jednostki pomiędzy rowami wschodniej Afryki i Syrii.

Do trzeciej kategorii należą baseny położone pomiędzy dwoma łukami Bandajskimi, mianowicie pomiędzy zewnętrznym łukiem osadowym i wewnętrznym wulkanicznym. Do tych basenów należy: 1) basen Webera pomiędzy wysepkami Banda i Watubela i małym archipelagiem Kei, 2) basen Sawu, otoczony od wewnętrznej strony przez Flores, Adonara, Lomblen, Pantar i Alor i od strony zewnętrznej przez Timor, Rotti, Sawu i Sumba, 3) podłużny basen na południe od Jawy albo raczej szereg długich nieckowatych basenów położonych wzdłuż Sumatry, pomiędzy jej zachodnim wybrzeżem i szeregiem wysp zachodnio-sumatrańskich. Na południe od Jawy przebiega ten długi basen w odległości 100—150 km od południowego wybrzeża i jest od Oceanu Indyjskiego odgraniczony podłużnym progiem w odległości ok. 200 km. Próg ten jest to ciąg dalszy szeregu wysp zachodnio-sumatrańskich i należy go pojmować jako podniesienie się dna morskiego w formie antykliny. Obok Sumatry podniosła się oś wyżej, przez co na szczycie wynurzyły się wyspy, na południe zaś od Jawy dno podniosło się w najwyższym punkcie tylko do 1200 m poniżej poziomu morza.

Kontury tych basenów są wszystkie podłużno-soczewkowate i posiadają po obydwóch stronach ostre zakończenie. W przekroju poprzecznym mają one łukowato wklęsłe, a nie płaskie jak u pierwszych dwóch kategorii. Różnice głębści są bardzo wielkie. Basen Webera przekracza w swej środkowej części 7000 m. Zaokrąglone dno basenu Sawu znajduje się poniżej 3000 m. Basen Jawańsko-Sumatrański wykazuje największą głębść na południe od wyspy Bali 5000 m, na południe od miasta Surabaji 3500 m, na południe od zachodniej Jawy 2000 m (basen blisko-jawański). Pomiędzy wysepką Enggano a Sumatrą dochodzi basen tylko do 1000 m, pomiędzy wyspą Siberut a miastem Padang 1670 m, pomiędzy wyspą Simalur a miastem Tapatuan 1000 m.

Pod względem grawimetrycznym wykazują baseny powyższej kategorii od strony łuku albo linii wulkanicznej anomalie pozytywne, po stronie przeciwnej negatywne. Ani jedno, ani drugie nie są wielkie, lecz da-

lej na zewnątrz, mniej więcej na łuku osadowym, przebiega strefa największych anomalii negatywnych, czyli tzw. strefa Vening Meinesza.

Co do osadów, to składają się one w $\frac{3}{4}$ z utworów terygenicznych i to po stronie zewnętrznej oraz w $\frac{1}{4}$ z sedymentów wulkanicznych po stronie wewnętrznej. Baseny te tworzą mało zrozumianą grupę depresji przejściowych pomiędzy grzbietem fałdowym górskim, za jaki uchodzi łuk osadowy zewnętrzny, a łukiem wulkanicznym wewnętrznym. W stosunku do łuku osadowego są one położone nie u frontu, lecz w zapleczu. Ich kształt wskazuje na to, iż powstały zapewne na skutek fałdowania, lecz ich zmienną głębię należy zapewne przypisać dodatkowym ruchom pionowym, a więc uskokowym o typie tektonicznych.

Jeżeli słuszne jest twierdzenie, że łuk Bandański należy pojmować jako system gór fałdowych alpejskich „in statu nascendi“, to z tego rodzaju basenów wewnętrznych mogłyby powstać szerokie podłużne doliny lub rowy międzygórskie, jakie znamy w Alpach, w Andach, w Górach Barysańskich wzdłuż zachodniego wybrzeża Sumatry itd.

Do czwartej grupy basenów zaliczamy depresje przedgórskie we właściwym tego słowa znaczeniu, u frontu posuwających się naprzód grzbietów fałdowych typu alpejskiego. Są to geosynkliny płytkie i głębokie, które powstają na skutek ruchów fałdowych, lecz gdzie powstają bardzo rzadko warunki abysalne. Do takich basenów należy zewnętrzna depresja na zachód od wysp zachodnio-sumatrańskich i na południe od południowego progu podmorskiego Jawy. Depresja ta znajduje się pomiędzy łukiem osadowym zewnętrznym a płytą Oceanu Indyjskiego. Ciąg dalszy tej depresji biegnie po stronie południowej Timoru i południowo-wschodniej wysp Tanimbar oraz pomiędzy małymi archipelagami wysp Kei i wysp Aru. To podłużne zagłębienie jest od strony południowej i południowo-wschodniej ograniczone podmorskim cokołem kontynentu australijskiego, na którym rozpościera się szelf Sahul. Koniec tej depresji Aru wcina się w obszar Nowej Gwinei w zatokę Kamrau na wschód od wysepki Adi. Wybrzeże Nowej Gwinei jest na wschód od tej zatoki skaliste i znacznie obniżone, 30—50 m wysokie skały białe z wapienia eoceńskiego są pocięte w rozliczne fiordy z prostopadłymi ścianami.

Dalszy głęboki basen od wysp Kei do Ceramu i Buru nie łączy się łukowato z depresją Aru, lecz odskakuje od niej o 80 km i biegnie w kierunku północno-zachodnim wzdłuż cokołu szelfowego zachodniej Nowej Gwinei. Na tym cokole są położone półwysep Bomberai i wyspa Misool, pokryte poziomymi albo lekko falującymi osadami trzeciorzędu. Na północ od Buru znajdują się wyspy Groot Obi, Mangoli i pod prostym kątem Sulabesi, gdzie stwierdzono dużo uskoków. Dno morskie w okolicy tych wysp jest częściowo skaliste i nie zawiera osadów. Leżą tam w głębi 2000—3000 m różne otoczaki oraz piaski grube, pokryte czasem skórzeczką tlenku manganu. Brak osadów tłumaczy się istnieniem silnych prądów głębinowych, które wdzierają się przez lukę pomiędzy Nową Gwineą i Halmaherą.

Wszystkie te podłużne baseny po zewnętrznej stronie łuku osadowego sumatrańsko-molukskiego znajdują się w strefie anomalii grawimetrycznych wyłącznie negatywnych. Szereg ten basenów zawiera głównie muły globigerynowe oraz tu i ówdzie osady terygeniczne. Naj-

większe głębie znajdują się na zachód od wysp Nias i Siberut, mianowicie około 5000 m przy ogólnej głębi przylegającej części Oceanu Indyjskiego 4000 m, następnie na południe od zachodniej Jawy, mianowicie około 7000 m przy ogólnej głębi przylegającej części Oceanu Indyjskiego 5000 m. Nie mamy niestety jeszcze żadnej próbki dennej z tej głębi. Ciekawe byłoby dowiedzieć się, co się tu osadza. Sedymenty z wybrzeża Jawy nie mogą tu dotrzeć, gdyż oddziela je środkowy próg sięgający do 1200 poniżej poziomu morza i pierwsza bruzda głębokości 3000 m.

Do kategorii piątej zaliczamy 3 wąskie podłużne depresje w Morzu Molukskim pomiędzy Halmaherą, Mindanao i wschodnim końcem północnego Celebesu. 1) Pierwsza depresja albo podłużny basen jest to znany najgłębszy na świecie basen Mindanao albo basen Filipiński. Jego południowy koniec zaczyna się 70 km na wschód od wyspy Moratai i ciągnie się następnie wzdłuż wschodniego wybrzeża Mindanao i dalszych wysp Archipelagu Filipińskiego aż do wyspy Luzon, razem w kierunku południka od równoleżnika 3 do równoleżnika 13. Jego największa głębina została stwierdzona przez marynarkę amerykańską koło Mindanao i wynosi prawie 11 000 m. 2) Druga jest to depresja Dawao; ciągnie się ona od zatoki tej nazwy na Mindanao i kończy obok na północny wschód pochyłonego końca północnego półwyspu Celebes. Ma on głębie w północnej części 2500 m. 3) Trzeci basen przebiega w odległości 80 km od zachodniego wybrzeża Halmahery i jest nazwany według małej wysepki basenem Ternate. Jest on najgłębszy w wąskim środku i dochodzi do 3000 m, a na obydwóch końcach rozszerza się i płycej. 4) Czwarty basen w zupełnie innym miejscu położony, mianowicie pomiędzy Celebesem i Floresem przebiega w kierunku równoleżnikowym i dochodzi do 5000 m głębokości.

Pod względem grawimetrycznym zbiega się basen Halmahery (Ternate) z największymi anomaliami negatywnymi na archipelagu, mianowicie -157 do -204 (rys. 3). Tylko w środku i na południowym końcu dotyka obszarów pozytywnych miligali. Przez południową część basenu Filipińskiego (Mindanao) przebiegają negatywne miligale -151 oraz -157 . Jego koniec południowo-wschodni nie został jeszcze zbadany geofizycznie. Basen Dawao znajduje się na obszarze z anomaliami grawimetrycznymi pozytywnymi od $+60$ do 112 miligali. Basen Floresu leży całkowicie na obszarze anomalii grawimetrycznych pozytywnych.

Co do osadów stwierdzono w głębi basenu Mindanao wyłącznie osady terygeniczne i tylko na wschodnim zboczu w 3 próbkach czerwone iły głębinowe. Basen Dawao zawiera w północnej połowie osady terygeniczne, a w południowej jest zasypany tufami z sąsiednich wulkanów Sangir. Basen Halmahery (Ternate) jest całkowicie wypełniony tufami i to w środkowej części czystymi tufami, w północnym i południowym końcu zmieszany z sedymentami terygenicznymi. Tak samo basen Floresu jest zasypany tufami andezytowymi, w północnej części zmieszany z osadami terygenicznymi. W środkowej części basenu udało się zidentyfikować stosunkowo świeże tufy, pochodzące z największego wybuchu wulkanu Tambora na Sumbawie w r. 1815. Rentgenograficzne zbadanie próbek głębinowych nie wykazało śladu zwietrzenia ani w szklawie wulkanicznym, ani w minerałach, chociaż tuf leżał 115 lat w wodzie morskiej.

Wybuch Tambory z r. 1815 jest to jedyny wybuch znany tego wulkanu. Od czasu jak Holendrzy przebywali na tych wyspach nie było żadnego wybuchu i od r. 1815 pozostał wulkan wygasłym. 75 km na zachód od krateru udało się z dna morskiego wydobyć próbkę Nr 174 z głębi 1250 m, grubości 31 cm. Jej dolna część składa się z mułu globigerynowego i tylko górne 30 mm składają się z tufu Tambory. Nad tym tufem osadziła się widocznie w minionych 115 latach cieniutka powłoka mułu globigerynowego, niespełna 1 mm.

Czy te 4 ostatnie wymienione baseny należy uznać za geosynkliny, trudno powiedzieć, gdyż nie wiadomo, jaki jest ich stosunek do zjawisk tektonicznych archipelagu.

Jako ostatnią grupę basenów wymienia Ph. H. K u e n e n: 1) rów na wschód od wyspy Saleyer na południe od Celebesu, 2 i 3) dwa baseniki po obydwu stronach szelfu wysp Tukang Besi i 4) basenik Manipa w cieśninie pomiędzy Buru i Ceramem.

Na wysepce Saleyer, która przebiega w kierunku południkowym w przedłużeniu wschodniego wybrzeża południowo-zachodniego półwyspu Celebesu, został stwierdzony większy uskoki, który powoduje wschodni stromy brzeg oraz wielką głębę. Basen ten sięga do głębi przeszło 3000 m i jest wypełniony osadami terygenicznymi, podczas gdy w płytszym jego otoczeniu zalegają muły globigerynowe. Pod względem grawimetrycznym występują tu wyłącznie anomalie pozytywne i to w basenie po wschodniej stronie większe +72 niż po stronie zachodniej +11.

Dwa baseniki po 100 km długie i po 40 km szerokie przebiegają na wschodnim i zachodnim brzegu małego szelfu, z którego się wynurzają wysepki Tukang Besi. Wysepki te składają się z osadów neogeńskich sfałdowanych w kierunku NW-SE, tak że osie antyklin i basenów są równoległe. Cały ten obszar jest objęty anomaliami grawimetrycznymi negatywnymi. Z próbek głębinowych wynika, że cokolwiek wysp Tukang Besi jest wyłącznie pokryty mułami globigerynowymi, a baseny osadami terygenicznymi. Głębokość basenów dochodzi od 4000 do 5000 m. Wydaje się, iż są to regularne geosynkliny małego kalibru.

O basenie Manipa pomiędzy Buru i Ceramem przypuszczano od dawna, iż jest to rów tektoniczny spowodowany przez uskoki południkowe. Osie fałdów na Ceramie nie zgadzają się z osiami na Buru i odnosi się wrażenie, jakby wyspa Buru została wzdłuż uskokiów przesunięta na południe lub Ceram na północ. Dno tego basenu jest płaskie, lecz zaznacza się na nim od strony Buru izolowany stożek podwodny. Jest więc możliwe, iż wzdłuż zachodniego uskoku wydobyła się lawa i powstał mały wulkan podmorski, nie osiągając poziomu morza. Pod względem grawimetrycznym leży ten basen całkowicie w polu anomalii negatywnych. Jego głębia wynosi około 3000 m.

Jeżeli chodzi o wypełnienie głębokich geosynklin sedimentami to różni autorzy, a szczególnie Arn. H e i m przypisywali wielkie znaczenie ześlizgiwaniom się osadów ze zboczy ku dnu basenu podwodnego. H a a r m a n zauważył ku poparciu swego stanowiska w tektonice ześlizgowej, iż na dnie oceanów nie ma na obszarze miękkich i plastycznych sedimentów prawie wcale pagórków lub basenowatych zagłębień o pochyłościach większych $1/4^0$. Oznacza to, iż takie nachylenia nie utrzy-

mały się, lecz rozeszły lub rozplynęły; cóż dopiero mówić o bardziej stromych zboczach, które by się tym bardziej poobsuwały i poześlizgiwały.

Arn. He im stwierdził swego czasu w jeziorach szwajcarskich, iż muły i plastyczne ily obsuwały się już na pochyłościach dna począwszy od $2\frac{1}{2}^{\circ}$. Podczas badań „Snelliusa” mierzono pochyłość dna przy pobieraniu każdej próbki i przekonano się, że najmiejsze i najbardziej obślizgłe osady pozostawały zawsze na miejscu na pochyłościach 15° , nawet w okolicach najbardziej nawiedzanych przez trzęsienie ziemi. W jednym wypadku pozostały na miejscu przy 22° i w jednym nawet przy 34° nachylenia dna. Ześlizgiwań niewątpliwych właściwie wcale nie obserwowano. Jeżeli na jakimś zboczu brakowało sedymentów, to zostało to spowodowane nie przez ześlizgiwanie się ich, lecz przez wypłukanie za pomocą głęboko-morskich prądów. Zawsze drobny ilasty materiał został odprawdowany, a grubsze ziarna pozostały na miejscu.

Mógłby się ktoś spodziewać, iż powierzchniowe najmłodsze i najmiejsze utwory obsuwały się, a reszta zostawała na miejscu. Tymczasem nadziewano w rurę od próbek nieraz rdzenie 2—3 m długości i w nich już można było obserwować trochę uwarstwienia. Otóż rdzenie były zawsze jednolite i nie wykazywały żadnych przerw na skutek ześlizgów. Przeciwnie, można było w nich zauważyć coraz większą konsystencję, twardość lub nawet diagenezę ku głębi.

Małe ześlizgiwania obserwowano w płytkiej wodzie, lecz sedymenty nie obsuwały się w formie warstewek ślizgających lub marszczących się, lecz w całości jako błotniste bezstrukturalne lawiny.

Obserwacje więc zrobione na „Snelliusie” nie przemawiają za ześlizgiwaniem się uwarstwionych sedymentów i za marszczeniem się ich w fałdy na skutek tarcia na podłożu. Takich pofałdowanych warstw należało się spodziewać na jednolitych i bardzo długich zboczach głębokich basenów. Pomimo wielkiej różnorodności głębokich basenów na Archipelagu Malajskim znalazły się takie długie zbocza tylko sporadycznie. Na żadnym z tych zboczy nie stwierdzono odklejania się osadowej powłoki i ześlizgnięcia się do dna basenu. Zresztą musiałaby się taka powłoka na skutek rozciągania gdzieś przerwać, czego też nie obserwowano. Na zboczu łamanym, składającym się z pochyłości, części poziomych i odwrotnych pochyłości nie doszłoby w ogóle do ześlizgów.

Biorąc pod uwagę wielką ilość basenów w Archipelagu Malajskim oraz różne położenie ich osi względem siebie, trudno sobie wyobrazić, jakby ześlizgające się warstwy osadów na różnokierunkowych zboczach mogły się ostatecznie ułożyć w jakiś jednolity system fałdów, jak przypuszczają H'a a r m a n i van B e m m e l e n, aby z tego powstały góry typu alpejskiego. Z doświadczeń wynikałoby: 1) że ześlizgi w jeziorach z wodą słodką łatwiej powstają i przy łagodniejszych nachyleniach niż w wodzie morskiej, 2) iż przy wypełnieniu basenów morskich odgrywają bardzo małą rolę.

W związku z geosynklinami pozostają jeszcze do omówienia nadmierne anomalie grawimetryczne, czyli zjawisko Vening Meinesza, jak je nazwał sam Stille (rys. 3). W latach 1923—32 odkrył geofizyk holenderski F. A. Vening Meinesz (sz wymawia się jak ss) na Archipelagu Malajskim zdumiewające zjawisko w formie długiego, łukowo zagiętego pasa z największymi anomaliami grawimetrycznymi świa-

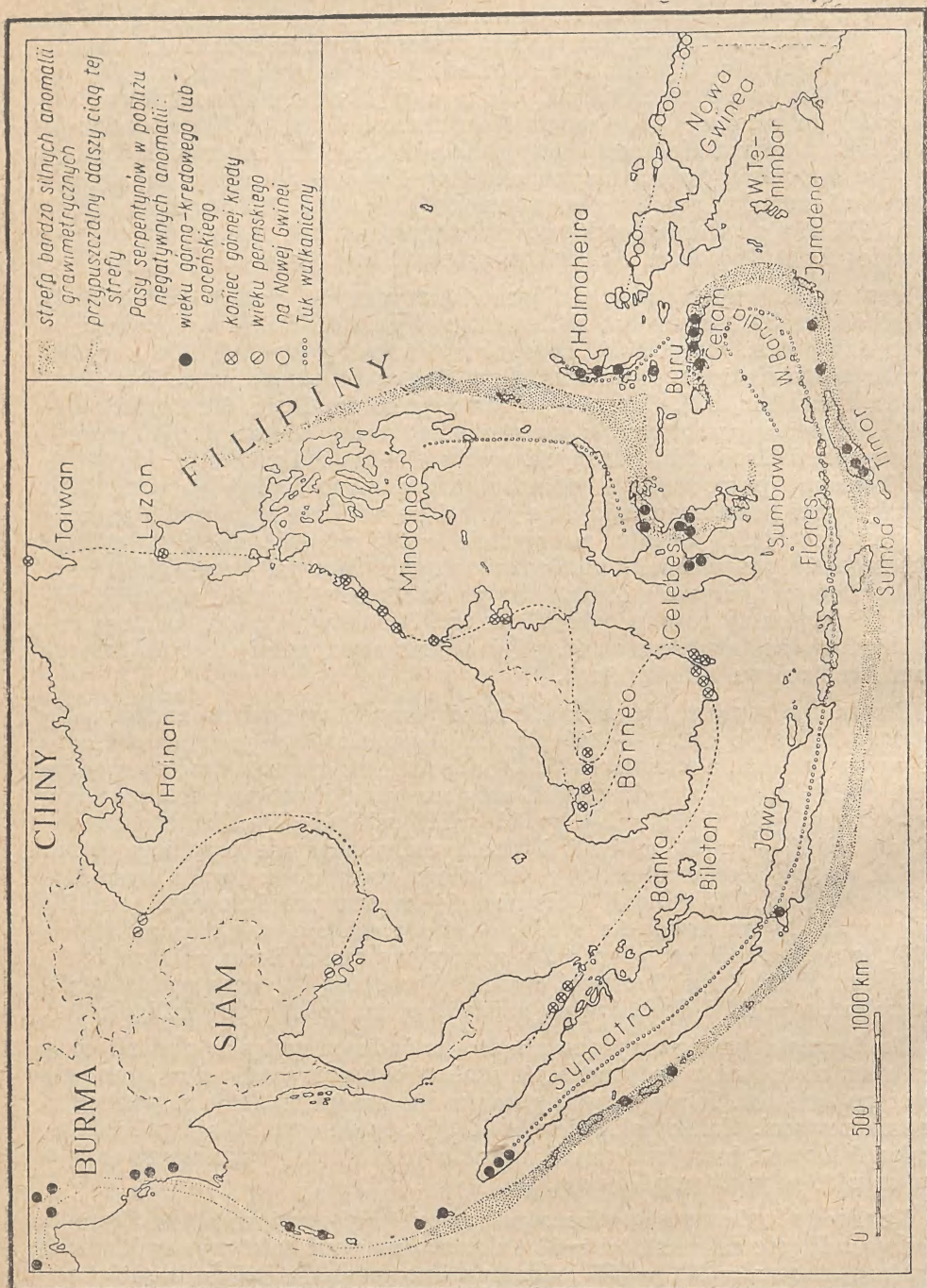
ta. Skonstruował on w tym celu nowy kardanowo zawieszony aparat wahadłowy, podobny do wahadła Sternecka, który może być użyty tylko na łodzi podwodnej. Na każdym okręcie na powierzchni morza nie można wykonać tego rodzaju pomiarów z powodu bezustannych ruchów i wstrząsów. Pomiary swe przeprowadził V e n i n g M e i n e s z na nowoczesnej łodzi podwodnej, która mogła się zanurzać do głębi 100 m. Łódź ta wyjechała wprost z Holandii i przyjechała do Indii Holenderskich o własnej sile bez towarzystwa innych okrętów. Zwykle poruszała się na powierzchni morza, a na okres burz zanurzała się. W r. 1932 wykonał V e n i n g M e i n e s z drugą taką podróż na zaproszenie marynarki amerykańskiej na Archipelagu Antylskim w centralnej Ameryce.

Pas nadmiernych anomalii grawimetrycznych został stwierdzony w szerokości 50 km wzdłuż zachodniego wybrzeża Sumatry i południowego Jawy oraz wysp Bali, Lombok i Sumbawy (rys. 4). Koło wyspy Sumby zdaje się istnieć przerwa. Ciąg dalszy przebiega przez łuk wysp Timor, Tanimbar, Kei, Ceram i południowy koniec Buru. Od Ceramu odchodzi się odnoga północna, która przebiega przez obszar morski pomiędzy wyspami Groot Obi i Mangoli oraz pomiędzy Halmaherą i odbydwoma końcami północnego i północno-zachodniego półwyspu Celebesu. W trójkątnej przestrzeni znajduje się też największa negatywna anomalia grawimetryczna świata, mianowicie —204 miligali. Dalej na północ przeciąga się pas anomalii pomiędzy wyspami Morotai i szeregiem wulkanów Sangir i wreszcie przechodzi po wschodniej stronie wysepek Talaud w najgłębszy rów morski Mindanao. Niestety na początku tego rowu pomiary zostały przerwane, gdyż obszar rowu należy już do terytorium Archipelagu Filipińskiego.

Strefa maksymalnych anomalii negatywnych wynosi na zachód północnego końca Sumatry — 100 miligali i przebiega przez cokolwiek podmorski wysp zachodnio-sumatrański, następnie równa się, chociaż z pewnymi odchyleniami, z podmorskim progiem południowo-jawańskim, gdzie stwierdzono —98 —139 —132 —111 —112 miligali. Na Timorze dochodzi do —116 — —128 miligali i strefa maksimów nie przebiega przez środek wyspy, lecz wzdłuż jej zachodniego brzegu; na grupie wysp Tanimbar wynosi 128 miligali i trzyma się brzegu południowego (rys. 3). Na wyspie Ceram natężenie spada, gdyż wynosi na wschodnim końcu —102, a na zachodnim tylko —20, a przy wybrzeżu Buru —13 miligali. Pomiędzy Halmaherą i końcami dwóch półwyspów Celebesu podnoszą się anomalie do —156 i dochodzą do najwyższej wartości —204 miligali.

Ta depresja grawimetryczna nie stoi w żadnym związku z morfologią dna morskiego ani z sedimentami wulkaniczno-teryogenicznymi osadzonymi na miejscu. Istnieje tutaj płaskie dno na głęb. 2000 m pomiędzy dwoma rowami. Także tektonicznie jest ją trudno uzasadnić, gdyż kierunku fałdowań i stwierdzonych uskoków na otaczających wyspach nie można ująć w jakiś wspólny system.

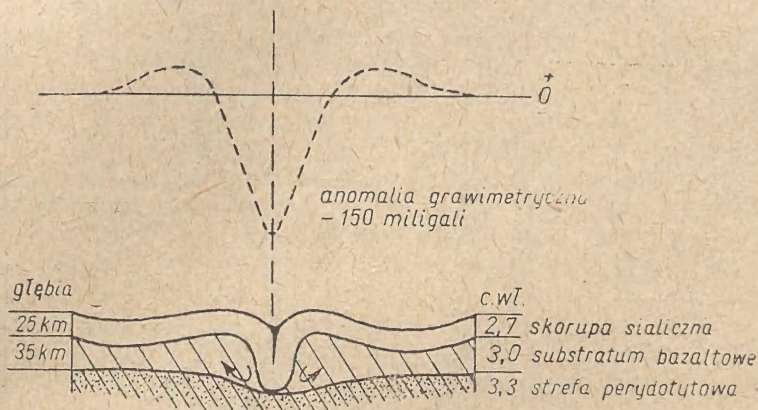
Pomiędzy końcem północnego półwyspu Celebesu i wysepką Ternate spadają miligale do wartości —54 i dopiero na wysokości wyspy Morotai uzyskują znowu —112 —157 jednostek. Interpretacja tej najbardziej na północ wysuniętej strefy negatywnych anomalii jest też według zwykłych metod niemożliwa, gdyż pod względem morfologicznym przebiegają tam



Rys. 4. Strefa nadmiernych negatywnych anomalii grawimetrycznych na Archipelagu Malajskim (wg. Vening Meinesza).

2 rowy w kierunku południkowym, a wschodni z nich, Mindanao, skręca na południowy wschód.

Vening Meinesz, biorąc pod uwagę wielkość zjawiska, jest zdania, iż w tej negatywnej strefie zewnętrzna sialiczna skorupa ziemska grubości 25 km została ściśnięta w pionowy izoklinalny fałd i wtłoczona do głębi około 60 km aż do plastycznej strefy o składzie perydotytowym,

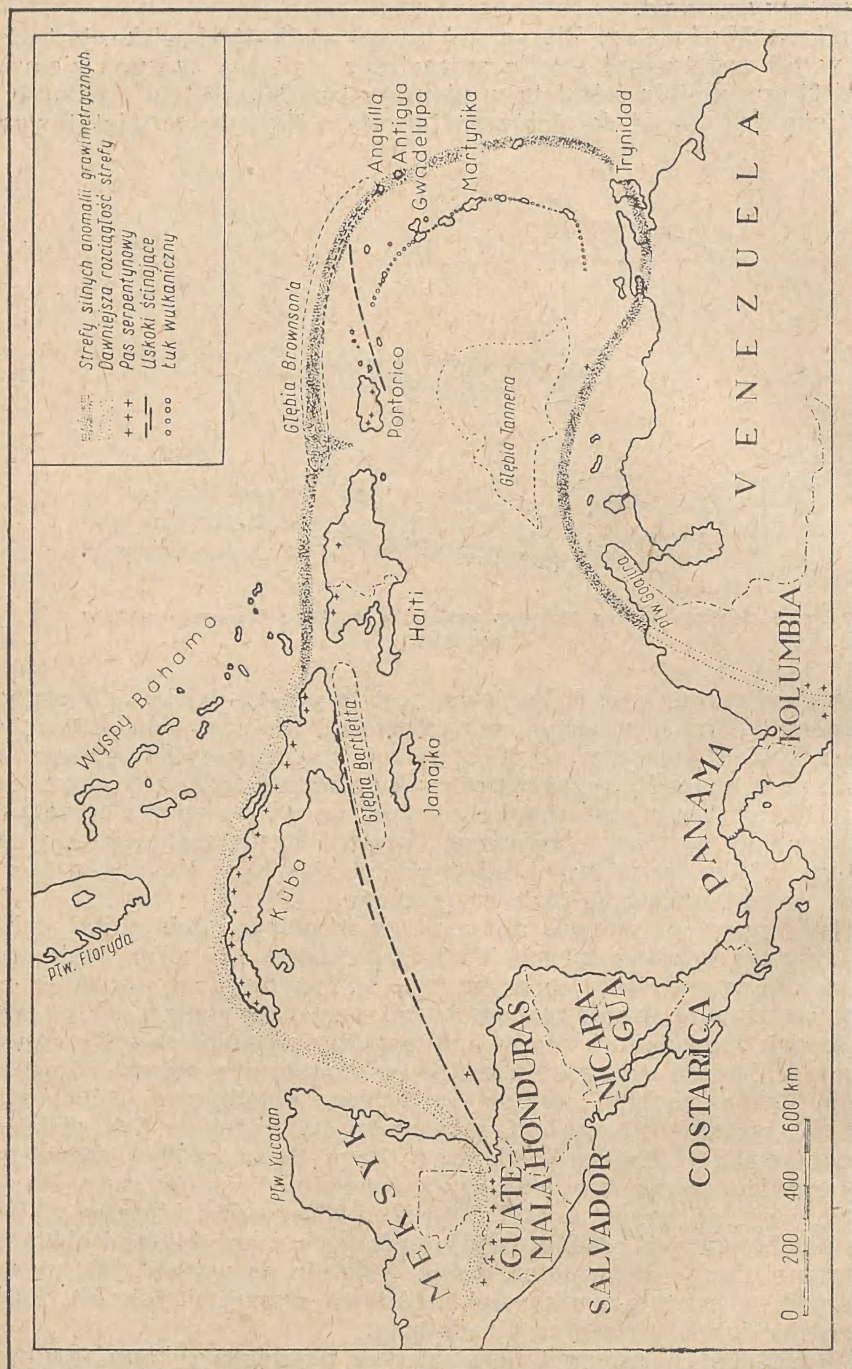


Rys. 5. Schemat Vening Meinesza wciśnięcia się fałdu pionowego skorupy ziemskiej.

jak przedstawiono na rys. 5. Ponieważ jest to pogląd daleko odbiegający od konwencjonalnych koncepcji tektonicznych, nie został on zaakceptowany przez wielu geologów. Um b g r o w e stwierdza tylko ogólną równoległość pasa anomalii negatywnych z kierunkami fałdów trzeciorzędowych na łukach wysp oraz znamieny fakt, że wyspy ze stwierdzonymi płaszczowinami, jak Timor, Jamdena, Ceram i Buru, znajdują się wewnątrz pasa. Dyskusja na temat interpretacji zjawiska Vening Meinesza nie jest jednak na razie wyczerpana.

Podobny pas negatywnych anomalii grawimetrycznych został także stwierdzony przez tego samego Vening Meinesza na Archipelagu Antylskim w centralnej Ameryce (rys. 6). Przebiega on, poczynając od Haiti, po wschodniej stronie małych Antyli, następnie poprzez wyspę Barbados, środek Trynidadu i tworzy łuk wypukły na północ od Wenezueli. Na północ od Haiti i Portoryko przecina on głęboki rów morski Brownsona, około 7000 m głęboki, wzdłuż jego brzegu południowo-zachodniego. Łuk Antyli, wypukły na wschód, zachowuje się podobnie jak girlanda wysp molujskich od Timoru do Ceramu i Buru. Są tu też dwa równoległe łuki, mianowicie zewnętrzny osadowy i wewnętrzny wulkaniczny. Do wewnętrznego należą wyspy Anguilla, Antigua i Barbados, które są zbudowane z pofałdowanych osadów trzeciorzędowych z antyklinami obalonymi i przesuniętymi na zewnątrz, a więc głównie na wschód. Wyspy zaś wewnętrzne są pokryte wulkanami częściowo czynnymi, jak Mt. Pelée na Martynice lub Soufriere na Guadelupie.

Pas nadmiernych anomalii negatywnych przebiega łukiem równoległym po stronie zewnętrznej łuku osadowego, lecz niezupełnie, gdyż wy-



Rys. 6. Strefa nadmiernych negatywnych anomalii grawimetrycznych na Archipelagu Antylskim (wg Vening Meinesa).

spa Barbados jest położona wewnątrz pasa negatywnego. Następnie przebiega ten pas przez środek wyspy Trynidad i tworzy na północ od Wenezueli wypukły łuk, tuż wzdłuż wysp Bonaire, Curaçao i Aruba. Za półwyspem Goajira skręca na południe na ląd południowej Ameryki i dalej nie jest znany.

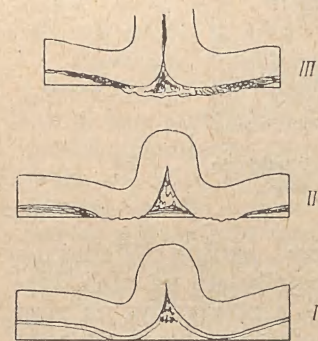
Ciąg dalszy pasa negatywnego w kierunku zachodnim przebiega na północ od wyspy Haiti i następnie wzdłuż brzegu północnego wyspy Kuby. Na końcu Kuby okrąża jej łukowate zakończenie północnego wybrzeża, skręca w zatokę Honduras wzdłuż zachodniego wybrzeża półwyspu Yukatan i kończy się w pobliżu portu Gorda w brytyjskim Hondurasie. Na osi głębokiego basenu Brownsona znajduje się pomiędzy południowym równoleżnikowym wybrzeżem Kuby i wyspą Jamaiką głęboki basen Bartletta. Posiada on prostokątny kształt i płaskie dno na głębi około 6300 m. Pod względem grawimetrycznym wykazuje anomalie grawimetryczne pozytywne. Jest to więc zwykły rów tektoniczny, który z pasem nadmiernych anomalii negatywnych Vening Meinesza nie ma nic wspólnego.

Po zewnętrznej stronie Antyli nie ma wyraźnego rowu przedgórskiego, lecz panują tam głębie ponad 5200. Od strony Morza Karaibskiego jest dno tak samo płaskie, lecz płytsze, gdyż sięga 1000—1500 m. Pod względem grawimetrycznym wykazuje anomalie pozytywne. Na północ od holenderskich wysp Bonaire, Curaçao i Aruba odróżnia się jeszcze płytki basen Tannera o głębi 2500 m.

Wewnątrz pasa anomalii negatywnych znajduje się wyspa Barbados, która ma bardzo skomplikowaną strukturę płaszczowinową, oraz środek

wyspy Trinidad, gdzie również zostały stwierdzone płaszczowiny. Wyjaśnienie pasa anomalii negatywnych opisał w myśl Vening Meinesza Harry H. Hess, który też brał udział w pomiarach morskich. Przyjmuje on tutaj taki sam izoklinalny fałd skorupy ziemskiej jak na Archipelagu Malajskim, wciśnięty aż do strefy plastycznej, gdzie znajdują się magmy perydytowe. W wypadku Barbadosa skorupa ziemska była pierwotnie pokryta serią gruboziarnistą piaskowców eoceńskich, które zostały następnie przy ściśnięciu wielkiej synkliny izoklinalnej silnie pofałdowane i wciśnięte w kształcie skomplikowanych skib i nasunięć dwustronnych (rys. 7).

Rys. 7. Kolejność wyciskania powierzchniowych osadów podczas wdzierania się w głąb synkliny (wg Vening Meinesza).

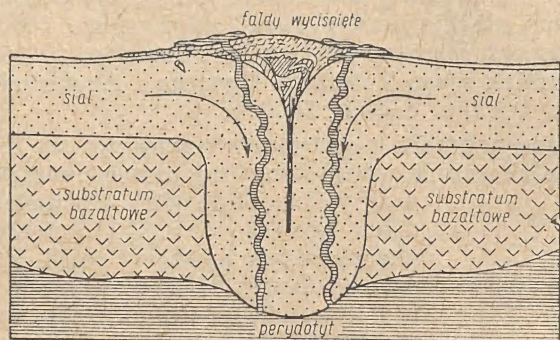


Przy zanurzeniu fałdu na skutek głębokiego wciśnięcia powstał nad Barbadosem głęboki rów oceaniczny, na którego zboczach zaczęły się ześlizgiwać osady boczne. Na nich osadziły się utwory abysalne, jak radiolaryty i czerwone muły głębokomorskie. W młodszym miocenie nastąpiło ostateczne dofałdowanie tych różnorodnych sedymentów przez dalsze zaciśnięcie skrzydeł wielkiego fałdu, które działały jak szczęki w imadle.

Powstały teraz w środku wyspy nowe nasunięcia, skiby oraz małe płaszczowiny, a dalej na brzegach rowu — łagodniejsze fałdy. Z powo-

dów izostatycznych poczęła się wyspa znowu wznosić ponad poziom morza i osiągnęła teraz wraz z narośniętymi rafami koralowymi na szczycie wysokość 1100 m nad poziomem morza.

H. H. Hess zwraca szczególną uwagę na fakt, iż właśnie w pasach silnych negatywnych anomalii występują z reguły magmowce typu najbardziej zasadowego, jak perydotyty, ofiolity i serpentyny. Wiadomo o nich, iż towarzyszą osadom głębokomorskim. Zostały one wciśnięte na jednym lub obydwóch pionowych skrzydłach ściśniętych głębokich synklin, które po stronie wewnętrznej popekały. Na skutek wilgoci zawartej w tych skrzydłach, tworzących kiedyś warstwy powierzchniowe skorupy ziemskiej, został perydotyt upłynniony, przez co mógł łatwiej przedrzeć się przez te olbrzymie skrzydła. Wilgoć ta spowodowała następnie szybkie uwodnienie i przeobrażenie perydotytu na serpentyn lub ofiolit. Ponieważ te ultrazasadowe magmy musiały odbyć bardzo uciążliwą i skomplikowaną drogę, zanim dostały się do wyciśniętych struktur pomiędzy szczękami, nie tworzą one nigdy ani żył pokładowych (sillów), ani żył zwykłych poprzecznych (dike'ów), jak np. diabazy, lecz zawsze nieregularne soczewy, fakolity lub płyty (rys. 8).



Rys. 8. Wydobywanie się perydotytu na wciśniętej do wielkiej głębi synklinie (wg Vening Meinesza).

W okresie gdy owe głęboko wciśnięte synkliny według Vening Meinesza przebywały w największej głębi, osadziły się na nich dyskordantnie osady abysalne. Skoro nastąpiła reakcja izostatyczna na zbyt głęboko wciśnięte lekkie utwory sialowe, które on sobie wyobraża, że były utrzymywane w głębi przez boczne siły tangencjalne, wtedy synklina izoklinalna podniosła się znowu na skutek rozluźnienia tych sił tangencjalnych. Teraz mogły się znowu osadzać sedymenty płytsze i nawet litoralne. W ten sposób tłumaczy sobie Haas naprzemianległość osadów głęboko- i płytkowodnych. Z opracowania próbek „Snelliusa” z dna całego obszaru Archipelagu Malajskiego wiemy jednak, iż facja osadów jest bardziej zależna od odległości zaplecza lub przedgórza niż od głębi miejsca sedimentacji.

W swoim entuzjastycznym opisie, gdzie Haas łączy grawimetryczne anomalie Vening Meinesza ze strefami ofiolitów i serpentynitów, uogólnia on to zjawisko na skalę światową i doszukuje się nie tyl-

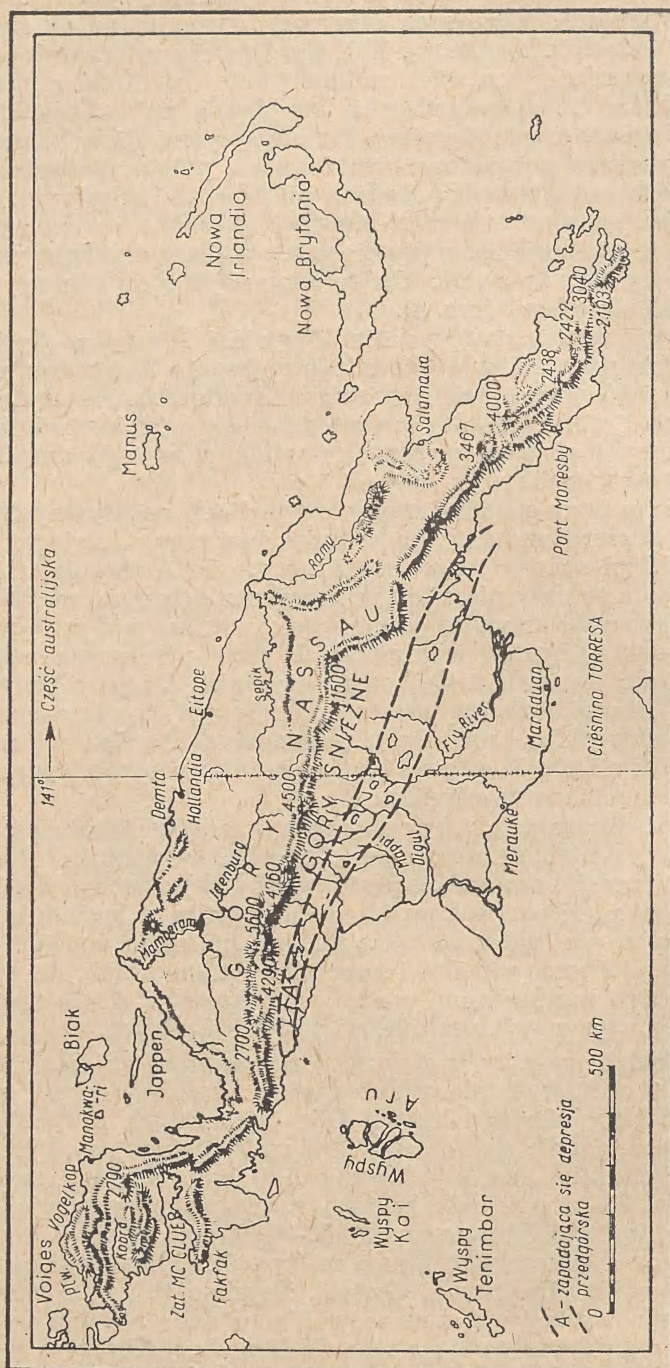
ko w różnych girlandach wysp, lecz także w pasmach górskich na lądzie, podobnego wciśnięcia pionowych olbrzymich synklin aż do strefy perydotytowej w skorupie ziemskiej. Tak np. istnieje w centralnym Borneo strefa przypuszczalnie jurajskich radiolarytów i ofiolitów z bułami man-ganowymi, które Molengraaff stwierdził na odległość 160 km i uznał jako typowy utwór abysalny. Ponadto występują w Borneo serpentyny na wybrzeżu południowo-wschodnim i północno-wschodnim oraz na wyspie Palawan pomiędzy Borneo i Luzon na Filipinach. Także na południowo-zachodnim wybrzeżu Malakki są znane serpentyny. Otóż Haas łączy te wystąpienia w pas nieco równoległy do negatywnych anomalii Vening Meinesza. Co do wieku byłby on starszy, przypuszczalnie jurajsko-kredowy (ryc. 4).

Taki sam pas serpentynitów i ofiolitów widzi Haas w okolicy Archipelagu Antylskiego wzdłuż wschodniego wybrzeża Kuby oraz w centralnej Ameryce w Guatemali na pograniczu Hondurasu. Na skutek ruchów izostatycznych i erozji już tam prawie nic nie pozostało z wielkich negatywnych anomalii grawimetrycznych i wiek pasa tego określa Haas jako środkowo-eoceński.

Tego rodzaju pasy o nadmiernych anomaliiach negatywnych siły ciężkości zostały stwierdzone dotychczas tylko dwa razy na świecie, na Archipelagu Malajskim oraz w centralnej Ameryce na Archipelagu Antylskim (rys. 6). Obydwa te pasy nie stoją w związku z dzisiejszą morfologią tych okolic. Intensywność anomalii jest o wiele większa niż w Alpach, gdzie dochodzi do —65 miligali, i w Himalajach, gdzie przekracza —82 miligali. Całe to zjawisko jest dość zagadkowe i nie da się łączyć z konwencjonalnymi geosynklinami. Jak już wspominaliśmy, wyłącza je znany tektonik Stille od geosynklin i nazywa jakimś nowym zjawiskiem, mianowicie zjawiskiem Vening Meinesza. Interpretacja tego zjawiska nie może być na razie uznana za ukończoną.

Powracając do geosynklinu w pierwotnym znaczeniu według E. Haasa, mamy do czynienia z warunkiem, iż bruzda wypełniona bardzo grubymi osadami prawie wyłącznie płytkowodnymi może być dopiero uznana za prawdziwą geosynklinę po jej pofałdowaniu w system górski. Gdy więc chodzi o to, aby wskazać takie miejsca na kuli ziemskiej dzisiaj, to muszą się one już teraz zapadać i napełniać sedymentami. Na ruch fałdowy w przyszłości można mniej więcej wnioskować z dzisiejszego obniżenia ich dna, a więc z tzw. warunków geosynkinalnych.

Podczas moich podróży badawczych na Archipelagu Malajskim miałem okazję do obserwowania dwóch takich stref. Pierwsza z nich przebiega wzdłuż południowego brzegu Gór Centralnych lub Śnieżnych na Nowej Gwinei i ciągnie się od estuariów rzek Otakwa na zachodzie aż do Purari na wschodzie. Jest ona średnio 100 km szeroka i mniej więcej 900 km długa. Po stronie południowej rozciąga się przed nią olbrzymia bagnista równina 200 km szeroka i 500—600 km długa aż do wybrzeża południowego z miasteczkiem Merauke (rys. 9). Odpowiada ona „brzuszkowi” ptasiego kształtu Nowej Gwinei. Pomimo iż na tej równinie nie ma ani jednego wzniesienia, rozchodzą się tu dwie największe rzeki Digul i Flyriver, które spływają z Gór Śnieżnych początkowo w kierunku południkowym we właśnie wspomnianej strefie 100 km szerokości na zachód i wschód. Rzeki te nie odpowiadają pod względem długości rzekom



Rys. 9. Nowa Gwinea.

europiejskim, lecz pod względem ilości wody w bardzo wilgotnym klimacie tej wyspy można je porównać: Digul z Wisłą, a Flyriver z Dunajem. Estuarium Digulu jest u ujścia 8 km szerokie, a u Flyriveru 80 km, nie licząc w to bagnistych wysp. Obydwa ujścia są od siebie oddalone o 500 km.

W miejscu największego zbliżenia się obydwóch rzek (ok. 30 km) przebiega właśnie owa depresja przedgórska. Jest tu pełno jezior i wszystkie rzeki są połączone pomiędzy sobą anastomozującymi kanałami.

Przejechałem tam parowcem od Digulu aż do Otakwy takimi poprzecznymi połączeniami w odległości około 200 km od południowego wybrzeża Nowej Gwinei. Nie mieliśmy ani czasu, ani przyrządów do mierzenia głębci tych rzek, zresztą pełnych połamanych korzeni i gałęzi drzew żelaznych (*Sideroxylon zwageri*), cięższych od wody i niegnijących. W moich starych notatkach czytam, iż głębia Digulu u ujścia (zmierzona kawałkiem ołowiu na sznurku) wynosiła 6—8 m, natomiast w strefie depresji 28 m. We Flyriver mierzyliśmy 32 m, a w kanale anastomozującym pomiędzy Mappi i Eilandenrivier, mianowicie Wildemanrivier, 21 m. Jasne więc jest, iż te przegłębienia nie były spowodowane zwykłą erozją, lecz obniżeniem się terenu. Co najbardziej wpadało w oko, to lasy obumarłe. Jak daleko można było sięgnąć okiem podczas tej 8-dniowej podróży, widzieliśmy olbrzymie drzewa dżunglowe o średnicach 1—2,5 m z opadłymi koronami, bez gałęzi i pokryte grzybem. Nigdzie ani jednego zielonego listka. Często dolne części pni sterczały pionowo nad bagnem wypełnionym grząskim torfem. Przypominały mi one obraz, jaki kiedyś widziałem w pokładzie węgla brunatnego na Łużycach, gdzie na pewnym poziomie pokładu pozostawiono wszystkie pionowe dolne końce pni, aby zrobić fotografię dla zilustrowania okresu leśnego.

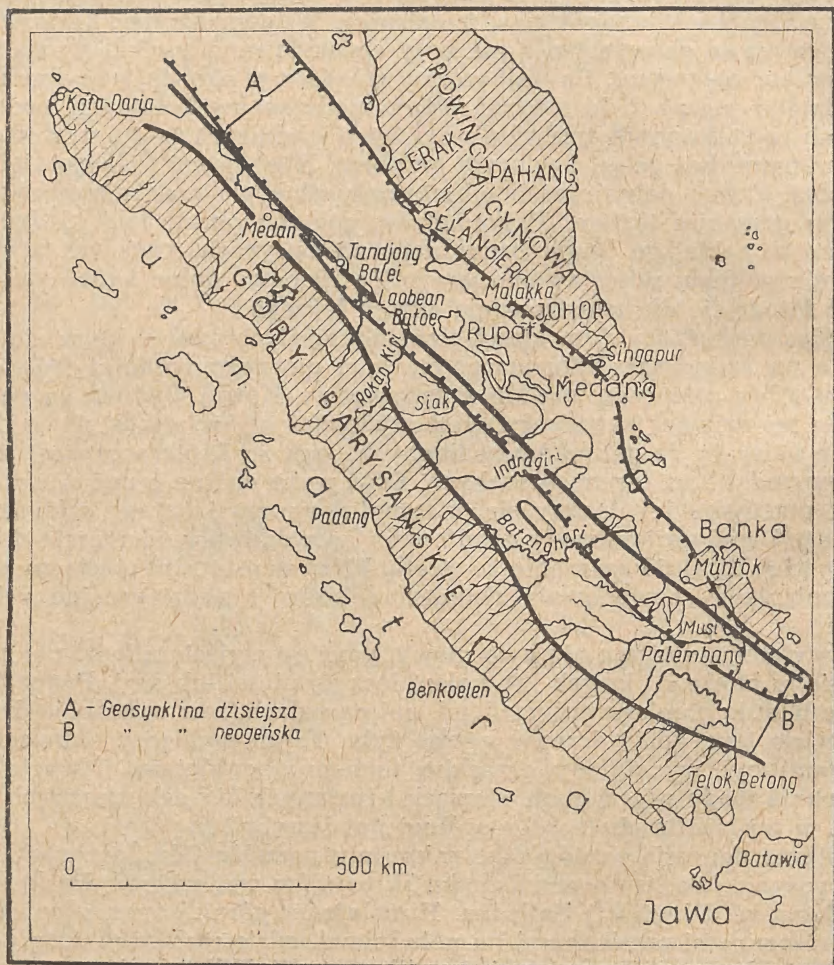
Będąc zaskoczony tym zjawiskiem obumarłych lasów, które się ciągało na setki km², informowałem się u pewnego botanika holenderskiego, który wtenczas właśnie przebywał na Nowej Gwinei, co do powodów tej dziwnej katastrofy. Otóż stwierdził on, iż wszystkie te drzewa nie należały do gatunków bagiennych, lecz do *Dipterocarpacei*, żyjących normalnie na terenach suchych. Otóż przez ogólne zapadanie się tej strefy przedgórskiej dostały się pneumatofory, czyli organy oddychania u dołu pni, pod poziom wody gruntowej i spowodowały obumarcie drzew. Mamy więc tutaj do czynienia ze strefą, która w ostatnim czasie znacznie się obniżyła i spowodowała obumarcie lasów i nadzwyczajne zabagnienie.

O wylądowaniu tam nie było mowy, gdyż po wyjściu z łodzi nie zapadało się w błocie do kostek lub kolan, lecz do piersi lub szyi. Papuasi tutaj nie budują domków ani na ziemi, ani na palach, lecz w koronie drzew, oczywiście tam, gdzie drzewa jeszcze żyły. Teren pomiędzy obumarłymi drzewami był wypełniony grząskim torfem albo błotem. Otwarta powierzchnia wody w jeziorach, stawach i rozlanych łąkach rzecznych wynosiła w tej strefie około 30% ogólnej powierzchni.

Opisana depresja przedgórska zajmuje u podnóża Gór Śnieżnych taką samą pozycję jak strefa przedgórska Himalajów wzdłuż rzek Brahmaputry, Gangesu, Dżamny i Satledżu. Himalaje są górami typu alpejskiego z płaszczowinami zwróconymi ku południowi, gdzie molasa w przedgórzu została sfałdowana jako pagórki Siwalik (Siwalik Hills) dopiero w czwartorzędzie, w drugim interglacjale. Góry Śnieżne są na Nowej Gwinei ta-

kim samym typem gór alpejskich, gdzie też płaszczowiny są zwrócone ku południowi, ku płycie krystalicznej Australii. Okres głównego fałdowania odbył się tutaj jeszcze później niż w Himalajach, gdyż najwyższe szczyty Carstenssa i Królowej Wilhelminy, pokryte wiecznym śniegiem w pobliżu równika, składają się z wapieni dolnomiocenówskich z lepidocyklinami. W czasie gdy obszar szczytów był jeszcze pokryty morzem i rafami koralowymi, gdzie pływały lepidocyklidy, stały już Alpy, Karpaty i Góry Dynaryckie oraz Apenińskie jako gotowe grzbiety górskie. Dodatkowe fałdowanie molasowego przedgórza odbywa się w chwili obecnej. Zapadanie się geosynkliny na Nowej Gwinei odbywa się szacunkowo z szybkością 10—30 m na wiek, czyli na okres wyrośnięcia zamierających drzew dżunglowych.

Miejscem drugiej geosynkliny tworzącej się obecnie jest cieśnina Malaki pomiędzy Sumatrą i półwyspem Malaki (rys. 10). Cieśnina ta jest



Rys. 10. Dzisiejsza geosynklina Cieśniny Malaki.

położona na obszarze szelfu malajskiego i ma średnią głębię 50 m. Próbkę dna nie były tutaj jeszcze systematycznie badane, lecz przypadkowo podniesione próbki składały się z mułów i piasków nie różniących się od zawieszin w rzekach wpadających do tej cieśniny. W niewielu miejscach zauważono głębie aż do 80 m, ale znaleziono tam odłamki wapienia, co wskazywałoby na ich pochodzenie krasowe. Szerokość cieśniny wynosi pomiędzy ujściem rzeki Rokan Kiri na Sumatrze i miastem Singapore około 100 km. Na północ rozszerza się cieśnina lejowato do 300 km pomiędzy deltą rzeki Djambu Aje na północno-wschodnim narożniku Sumatry i zatoką Khelong na Malace.

Wyspy zalegające w zwężonej cieśninie jak Rupat, Bengkalis, Padang, Medang, Penjalla w estuarium rzeki Kampar i Baso w estuarium rzeki Indragiri są wszystkie zupełnie płaskie, ledwo wystające z wody morskiej i pokryte lasem (mangrowe), bagnistym z drzewami o korzeniach powietrznych na szczudłach (*Rhizophora*, *Brugiera*, *Avicenna*, *Sonneratia*). Tak samo brzegi po obydwu stronach cieśniny porosłe są identyczną bagnistą florą do głębokości około 50 km od wybrzeża. Brzegi same są niepewne. Czasem wyrastają przez przyczepienie się namułów do korzeni szczudłowatych o kilka lub kilkanaście metrów, a przy następnej wielkiej fali znowu są odbijane.

Wszystkie rzeki wpadające do cieśniny Malaki posiadają bez wyjątku estuaria. Jeżeli koło jakiegoś ujścia rzeki wybrzeże wybiega w formie trójkąta w morze, jak przy rzece Simpang na północnej Sumatrze lub Batanghari na południowej, to okazało się podczas badań geologicznych, że to wcale nie są delty, lecz trzeciorzędowe pagórki zamulone i w ten sposób przyczepione do wybrzeża.

Na Sumatrze zaznacza się pewna kolejność wydarzeń geologicznych. Zachodnia część wyspy, która ku północy coraz bardziej się rozszerza, jest zajęta przez utwory meso- i paleozoiczne, pofałdowane i zestalone w fazie tektonicznej laramijskiej. Są to Góry Barysańskie w najszerszym tego słowa znaczeniu. Następna strefa, 150—180 km szeroka, obejmuje geosynklinę neogeńską, gdzie znajdują się wszystkie tereny naftowe. Pofałdowanie tej strefy nastąpiło na końcu pliocenu albo może dopiero w czwartorzędzie. Obecnie tworząca się geosynklina przesunęła się jeszcze dalej na wschód i obejmuje środkową część cieśniny Malaki. Jej granica wschodnia znajduje się na wybrzeżu Malaki, które jest zanurzone i jeszcze się dalej zanurza.

Północne i całe zachodnie wybrzeże Sumatry zawiera podniesione terasy morskie 2 lub 3 etapów. Natomiast wybrzeże wschodnie, a szczególnie południowo-wschodnie w zwężonej części cieśniny wykazuje ślady zarurzenia. Jak już wyżej wspomniano, wszystkie rzeki wpadają do cieśniny Malaki szerokimi estuariami. W 3 z nich, mianowicie w estuariach Rokankiri, Siak i Kampar, występują w okresach pełni księżyca katastrofalne przypływy, czyli tzw. po malajsku „benah”. Woda wdziera się podczas przypływu do lejowatego estuarium z wielką gwałtownością. Ponieważ taki lej przebiega równoleżnikowo i zwęża się coraz bardziej, podnosi się poziom wody, gdyż koryto staje się coraz węższe i nie może objąć wody. Podnoszenie to staje się tak gwałtowne, iż do widza od górnej strony rzeki zbliża się ogromny szum i łoskot, i fala 1—1,5 m wysokości. Czółna lub małe motorówki bywały wyrzucane na ląd albo stawiane sztor-

cem i przewracane. Drzewa przybrzeżne, o ile jeszcze są, zostają wyrwane i przewracane. Domów tam nikt nie stawia w pobliżu brzegu, ale inne szkody są zawsze wielkie.

Całe zachodnie wybrzeże Malaki jest również zanurzone. Wszystkie rzeki posiadają estuaria. Ponadto okazało się, iż niektóre zabagnione rzeki zawierają piaszczyste złoża rud cynowych w przegłębionych dolinach, z których pewna ilość została odnaleziona na dnie morskim.

Strefa neogeńska wschodniej i środkowej Sumatry składa się wyłącznie z osadów młodszego trzeciorzędu od Akwitany aż do końca pliocenu albo według najnowszych poglądów aż do drugiego interglacjału. Profil wygląda następująco:

600 m warstwy górno-Palembangskie, tufy wulkaniczne i osady rzeczne = czwartorzęd

1200 m warstwy środkowo-Palembangskie tufy oraz osady lądowe z 30 pokładami węgla brunatnego = Pliocen

1500 m warstwy dolno-Palembangskie piaskowce i łupki morskie z liczną fauną małży oraz drobnych otwornic = Helwet, Torton, Sarmat.

1500 m warstwy Gumai albo Telisa, ility i margle globigerynowe, częściowo bitumiczne z konkrecjami wapiennymi = Burdygał.

20—100 m warstwy wapień podstawowy z lepidocyklinami = Aquitan.

Neogen ten spoczywa wszędzie, gdzie to można zobaczyć albo stwierdzić wierceniami, transgresywnie na starszych utworach jak na granitach, na jurze, triasie, permo-karbonie i na łupkach krystalicznych. Jest on słabo pofałdowany w antykliny naftowe, które w międzyczasie zostały zerodowane na penepłenę południowo-sumatrawską.

Obecnie ta penepłena zanurza się od strony cieśniny Malaki i została w pobliżu Palembangu pokryta czwartorzędowymi łożami morskimi, jeszcze z zabarwionymi małżami. Mamy tu ciekawe zjawisko, iż spoczywa na tym miejscu aluwium morskie z małżami na pofałdowanych osadach środkowych i górnych warstw palembangskich z węglami brunatnymi, które są zaliczane do pliocenu i czwartorzędu.

Kolejność faktów geologicznych była następująca. Po zafałdowaniu geosynkliny neogeńskiej nastąpił okres erozji, który doprowadził do powstania penepłeny palembangskiej. Teraz nastąpiło przesunięcie się geosynkliny o 100 km na wschód poza wschodni brzeg geosynkliny neogeńskiej na byłą mezozoiczną ramę. Na wielu miejscach występują na wschodnim bagnistym wybrzeżu Sumatry granity mezozoiczne z cyną koło Palembangu, Djambi u ujścia Kamparu i w transgresywnych zwiarach neogeńskich — wapienie fuzulinowe itd. Przebiega tutaj właśnie koniec petrograficznej prowincji cynowej od Malaki aż do wyspy Biliton. Przez zanurzenie się rozpadło się pasmo górskie na szereg wysp, które były szczytami w tym paśmie. Wszystkie wyspy pomiędzy Singaporem i Bilitonem są skaliste i zawierają mniej lub więcej złoża cyny. Do podobnych wysp skalistych należą na północy cieśniny Malaki grupa wysp Pinang i Langkawi, gdzie też stwierdzono ślady cyny.

Natomiast większe wyspy bagniste w samej cieśninie, jak Rupat Bengkalis aż do Baso przy ujściu Indragiri, są to albo części oderwane od bagnistego wybrzeża przez prądy wzdłuż wybrzeża, albo nowopowstałe wyspy, co jest prawdopodobniejsze, na skutek zamulenia cieśniny Malaki.

Głębina naokoło tych wysp i w kanałach oddzielających je od lądu wynosi zaledwie 5—6 m. Droga okrętowa przebiega bliżej wybrzeża Malaki.

Najwięcej namułu pochodzi od większych rzek sumatrańskich. Pomiarów namułu w rzekach Sumatry i Malaki jeszcze nie wykonano Według danych dla środkowej Jawy obliczył L. R u t t e n w r. 1917, że 3 średnie rzeki Djiragung (dorzecze 102 km²), Seraju (2700 km²), Lusi (860 km²) obniżają powierzchnię swych dorzeczy okrągło o 2 mm w roku. Znaczy to, iż powierzchnia pagórków neogeńskich obniżyła się w czasie okresu czwartorzędowego o $500\,000 \times 2 = 1\,000\,000\text{ mm} = 100\text{ m}$.

W geosynklinie Malaki odbywa się proces odwrotny, nie erozji, lecz zamulania. Według wskaźników L. R u t t e n a pozostałyby cieśnina Malaki w okresie czwartorzędu dwa razy całkowicie zasypała, gdyby nie istniała tam tendencja geosynklinalnego obniżania się dna.

Tymczasem G. L. S m i t S i b i n g a zalicza osadzanie się warstw środkowo-palembangskich według teorii eustatycznej D a l y' e g o i P e n c k a do okresów regresji Günzu, transgresji I interglacjału oraz regresji Mindlu. Trzy pakiety warstw węgla brunatnego powstały według S m i t S i b i n g i: 1) w dolnej regresji Günzu, 2) w górnej regresji Günzu i największy pakiet podczas regresji Mindlu. Fałdowanie neogeńskiej geosynkliny przypadałoby na okres II interglacjału.

Obecna geosynklina cieśniny Malaki zaczynałaby się od transgresji III interglacjału i trwałaby do dziś dnia. Wypełnianie współczesnej geosynkliny składa się z namulów wielkich rzek Sumatry i Malaki, które zawierają małe współczesne jeszcze z naturalnymi barwami oraz torfy. Jak wiadomo (S c h ü r m a n n), znajduje się na Sumatrze południowo-wschodniej największe torfowisko archipelagu. Torfowisko to znajduje się w stadium „huśtającego się dywanu“ (Schwingmoor). Podczas badań antyklin neogeńskich za pomocą wierceń pod tym bagnem zdarzały się za moich czasów wypadki topienia się kulisów, którzy nie chcieli się zastosować do noszenia zawsze przy sobie drąga bambusowego, aby po przerwaniu się „dywanu“ nie utonąć.

REKONESANS NA SPITSBERGEN PRZED POLSKĄ WYPRAWĄ ARKTYCZNĄ W III MIĘDZYNARODOWYM ROKU GEOFIZYCZNYM

Z wiosną ubiegłego roku zapadła decyzja, że Polska wyśle w roku 1957/58 swoją ekspedycję naukową na Spitsbergen. Patronat nad nią, jak też nad przygotowawaną równolegle wyprawą do Wietnamskiej Republiki Ludowej objęła Polska Akademia Nauk.

W maju i czerwcu dwóch polskich polarników, a zarazem geologów: prof. dr St. Zb. Różycki i doc. dr St. Siedlecki, zostało delegowanych na odbywającą się w Sztokholmie konferencję państw zainteresowanych w badaniach regionów arktycznych w III Międzynarodowym Roku Geofizycznym (w skrócie MRG). Na tej konferencji zostało przyjęte zgłoszenie się Polski do badań na Spitsbergenie i ustalone miejsce prac przyszłej wyprawy w rejonie fiordu Hornsund, w południowej części Zachodniego Spitsbergenu.

Archipelag Svalbardu (obejmujący między innymi Spitsbergen Zachodni i Wyspę Niedźwiedzią) znany jest polskim badaczom polarnym z kilku przedwojennych wypraw. Pierwsza z nich, połączona z zimowaniem, odbyła się w związku z II Rokiem Polarnym w latach 1932/33 na Wyspę Niedźwiedzią (Björnøya), następna w roku 1934 jako teren prac obrała Ziemię Torella w środkowej części Zachodniego Spitsbergenu. Plonem tej drugiej wyprawy było między innymi wykonanie zdjęcia geologicznego znacznego obszaru wyspy w okolicach fiordu Van Keulena. Trzecia wyprawa, w r. 1936, dokonała pierwszego całkowitego przejścia Zachodniego Spitsbergenu; ostatnia zaś w okresie międzywojennym, w r. 1938, poświęcona była badaniom lodowców w północno-zachodniej części Zach. Spitsbergenu.

Wyprawa projektowana w III MRG ma wyruszyć do fiordu Hornsund w czerwcu 1957 r. Przez cały czas jej trwania, tj. około 14 miesięcy, w wybudowanym specjalnie domu bazowym, zaopatrzonym w radiostację i stację meteorologiczną, przebywać będzie 5—6 badaczy. Ponadto w dwóch sezonach letnich (czerwiec—sierpień) 1957 i 1958 r. przyjadą z kraju większe, kilkunastoosobowe grupy naukowe. Dyskutowana jest również kwestia udziału jednego lub kilku polskich meteorologów w badaniach na stacji radzieckiej Barentsburg nad Isfjorden.

Tematyka badań ma objąć przede wszystkim obserwacje meteorologiczne, następnie glaciologię i zdjęcie geologiczne terenu.

Obserwacje meteorologiczne będą przekazywane głównej radiostacji norweskiej Svalbardu w Kapp Linné (Isfjorden Radio).

W zakres badań glaciologicznych wejdą przede wszystkim obserwacje nad lodowcem Werenskiolda, znajdującym się w odległości kilkunastu kilometrów na zachód od projektowanej bazy głównej. Lodowiec ten, o typie alpejskim, ma dobrze rozwinięte cyrki i pola firnowe, moreny boczne, środkowe i czołowe. Na jego przedpolu rozciąga się dość obszerna strefa peroglacjalna, granicząca z wybrzeżem Oceanu Atlantyckiego (Morza Norweskiego). Badania tego lodowca w ciągu dwóch kolejnych sezonów mają doprowadzić do jego monografii i zarejestrować aktualny stan

zjawisk na nim zachodzących. Obserwacje te zapewne pozwolą na wykrycie pewnych analogii do śladów zlodowaceń pleistocenckich na ziemiach Polski, a zwłaszcza w strefie tatrzańsko-podhalańskiej.

Badania glaciologiczne rozszerzone zostaną również na pozostałe lodowce w sąsiedztwie fiordu Hornsund, z których znaczna część, jak Hornbreen, Chomjakobreen, Samarbreen, Gaasbreen i in., znajdują się w stadium szybkiego wycofywania. Obserwacje polskie będą kontynuować tutaj badania norweskich glaciologów.

Dalszym punktem programu badań jest wykonanie zdjęcia geologicznego w okolicach fiordu Hornsund. Zdjęcie to będzie przedłużone w kierunku północnym aż po Ziemię Torella (obszar Van Keulenfjorden), gdzie w r. 1934 wykonał zdjęcie prof. dr Zb. Różycki.

Obszar pomiędzy fiordami Hornsund i Van Keulen posiada bardzo zróżnicowaną budowę geologiczną. Zachodnie, atlantyckie brzegi Spitsbergenu tworzy tzw. formacja Hecla Hoek, która w swym składzie zawiera zmetamorfizowane w czasie orogenezy kaledońskiej ogniwa prawdopodobnie od algonku do syluru włącznie. Składają się na nią kwarcyty, łupki kwarcytowe, następnie gnejsy i łupki mikowe, zmetamorfizowane konglomeraty (tillity?), zmarmoryzowane dolomity i wapienie. Kompleks kaledoński o biegach mniej więcej południkowych (który wiąże się ze strefą kaledońską Szkocji i Norwegii) nasunięty jest wzdłuż wielkiej linii dyslokacyjnej na utwory młodsze, obejmujące młodszy paleozoik, mezozoik, i kenozoik. Nasunięcie to jest wieku alpejskiego.

Na utwory pokaledońskie składa się oldredowa facja dewonu, dalej kulmowa facja dolnego karbonu, morski karbon środkowy i górny, odpowiadający karbonowi płyty rosyjskiej oraz perm. Stratygrafia i stosunek tych osadów do metamorfikum nie zostały jeszcze w sposób wystarczający opracowane. Młodszy ogień jest słabo rozpoznany morski trias, borealna morska jura, zbliżona do fliszu kreda i ładowy paleogen z pokładami węgla.

Problematyka geologiczna, jaka wynika z tak bogatego repertuaru ogniw, obejmuje przede wszystkim ramową stratygrafię strefy metamorficznej dla rozwikłania jej tektoniki, studia nad dynamiką nasunięcia alpejskiego strefy metamorficznej na utwory młodsze, obserwacje sedymentacyjne w młodszym paleozoiku, następnie niektórych ogniwach mezozoiku i paleogenu oraz zbieranie fauny dla opracowania stratygrafii osadów.

Zachodni Spitsbergen jest obszarem stosunkowo szybkich współczesnych ruchów wznoszących (epeirogenicnych). Przejawia się to np. w pojawianiu tarasów nadmorskich, tworzących kilka generacji; będą one również objęte badaniami.

Konieczność dokładnego ustalenia miejsca bazy, miejsca i sposobu lądowania oraz wyładunku sprzętu wyprawy, wstępnych oględzin terenu, zapoznania się z budownictwem polarnym na Spitsbergenie i nawiązania kontaktów z siecią obserwatoriów w tym regionie, wysunęły niezbędną potrzebę zorganizowania technicznego rekonesansu przedwyprawowego już w roku bieżącym.

W dniu 3 sierpnia 1956 r. wyjechała w tym celu z Warszawy czteroosobowa grupa pod kierunkiem doc. dra Stanisława Siedleckiego, w skład której weszli oprócz niego: mgr inż. Krzysztof Birkenmajer, geolog, inż. Maciej Kuczyński, organizator techniczny wyprawy i mgr inż. Jerzy Piotrowski, projektant stacji badawczej. Piąty uczestnik rekonesansu, meteorolog doc. mgr Stanisław Rafałowski, przyłączył się dopiero później, w Tromsø.

Czteroosobowa grupa w składzie podanym wyżej wraz z blisko 400 kg bagażu udała się pociągiem przez Berlin do Sassnitz na Rugii, następnie promem do Trelleborg i dalej przez Malmö do Sztokholmu. Ze Sztokholmu ekspresem elektrycznym

„Strzała Północy“ pojechano przez Boden i znane z bogatych złóż rudy magnetytowej Kiruna i Gällivare, wzdłuż jeziora Torneträsk do Narvik. Z Narvik autobusem przejechano przez północną Norwęgę do Tromsø, znanego miejsca startu większości wypraw arktycznych.

W Tromsø uczestnicy rekonesansu zatrzymali się kilka dni, dokonując ostatecznych przedwyjazdowych przygotowań, jak pakowanie zakupionej tam żywności,



Rys. 1. Osada węglowa Longyearbyen w Zachodnim Spitsbergenie.

próbowanie łodzi z doczepnym motorem, które miały być zabrane do Hornsundu itp.

W dniu 11 sierpnia ekipa w pełnym, pięcioosobowym składzie załadowała się na ok. 500 tonowy statek norweski „Lyngen“ utrzymujący w ciągu polarnej komunikację ze Svalbardem. 12 sierpnia „Lyngen“ minął Wyspę Niedźwiedzia, w dwa dni później zarzucił kotwicę w Longyearbyen (1200 ludności), głównej miejscowości górniczej (węglowej)¹ Spitsbergenu, a zarazem siedzibie gubernatora Svalbardu. Tutaj korzystając z uprzejmości gubernatora, pana Rønning Tønnesena, uczestnicy rekonesansu przesiedli się wraz z bagażem na rządowy statek norweski m/s „Nordsyssel“, który miał ich zawieźć do Hornsundu. Tego samego dnia statkiem tym wyruszone w dalszą drogę, odwiedzając po drodze główną stację meteorologiczną i radiostację norweską w Kapp Linné (Isfjorden Radio).

Dnia 15 sierpnia o czwartej rano m/s „Nordsyssel“ zarzucił kotwicę na środku fiordu Hornsundu. Fiord ten, położony w południowej części Zachodniego Spitsbergenu, ochładzany jest przez zimne prądy morskie płynące z północnego wschodu i posiada surowszy klimat niż północne i środkowe części wyspy, ogrzewane odnogą Golfstrumu. Teraz, z końcem polarnej zimy, był on jeszcze w znacznej mierze zapełniony krą i górami lodu, łamiącymi się z czoł lodowców schodzących do morza (Isfjorden, nad którym leży Longyearbyen, w środkowej części wyspy był zupełnie wolny od kry lodowej). Do brzegu bagaż przewieziono dwiema łodziami, manewrując wśród tafli lodu.

W czasie 10-dniowego pobytu nad Hornsundem w obozie namiotowym, rozbitym nad zatoką Isbjørnhamna, grupa rekonesansowa dokonała ostatecznego wyboru

¹ Węgiel jest tu wieku starotrzeciorzędowego.

miejsca, w którym zostanie zbudowana stacja badawcza i ustawiona radiostacja oraz stacja meteorologiczna. Wykonano tam pomiar niwelacyjny aparatem Wilda, ustalono miejsce lądowania i wyładunku oraz drogę transportu do bazy i na trasie mor-



Rys. 2. Widok z obozu w Isbjörnhamna na fiord Hornsund i okolice szczyty.

skiej pomierzono głębokości zatoki. Łodzią motorową dokonano objazdu całego fiordu, na lądzie zaś wykonano dwudniowy przemarsz wzdłuż wybrzeża na lodowiec Werenskiolda, gdzie ustawiono żerdzie pomiarowe. Przesunięcia tych żerdzi mierzone w latach 1957 i 1958 pozwolą na określenie szybkości ruchu lodowca.



Rys. 3. Czoło lodowca Hansa w pobliżu Isbjörnhamna.

24 sierpnia do zatoki Isbjörnhamna przyplłynął zamówiony w Longyearbyen mały kuter rybacki „Alken“, który zabrał uczestników rekonesansu z powrotem na północ. Po całonocnej podróży przybito do portu w Barentsburgu, gdzie znajduje się

dzierżawiona przez Związek Radziecki kopalnia węgla mająca własną stację meteorologiczną. Tutaj zapoznano się z urządzeniem stacji i z programem jej badań w III MRG.



Rys. 4. Morena środkowa na lodowcu Werenskiolda.

Z Barentsburga kuter „Alken“ zawiózł ekspedycję z powrotem do Longyearbyen, gdzie następnego dnia przeniesiono się na pokład d/s „Lyngen“, który przyplłynął z Tromsø na swój ostatni tegoroczny rejs. Statkiem tym udano się na północ, za-



Rys. 5. Otoczenie fiordu Magdaleny w północnej części Zachodniego Spitsbergenu.

trzymując się po drodze w najbardziej północnej na świecie osadzie węglowej² Ny Aalesund nad Kongsfjorden, znanym miejscu startów sterowców Amundsen a

² Węgiel jest tu wieku dolnokarbońskiego.

„Norge“ i N o b i l e g o „Italia“. Stamtąd wzdłuż wybrzeży wyspy, przez Smeerenburgfjorden, znany w dwóch ubiegłych stuleciach ośrodek łowów wielorybnych, i zwiedzając piękny fiord Magdaleny, statek „Lyngen“ mający na pokładzie oprócz grupy rekonesansowej turystów amerykańskich i europejskich dojechał do Virgohamna, w pobliżu 80° szerokości geograficznej północnej, gdzie jego pasażerowie zwiedzili miejsce startu Andrée'go do jego tragicznie zakończonego lotu balonem na biegun północny.

Z Virgohamna z powrotem przez Ny Aalesund i Longyearbyen statek „Lyngen“ powrócił do Tromsø. Tutaj kilka dni pobytu poświęcono na zabezpieczenie sprzętu pozostawianego w większości do przyszłego roku oraz na nawiązanie kontaktów z główną bazą meteorologiczną północnej Norwegii (Vaervarslinga for Nord Norge), po czym w dniu 6 września samolotem odleciało z Bardufoss koło Tromsø przez Bodø i Trondheim do Oslo. Przelot wzdłuż całego Półwyspu Skandynawskiego nad sebkami fiordów i tysiącem wysp i szerów dostarcza niezapomnianych wrażeń widokowych.

W Oslo kilkudniowy pobyt polskiej ekipy został wykorzystany na nawiązanie kontaktów z Instytutem Polarnym i stacją meteorologiczną. Następnie w dniu 10 września uczestnicy rekonesansu odlecieli do Sztokholmu. Tutaj w czasie kilkudniowego pobytu kierownik grupy doc. dr St. S i e d l e c k i wygłosił dwa odczyty o tematyce związanej z rekonesansem i planami przyszłorocznej wyprawy na zebraniach zorganizowanych przez poselstwo i konsulat PFL, jeden w języku norweskim dla Towarzystwa Szwedzko-Polskiego, drugi po polsku dla tamtejszej Polonii. Ponadto, podobnie jak w Oslo, nawiązano bliższe kontakty ze służbą meteorologiczną Szwecji oraz kierownictwem mieszanej szwedzko-fińsko-szwajcarskiej ekspedycji, która w III MRG będzie zorganizowana w Ziemi Północno-wschodniej (Nordaustlandet) na Svalbardzie.

Ze Sztokholmu udano się samolotem do Malmö, gdzie podobnie jak w Sztokholmie zostało zorganizowane przez tamtejszy polski konsulat spotkanie z Polonią, na którym kierownik rekonesansu wygłosił prelekcję ilustrowaną wyświetlanymi przez epidiaskop zdjęciami, wykonanymi w ubiegłym miesiącu. Z Malmö w dniu 18 września przez Kopenhagę uczestnicy rekonesansu powrócili samolotem do Warszawy.

Krzysztof Birkenmajer

XXIX ZJAZD NAUKOWY I WALNE ZEBRANIE POLSKIEGO TOWARZYSTWA GEOLOGICZNEGO

Doroczny, XXIX zjazd naukowy i walne zebranie delegatów oddziałów Polskiego Towarzystwa Geologicznego odbyły się w Lublinie w dniach 24—26 czerwca 1956 r. Tematem zjazdu naukowego były zagadnienia geologii utworów jurajskich, kredowych, trzeciorzędowych i czwartorzędowych Wyżyny Lubelskiej.

Kierownictwo zjazdu naukowe spoczywało w rękach prof. dra Władysława P o ż a r y s k i e g o (Warszawa), organizacyjne zaś objął prof. dr Czesław P a c h u c k i (Lublin).

Zjazd naukowy w Lublinie był najliczniejszym z dotychczasowych zjazdów Towarzystwa; wzięło w nim udział 270 uczestników ze wszystkich ośrodków geologicznych Polski oraz kilku gości zagranicznych.

Pierwszego dnia zjazdu (24.VI) w godzinach przedpołudniowych odbyły się posiedzenia naukowe z następującymi referatami: prof. dr Wł. P o ż a r y s k i — *Jura i kreda regionu lubelskiego*, mgr B. A r e Ń — *Trzeciorząd regionu lubelskiego*, prof. dr A. J a h n — *Czwartorząd regionu lubelskiego*.

W godzinach popołudniowych odbyło się Walne Zebranie Delegatów Oddziałów PTG. Uczestnicy zjazdu nie będący delegatami zwiedzili w tym czasie miasto i jego zabytki.

Porządek dzienny Walnego Zebrania przewidywał: 1. odczytanie protokołu z Walnego Zebrania Delegatów PTG w Szczecinie w r. 1955, 2. sprawozdanie z działalności Zarządu Głównego i Oddziałów: Krakowskiego, Warszawskiego i Wrocławskiego oraz Głównej Komisji Rewizyjnej, 3. dyskusję nad sprawozdaniami, 4. wnioski Zarządu Głównego i wolne wnioski.

Protokół z poprzedniego Walnego Zebrania został przyjęty po wniesieniu kilku drobnych poprawek. Następnie przewodniczący PTG prof. dr F. Bieda przedstawił sprawozdanie z działalności Zarządu Głównego i Oddziału Krakowskiego, prof. L. S a w i c k i z działalności Oddziału Warszawskiego i prof. dr M. W i t k i e w i c z o w a z działalności Oddziału Wrocławskiego. Z najważniejszych przejawów działalności PTG należy wymienić akcję wydawniczą uwieńczoną wydaniem II tomu Regionalnej Geologii Polski (Lubelszczyzna), który będzie służył zamiast przewodnika na zjeździe lubelskim. Natomiast akcja odczytów naukowych i popularnonaukowych Towarzystwa spotkała się z niesłuszną krytyką III Wydziału Polskiej Akademii Nauk, który sugeruje, że zatrudnienie płatnych sił administracyjnych w oddziałach osłabiło aktywność członków PTG. Przewodniczący odczytał wyjaśnienia w tej sprawie wystosowane do III Wydziału PAN przez Zarząd Główny, z których wynikało, że akcja odczytowa w całości utrzymuje się na wysokim poziomie, choć uległa okresowemu osłabieniu w Oddziale Wrocławskim. Natomiast wybitnie wzmógł swoją aktywność Oddział Warszawski.

Zmiany w statucie PTG zostały wprowadzone zgodnie z wnioskami uchwalonymi na Walnym Zebraniu w Szczecinie. Niemniej trzeba stwierdzić, że statut jest prze-

starzały; nie będzie on jednak zmieniany, gdyż ramowy statut dla towarzystw naukowych przygotowywany jest przez PAN.

Sprawozdanie z działalności Głównej Komisji Rewizyjnej odczytała doc. dr K. Skoczylas-Ciszewska.

W dyskusji dużo uwagi poświęcono rozpatrzeniu zasadniczych braków w statucie Towarzystwa, a zwłaszcza nie dość jasno sprecyzowanego stosunku wzajemnego Zarządu Głównego i Oddziałów. Zgłoszono projekt, żeby oddziały złożyły swoje projekty nowego statutu PTG do końca roku bieżącego Zarządowi Głównemu.

Z ważniejszych wniosków Zarządu Głównego należy wymienić wniosek o nadanie tytułu członka honorowego Polskiego Towarzystwa Geologicznego prof. drowi Marianowi Książkiewiczowi, który zebrani przyjęli przez aklamację. Postanowiono również w roku przyszłym urządzić zjazd naukowy jubileuszowy (XXX) w Sudetach na terenie okolic Kłodzka i Nowej Rudy.

Następnie wywiązała się ożywiona dyskusja nad kwestią podniesienia składki członkowskiej. Większością głosów uchwalono podnieść dotychczasową składkę członkowską do 70 zł rocznie z tym, że w przypadku, gdy do PTG należy małżeństwo, drugi członek rodziny będzie opłacał zł 20 bez otrzymywania wydawnictw.

Prof. dr F. Bieda zaapelował do obecnych o zasilenie wydawnictw PTG swoimi pracami, gdyż Zarząd chciałby przejść na kwartalny druk „Rocznika“, co znacznie przyspieszyłoby tempo publikacji wydawnictw. Zakomunikował on również, że postanowiono zamieszczać w „Roczniku“ krótkie czterostronicowe streszczenia z odczytów naukowych wygłaszanych w Oddziałach.

W drugim dniu zjazdu uczestnicy podzieleni na dwie grupy brali udział w wycieczkach terenowych. Grupa A pod kierunkiem prof. dra W. Pożaryskiego udała się autobusami przez Puławę do Góry Puławskiej. Tam oglądano osady dolnego oligocenu, leżące na podłożu kredowym (dan). Następnie pojechano do Bochotnicy, gdzie w pięknych odsłonięciach zapoznano się z kontaktem między górnym mastrychtem i danem. W Kazimierzu Dolnym wycieczka zatrzymała się dla zwiedzenia miasta i jego renesansowych zabytków i na zakończenie dnia wycieczkowego zwiedzono kamieniołomy epoki górnego mastrychtu na południe od miasta. Następnie powrócono do Lublina.

Grupa B pod kierunkiem prof. dra A. Jahna pojechała autobusami do Łącznej i przeszła następnie pieszo do Łańcuchowa. Tutaj w zboczach doliny Wieprza zapoznano się z przekrojem geologicznym przez utwory czwartorzędu, zawierające w swoim składzie glacialne osady odpowiadające zlodowaceniu krakowskiemu i interglacialne paralelizowane z interglacjałem paludynowym (wielkim, mazowieckim). Z kolei w Łuszczowie obejrzano przy drodze małe łomy siwaka danu, w Syrnikach zaś pięknie eksponowany profil czwartorzędu w zboczach doliny Wieprza, zawierający w swym składzie ślady czterech zlodowaceń i trzech interglacjalów. Z Syrnika powrócono do Lublina.

Ostatniego dnia zjazdu (26.VI) uczestnicy zostali podzieleni na trzy grupy. Wycieczkę A poprowadził prof. dr W. Pożaryski przy współudziale mgr M. Bieleckiej. Z Lublina udano się autobusami przez Kraśnik i Annopol do Jakubowic nad Wisłą. Tutaj na prawym brzegu rzeki oglądano w jądrze antykliny Annopola kimerydy, a następnie transgredujący na nim alb i wyższe ogniwa kredy, jak cenoman i turon. W kopalni fosforytów w Annopolu uczestnicy zjazdu zapoznali się bliżej z fosforytonośnymi piaskami albu. Tam też oglądano profil głębokiego wiercenia, w którym pod mezozoikiem uzyskano paleozoik. Następnie pojechano przez Kraśnik do Polichna, gdzie uczestnicy zjazdu obejrzeliby wapienie serpulowe

sarmatu, i do Zaklikowa, gdzie zapoznano się z osadami tortonu. Stamtąd powrócono do Lublina.

Grupa B pod kierunkiem prof. dra A. J a h n a udała się z Lublina do Fajstawic koło Krasnegostawu. Tutaj oglądano zaburzone kryoturbacją periglacialne piaski wstępowe zaliczane do ostatniego zlodowacenia. W Izbicy zapoznano się z pokrywą lessową i leżącymi pod nią gruzowiskami pleistoceniowymi z materiałem kredowym. Następnie w Zamościu uczestnicy wycieczki zwiedzili zabytki architektury renesansowej miasta. Z Zamościa pojechano do Sąsiadki, gdzie w pobliżu wczesnohistorycznego grodziska oglądano interesujący profil lessów rozdzielonych glebą kopalną. Z Sąsiadki powrócono do Lublina.

Grupa C pod kierunkiem mgra B. Arenia obrała tematykę trzeciorzędową. Z Lublina pojechano do Modliborzyc, gdzie w Górze Chełmowej oglądano serpulowe wapienie sarmatu. Następnie dojechano autobusami do Wolicy, skąd uczestnicy wycieczki przeszli pieszo do Wierchowisk i wąwozu Wąsowiec, oglądając litotamniowe wapienie tortonu-sarmatu. Z kolei zwiedzono zaburzone osady tortońskie w kamieniołomach w Hedwiżynie i przez Zamość powrócono do Lublina.

Krzysztof Birkenmajer

WRAŻENIA Z XX MIĘDZYNARODOWEGO KONGRESU GEOLOGICZNEGO W MEKSYKU

Międzynarodowe kongresy geologiczne odbywają się, jak wiadomo, co cztery lata. Za każdym razem Rada Kongresu rozpatruje zaproszenia różnych państw, wybierając jeden kraj zapraszający jako organizatora następnego zjazdu.

Celem międzynarodowych kongresów geologicznych jest wymiana doświadczeń w różnych dziedzinach badań geologicznych i nawiązywanie kontaktów osobistych między geologami różnych krajów, pracujących nad podobną tematyką. Nade wszystko jednakże kongresy te organizują współpracę międzynarodową w różnych dziedzinach nauk geologicznych, szczególnie ważnych z naukowego lub gospodarczego punktu widzenia i szczególnie aktualnych w danym okresie czasu. Czuwają one również nad międzynarodową współpracą w dziedzinie kartografii geologicznej, stratygrafii itp.

W roku ubiegłym dwudziesty z rzędu Międzynarodowy Konkres Geologiczny odbył się w Meksyku w miesiącach sierpniu i wrześniu.

Pociągająca egzotyka tego kraju, podobnie jak wielkie bogactwo zagadnień geologicznych, które można śledzić i dyskutować w terenie, zaważyły niewątpliwie na decyzji rady, analogicznie jak przed pięćdziesięciu laty.

Obrady kongresu trwały od 4 do 12 września 1956 r. Odbywały się one w doskonałych, nowocześnie pomyślanych i wyposażonych audytoriach ogromnego miasta uniwersyteckiego, wzniesionego niedawno na południowych peryferiach stolicy. Miasto to pokrywa wiele kilometrów kwadratowych powierzchni. Stoi ono na czarnych zwalach historycznego potoku lawy bazaltowej.

Smiałe rozwiązania architektoniczne budynków, piękna tropikalna roślinność i ogrom przestrzeni czynią na przybyszu niezatarte wrażenie. Komunikacja z centrum stolicy, odległym o kilkanaście kilometrów, jest doskonała. Gęsta sieć asfaltowych szos umożliwia szybką i wygodną wędrowkę po mieście uniwersyteckim za pomocą autobusów i taksówek.

Dyskusje naukowe toczyły się w piętnastu różnych sekcjach, które obejmowały następujące tematy: 1) Wulkanizm kenozoiczny. 2) Mezozoik zachodniej półkuli i jego światowe korelacje stratygraficzne. 3) Geologia naftowa. 4) Geohydrologia regionów pustynnych i półpustynnych. 5) Zależność zjawisk sedimentacyjnych od tektoniki. 6) Nowoczesne poglądy na genezę złóż mineralnych metalicznych i nie metalicznych. 7) Paleontologia, taksonomia i ewolucja. 8) Skały plutoniczne, ich geneza i stosunek do tektoniki. 9) Geofizyka stosowana. 10) Mikropaleontologia. 11) Petrologia, geochemia i geologia izotopów promieniotwórczych. 12) Geneza raf starych i współczesnych (biohermy i biostromy). 13) Geologia stosowana w technice przemysłowej i kopalnianej. 14) Geologia morska i podmorska. 15) Różne zagadnienia geologii ogólnej.

Ponadto dyskusje toczyły się w ramach sympozjum złóż ropy naftowej i sympozjum złóż manganowych.

W ramach kongresu obradowały również różne międzynarodowe organizacje naukowe, jak: 1) Asocjacja Służb Geologicznych Afrykańskich, 2) Międzynarodowa Unia Paleontologiczna, 3) Międzynarodowy Komitet Studiów nad skałami ilastymi, 4) Society of Economic Geologists, 5) Międzynarodowa Komisja Stratygraficzna.

Dwudziesty Międzynarodowy Kongres Geologiczny był niezmiernie liczny. Na kongres ten zapisało się 4039 osób, w tym 2525 osób reprezentowało członków-uczestników. Najwięcej uczestników kongresu pochodziło ze Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej (1126). Delegacja polska, której przewodniczył piszący te słowa, liczyła 8 osób.

Naukowe wycieczki geologiczne odbywały się zarówno przed kongresem (16 wycieczek między 15 sierpnia a 3 września), jak i po zakończeniu kongresu (16 wycieczek między 12 a 25 września).

Komitet wykonawczy kongresu zorganizował ponadto szereg wycieczek krajoznawczych, przeznaczonych raczej dla członków rodzin geologów, biorących udział w kongresie.

Szczegółowe omówienie obrad kongresu i udział delegacji polskiej w tych obradach i w wycieczkach odkłada autor do innej sposobności. Celem niniejszego artykułu jest natomiast obok informacji ogólnych, podanych na wstępie, podzielić się z czytelnikami kilku wrażeniami z podróży do Meksyku i z pobytu w tym egzotycznym kraju.

Podróż nasza odbyła się tam i z powrotem drogą powietrzną. Szczególnie interesujący i pełen niezwykłych wrażeń był przelot do Meksyku drogą okrężną z Amsterdamu przez Lizbonę, Azory, Bermudy, Curaçao, Macaraibo (Wenezuela) Baranquilla (Kolumbia), Panama, San José (Costarica), Managua (Nikaragua), Tegucigalpa (Honduras), San Salvador, Nikaragua.

Przelot powyższy zajął nam niespełna 6 dni czasu, wliczając w to dwa prawie dwudniowe postoje, jeden w Amsterdamie, drugi zaś w Willemstad w Curaçao.

Droga powrotna polskiej delegacji była mniej urozmaicona i znacznie mniej ciekawa, choć miejscami równie malownicza. Trwała za to nieporównanie krócej. Dwu spośród nas przyleciało do kraju samolotem firmy „K. L. M.” przez Montreal, Glasgow, Amsterdam, przy czym główna trasa Meksyk—Amsterdam została przebyta w niespełna 24 godziny.

Reszta naszych kolegów powróciła przez New York—Paryż, posługując się na tej trasie maszynami „Air-France”. Przelot ten nie odbył się jednak zupełnie gładko, gdyż na skutek defektu jednego silnika nad Atlantykiem nastąpiło przymusowe lądowanie w Nowej Fundlandii i znaczne opóźnienie podróży.

Z Warszawy wystartowaliśmy w dniu 30.VIII.1956 około godz. 17, po pokonaniu rozlicznych trudności związanych z naszym wyjazdem. Jeszcze bezpośrednio przed startem zaszły okoliczności, które mogły udaremnić nasz odlot w ostatniej chwili.

Leciliśmy samolotami holenderskiej firmy „K. L. M.”, a następnie znacznie mniej wygodnymi czteromotorowcami firmy honduraskiej „Taca”.

Od Warszawy aż do Curaçao wiozł nas na przestrzeni 10 000 km doskonały samolot firmy „K. L. M.”, marki „Douglas”. Samolot ten, przeznaczony dla 85 pasażerów, jest doskonale przystosowany do dalekich lotów transkontynentalnych. Ma on cztery silniki o łącznej mocy 10 000 H. P. i rozwija średnią szybkość 500 km na godzinę. Początkowo byliśmy pasażerami klasy pierwszej, aby w Amsterdamie przesiąść się do znacznie tańszej, lecz mniej wygodnej klasy turystycznej.

Miedzy klasą pierwszą a turystyczną znajduje się kuchnia i magazyn żywności, nieodzowne w czasie wielogodzinnych przelotów.

Pożywienie mieliśmy obfite, bardzo smaczne i trzeba to podkreślić — w najlepszym gatunku. Mieściło się ono w cenie biletów. W klasie pierwszej podaje się wyśkukanę potrawę (homary, szampan, koniak, likiery itp.). W cenie biletu pierwszej klasy mieszczą się również papierosy najlepszych marek, które można otrzymać na życzenie w dowolnej ilości.

Spragniony pasażer popija doskonałą herbatę lub różne świeże soki owocowe, głównie z pomarańcz. Po posiłkach i na podwieczorek zjawia się aromatyczna czarna kawa w znakomitym gatunku. Uprzejmie uśmiechnięte „stewardessy“, przystojne i młode, krzątają się szybko, roznosząc potrawy, napoje lub papierosy i dbając o wygody podróżnych, wśród których widuje się zarówno ludzi leciwych, jak i małe dzieci. W drodze powrotnej przez Atlantyk towarzyszyła nam para Anglików z pięciorgiem dzieci, w wieku od 2 do 10 lat. Przelot nocny w nienajlepszych warunkach atmosferycznych najwidoczniej nie robił żadnego wrażenia na młodocianych podróżnikach, nawykłych do latania od kolebki.

Jak wielki jest ruch na liniach lotniczych Zachodu, wynika z faktu, że bilety na przelot do Meksyku zamawiały delegacje europejskie pół roku naprzód. W okresie wakacyjnym niesposób dostać miejsca do Ameryki Północnej, mimo że w lipcu, sierpniu i wrześniu sama tylko firma holenderska „K. L. M.“ przerzuca przez Atlantyk tam i z powrotem trzy osiemdziesięciopięć osobowe maszyny dziennie.

Spóźnione wykupienie biletów dla delegacji polskiej spowodowało, że byliśmy zmuszeni lecieć okrężną drogą, tracąc wiele cennego czasu.

Wędrowkę naszą do Meksyku podzielić można na cztery następujące etapy: 1) Warszawa—Amsterdam, 2) Amsterdam—Willemstad na Curaçao, 3) Willemstad—San José (Costarica), 4) San José—Meksyk.

Nasza droga powrotna wiodła trasą zupełnie inną. Część delegacji polskiej powtórzyła jedynie pierwszy odcinek drogi na przestrzeni: Amsterdam—Warszawa, tym razem jednakże przy pełnym świetle dziennym i przy pięknej wrześniowej pogodzie.

Nie było jednakże takiego odcinka drogi, w którym widok z góry nie budziłby naszych zainteresowań przyrodniczych, a zwłaszcza geologicznych. Obserwacje i fotografie z powietrza były naszym zasadniczym zajęciem w czasie przelotów. Notowanie spostrzeżeń nastąpiło później. W samolocie nie było czasu na tę zresztą ważną czynność. W dole przesunął się bowiem w szybkim tempie olbrzymi szmat ziemi. Obrazy następowały po sobie jak w fantastycznym barwnym filmie, emocjonujące i porywające wspaniałością rysunku, barw i świetlnej perspektywy. Obserwacje z lotu ptaka były dla nas równie ważne i pouczające, jak śledzenie zjawisk geologicznych w czasie kongresu. Potwierdziły one ogromne znaczenie samolotu dla badań geologicznych.

W czasie przelotu nad Danią i wyspami duńskimi obserwujemy uderzający kontrast między wybrzeżami Bałtyku a Morza Niemieckiego. Na Bałtyku panuje mozaika, złożona z zielonych wysp, obwiedzionych białymi wstęgami przyboju i ciemnego morza. Wybrzeża są tu często silnie i głęboko rozczłonkowane przez zalane doliny, wyżłobione w znacznej mierze w czasie zlodowacenia bałtyckiego i jego regresji.

Wybrzeże Morza Niemieckiego ciągnie się równo aż po horyzont. Monotonny i płaski szmat lądu umocniony tu jest sztucznie, aby zapobiec niszczącemu działaniu fal. Towarzyszy mu girlanda płaskich wysp, które podobnie jak Wyspy Fryzyjskie zdają się zaznaczać niedawny zasięg lądu.

Z góry widać dokładnie urozmaiconą konfigurację płytkiego dna morskiego. Jasne i ciemniejsze głębokie kanały, które krążą prądy przyprływowe i od-

plywowe, podwodne łąki glonów i jasne łysiny, gdzie piaszczysty sedyment jest w ustawicznym ruchu, zaznaczają się jak na dłoni.

Drugi etap naszej podróży do Meksyku, najdłuższy ze wszystkich, doprowadził nas w ciągu dwudziestu kilku godzin ze strefy umiarkowanej w samo serce tropów.

Wystartowaliśmy z Amsterdamu pod wieczór dnia 1.IX, wylądowaliśmy następnego dnia około południa czasu miejscowego na lotnisku położonym obok Willemstad nad Curaçao.

Tego dnia już od wschodu słońca obserwujemy bezkresny ocean i sklepienie nad nim niebo. Lecimy na wysokości około 5000 m (komunikat pokładowy podaje po śniadaniu: wzniesienie 4800 m, temp. z zewnątrz: 0°C, wewnątrz kabiny: 20°C).

Potężne wieże alto-cumulusów defilują po obu stronach naszego statku powietrznego. Cały horyzont zatłoczony jest tymi groźnie się kłębiącymi chmurami. Wiry rozgrzanego tropikalnego powietrza, którym alto-cumulusy zawdzięczają swe narodziny, utrzymują się tu najwidoczniej przez całą noc. Przekonaaliśmy się o tym namacalnie, kiedy pogrążeni jeszcze we śnie zostaliśmy dosłownie wyrzuceni z naszych foteli w chwili, gdy pilot nie zdołał wyminąć jednej z kłębiących się wież.

O świcie między chmurami ukazuje się ciemny, lecz wyraźnie sfalowany ocean. Wysoka fala, wyzłocona wschodzącym słońcem, rzuca głębokie i długie cienie. Białe plamy piany są doskonale widoczne mimo znacznej wysokości, odbijając ostro od szmaragdowofioletkowego ła.

Już w czasie porannego lądowania na Bermudach odczuwamy w sposób przykry gorące i wilgotne powietrze tropów. O godzinie dwunastej, gdy wysiadamy na lotnisku w okolicy Willemstad, jest jeszcze gorzej. Termometr w cieniu dochodzi do 40°C. Od Morza Karaibskiego dmie wiatr nasycony parą wodną. Wiatr nie daje niestety żadnej ochłody, przypomina raczej ciężkie i gorące powietrze, utrzymywane sztucznie w palmiarniach miast europejskich.

Jeszcze kilkanaście kilometrów drogi, odbytej w autobusie rozpalonym na słońcu jak piec piekarski, i instalujemy się w hotelu „Americano“.

Trzeźwimy się sokiem pomarańczowym z kawałkiem lodu, a nade wszystko chłodnym tuszem, którego używamy kilkanaście razy w ciągu dnia. W pokojach hotelowych przesiadujemy nago. Spać można również jedynie nago, bez jakiegokolwiek przykrycia. Odrzucamy nawet cienkie wierzchnie prześcieradła.

Wolny czas, z wyjątkiem skwaru południowego, poświęcamy na zwiedzanie miasta i wyspy.

Curaçao stanowi wydzwignięty w czwartorzędzie strzęp ładu, wydłużony silnie w kierunku WNW-ESE. Ma on niespełna sześćdziesiąt kilometrów długości i cztery do dziesięciu kilometrów szerokości.

Na rzekomo kredowych diabazach i resztkach kredowych skał osadowych spoczywają formacje koralowe trzeciorzędu i czwartorzędu. Wzdłuż wybrzeży piętrzą się miejscami białe mury podniesionych niedawno raf koralowych o skałach powyżeranych miejscami fantastycznie przez procesy wietrzenia i przez fale morskie.

W głębi wyspy można dostrzec odosobnione, ostro zarysowane wzgórza, zbudowane ze spiętrzonych i dość stromo zapadających starszych pokładów rafowych.

Cały teren pokrywa uboga roślinność, złożona głównie z kaktusów, opuncji i różnych roślin krzaczastych lub niskich, często koleczastych drzew. W upalne dni i w czasie gorących nocy powietrze nasycza odurzający zapach kwiatów, zupełnie nie przypominający zapachu naszych łąk i lasów.

Wszystko tu mocno pachnie. Świeżo przełamane gałązki i zgniecione liście wydają korzenny, silny aromat.

Curaçao było dawniej wyspą niewolników. Do dziś dnia wznoszą się tu resztki wysokich zagrodeń, zbudowanych z dużych ciosów koralowca. W zagrodzeniach tych więziono Murzynów przeznaczonych na sprzedaż lub do dalszego transportu.

Obecnie ludność wyspy liczy około 100 000 głów i składa się w dużej mierze z potomków tych niewolników. Obok Murzynów widzi się jednakże wielu Mulatów. Olbrzymia rafineria firmy „Shell“ jest głównym źródłem pracy i zarobków dla szerokiej mas ludności zamieszkującej Curaçao.

Miasteczko Willemsted nie może poszczycić się niczym szczególnie ciekawym. Okoliczne osady wiejskie są raczej prymitywne. Tym bardziej zdumiewa nas wielka ilość samochodów osobowych i taksówek krążących po wyspie. Wśród tych pojazdów jest bardzo wiele pięknych a nawet luksusowych limuzyn znanych powszechnie firm amerykańskich. Podobno na Curaçao jest zarejestrowanych około 14 000 samochodów.

„Pacard“ garażujący *sub Jove* obok nędznej murzyńskiej lepianki wygląda mimo wszystko groteskowo i pobudza nas do śmiechu.

W dniu 4 września nastąpił trzeci etap naszej podróży lotniczej do Meksyku. Patrząc przez okna naszego samolotu podziwiamy egzotyczny krajobraz Wenezueli, który przesuwa się szybko pod nami i ginie w dali na chmurnym horyzoncie.

Minąwszy górzysty półwysep Paragwana lecimy nad zatoką — a następnie jeziorem Maracaibo. Są to niewątpliwie młode, lecz głębokie śródgórskie zapadliska. Ich płaskie dna zasypują piaski i namuły, niesione z okalających wyniosłych łańcuchów górskich przez setki małych rzek i potoków. Gruby materiał jest składany u wylotu dolin górskich, drobny wędruje dalej aż na głębsze partie zapadlisk.

Woda w zatoce i jeziorze Maracaibo jest mętna, zwłaszcza przy brzegach, które są nagie i piaszczyste lub porośnięte lasami mangrowiowymi. Przychodzi mi na myśl, że podobnie musiały wyglądać kiedyś obszary sedimentacji kulmu w Sudetach Środkowych.

W Kolumbii przelatujemy nad rowem tektonicznym rzeki Magdaleny. Jego strome, urwiste brzegi biegną prostolinijnie gubiąc się daleko na horyzoncie. Tu i ówdzie urzeźbienie brzegów zdaje się zdradzać schodowe systemy dyslokacji, konfiguracja zaś dna zapadliska wskazuje na istnienie uskoków poprzecznych.

Na studium szczegółowe brak jednak czasu, bo oto zbliża się potężna odnoga łańcucha Andyjskiego w regionie Santa Maria. Niebawem przesuwać się pod nami urwiste grzbiety górskie i szczyty lub zieją głębokie wąwozy i doliny. Wszystko spowija gęsta puszcza tropikalna, wśród której tu i ówdzie mignie zakręt drogi lub ukazuje się polana, a czasem kilka domków indiańskich.

Gdy przelatujemy nad wyższymi szczytami, wznoszącymi się zaledwie paręset metrów niżej od naszej maszyny, dostrzec można dokładnie poszczególne drzewa, ich pokrój i kolor liści. Między konarami drzewa ciemnógranatowymi plamami znaczy się cienista otchłań puszczy.

Las pokrywa wszystko otulając nawet nieprawdopodobnie strome skalne urwiska. Wydaje się, że gdyby Zakopane miało ten sam klimat co Kolumbia, to całe Tatry byłyby pokryte puszcza leśną. Nawet urwisko północnej ściany Giewontu zniknęłoby w dużej mierze wśród przebogatej tropikalnej zieleni. Bujna roślinność gorących i wilgotnych klimatów czepia się bowiem każdej szczeliny i każdej półeczki skalnej, gdziekolwiek tylko zapuścić można korzenie. W ten sposób drzewa i krzewy pną się wysoko, aż do obszarów, gdzie przez większą część roku panują chłody.

Ponad strefę lasu wznoszą się grzbiety obnażające jasne ściany skalne i zbocza, pokryte roślinnością krzaczastą lub trawą. Powyżej lśnią w słońcu ostre turnie, ozdobione białymi polami firnów.

Z lotu ptaka robimy również obserwacje geologiczne.

Na tle żółtawej zieleni hal andyjskich odcina się wyraźnie prawie biały kompleks skał prawdopodobnie wapiennych, który przebiega na zboczach stromą sinusoidą odzwierciedlającą zafałdowanie warstw. Fałdy występują tak wyraźnie, że można by je rysować na mapę topograficzną.

Tego samego dnia mamy sposobność podziwiać wybrzeże Oceanu Spokojnego oraz imponujące lotnisko cywilne w Panamie, wzniesione, jak widać, niedawno wśród puszczy tropikalnej.

Ogromna przestrzeń wykarczowanego lasu została doskonale wyrównana i pościęta szerokimi betonowymi „runway”ami. Od północy piętrzą się majestatyczne góry.

Budynek portu lotniczego to pałac wzniesiony z żelbetu, tafli szklanych i metalu. Urządzenia wewnętrzne są ultranowoczesne. Lokal restauracyjny i poczekalnia — chłodzone elektrycznie.

Z tarasu wydłużonego w promenadę roztacza się wspaniały widok na okoliczne góry pokryte gęstym borem. Wśród piekielnego skwaru godzin południowych robię małą przechadzkę, uciekam jednakże niebawem do chłodzonego lokalu i krzepię się dużą porcją soku pomarańczowego.

Nieco później startujemy wśród ulewnego deszczu, odprowadzani do samolotu przez Indian zaopatrzonych w ogromne, czarne parasole. Popołudniowa burza urozmaica naszą podróż w sposób nienajprzyjemniejszy, a co gorsza uniemożliwia nam lądowanie w Costarice, obok miasta San José. Wsiadamy zatem kilkaset kilometrów dalej w Managua (Nicaragua) i dopiero wieczorem samolot firmy honduraskiej „Taca” odwozi nas z powrotem do San José.

Wymieniona miejscowość to stolica Costariki, położona wysoko wśród gór w okolicy bardzo malowniczej, ozdobionej wspaniałe ubarwioną szatą tropikalnej roślinności. Uderza nas wielka ilość plantacji kawy, której ciemnozielone krzewy ukrywane są przed nadmiarem słońca w cieniu wysokich drzew. Po pokrzepiającej nocy w luksusowym hotelu startujemy rankiem dnia 5 września do czwartego lotniczego etapu naszej podróży.

Etap ten jest niemniej ciekawy od poprzednio opisanych. Przelatujemy bowiem wzdłuż całej niemal Środkowej Ameryki, mijając kolejno większość małych republik, które wyrosły na gruzach dawnego hiszpańskiego imperium kolonialnego.

Pogoda sprzyja nam początkowo. Popołudnie przypomina jednak, że we wrześniu panuje w tej części świata pora deszczowa.

Miedzy godziną 14 a 17 przebijamy się przez burze tropikalne, które pilot nadaremnie stara się wyminąć lecąc na wysokości 5000—6000 m.

Pomijając emocje, których dostarcza zmaganie się naszej maszyny z prądami wstępującymi i z uderzeniami potężnej wichury, podkreślić należy, że ostatni dzień naszej podróży był niezapomnianą rewią wulkanów środkowo-amerykańskich.

Coraz nowe góry ogniowe ukazują się pod nami. Również na dalekim horyzoncie przesuwają się ustawicznie nowe sylwetki stożków wulkanicznych, ułożonych najczęściej grupowo.

Każda grupa jest inna, każda ma pewne swoje cechy morfologiczne. Kratery czynnych wulkanów dymią. Na ich wielobarwnych zboczach widać potoki lawy i pokłady tufów.

Stare potoki lawy są zwiędzłe i w znacznej mierze pokryte plamami zieleni, młode są czarne i brunatnoszare.

Szczególnie piękny widok przedstawia jednakże z góry jezioro Nikaragua, sto kilkadziesiąt kilometrów długie i kilkadziesiąt kilometrów szerokie. Ciemna tafla

jeziora skrzy się wyzłaczanymi w słońcu zmarszczkami fal. W dali obrzeża ją niebieskawa sylwetka zębatego pasma wyniosłych gór.

Z zielonogranatowej wody wystrzelają w górę strome stożki wulkaniczne, wygasie lub czynne. Te ostatnie zdobią pióropusze białych dymów wydobywających się z ciemnych czeluści głębokich kraterów.

W dalszym ciągu zwraca uwagę wielka ilość kotłów eksplozyjnych typu „Maar”. Na dnie kotłów ukazują się głębokie jeziora okolone spadzistymi, skalnymi ścianami.

Niezależnie od zjawisk wulkanicznych, morfologia terenu, nad którym przelatuujemy, jest bardzo urozmaicona. Wśród ostro zarysowanych grzbietów i głębokich dolin obserwujemy rozległe śródgórskie obniżenia o płaskich dnach, pociętych szachownicą pól uprawnych.

Miejscami znów zaznaczają się wyraźnie płaskie wierzchowiny i rozległe powierzchnie zrównania czy też zasypania, rozcięte głębokimi jarami, na dnie których płyną spienione potoki lub zarysowują się w mroku głązy wyschniętych koryt rzecznych.

Z samolotu widzi się wyraźnie, że Ameryka Środkowa jest terenem młodych i silnych ruchów tektonicznych.

To samo dostrzegamy zresztą w czasie naszych wycieczek kongresowych w Meksyku.

Przekraczając np. Sierre zachodnią można zaobserwować w dalszych okolicach Taxco (czytaj Tasko) wysoko położone spłaszczenia, które są niewątpliwie resztkami kilku starych powierzchni zrównania. Debry źródłowe dolin atakują te spłaszczenia, wcinając się w nie głębokimi jarami.

W obszarach wulkanicznych Meksyku rzucają się natomiast w oczy potężne formacje utworzone z materiału pyroklastycznego, przerobionego przez wodę, często wiele setek metrów grube (*mud flow*). Tworzyły się one głównie w trzeciorzędzie lub czwartorzędzie.

Wielkie akumulacje powstawały w śródgórskich basenach zapadliskowych, ich młode rozcięcie łączy się z młodotrzeciorzędowym i być może dyluwialnym podniesieniem wnętrza kraju.

Miasto Meksyk, położone na wysokości około 2300 m n.p.m., mieści się właśnie w jednym z takich śródgórskich obszarów zapadliskowych. Kotlinę Meksyku otaczają góry wulkaniczne, wygasie i czynne, od około 3000 do około 5500 wysokie (Popocatepetl 5450 m n.p.m., Ixtaccihuatl 5386 m n.p.m.).

Powyżej 4500 m przez cały rok utrzymują się wieczne śniegi.

Kotlina Meksyku była w czasie dyluwialnych zlodowaceń pokryta wodami rozległego jeziora. Na północnych przedmieściach stolicy można obserwować osady brzeżne tego niegdyś potężnego zbiornika wodnego. W niektórych warstwach piaszczysto-żwirowych występują bardzo liczne okruchy ceramiki prehistorycznej oraz mniej liczne kości ludzi i zwierząt.

Do dziś dnia w najbliższej okolicy Meksyku zachowało się niewielkie i płytkie jezioro bezodpływowe, nie wysychające jednakże nawet w czasie suszy, trwającej tu nieprzerwanie w czasie zimowych i wiosennych miesięcy (jezioro Texcoco).

Interesując się żywo pracami kongresu i geologiczną problematyką wycieczek nie zapomnieliśmy, że Meksyk jest krainą dawnych kultur, dziś już nie istniejących (głównie kultury Mayów i Tolteków).

Ślady tych egzotycznych kultur, nie wychodzących poza epokę kamienną, zachowały się w wielu okolicach. Szczególnie obficie występują one w pobliżu stolicy. Można je nawet napotkać w obrębie samego miasta.

Wielkie wrażenie robiły na nas przede wszystkim imponującej wielkości piramidy, wzniesione z nie uformowanych bloków skalnych i wysokie na kilkadziesiąt metrów. Wznoszono je już na tysiące lat przed naszą erą. Stanowiły one podstawowe części świątyń, których partia najwyższa na ogół się nie zachowała.

Wiele piramid pochodzących z różnych czasów odkryto niedawno dzięki samolotom. Ukrywała je zazdrośnie džungla, która nieprzebytym gąszczem pokryła dawno opuszczone miasta i świątynie.

W czasie naszych wędrówek zwiedziliśmy archaiczną piramidę Cuicuilco, znajdującą się na południowej peryferii miasta Meksyku, poza Ciudad Universitaria (miastem uniwersyteckim).

Ta ciekawa, lecz prymitywna budowla uległa w czasach historycznych częściowemu zalaniu przez potok lawy bazaltowej.

Jeden dzień poświęciliśmy na wypad do Teotihuacan, gdzie na równym śródgórskim płaskowyżu, okolonym kulisami fantastycznie uformowanych stożków wulkanicznych, wznosiło się kiedyś miasto zbudowane przez Tolteków, na tysiąc lat przed naszą erą. Do dziś zachowała się tu piramida słońca, wysoka na 66 m. Boki jej kwadratowej podstawy mierzą po 224 m. Obok wznosi się nieco mniejsza piramida księżycy, a z drugiej strony widnieje imponująca swymi wymiarami świątynia boga śmierci, słynna z głów smoczych wykutych w kamieniu.

Na koniec odwiedziliśmy piramidę węzów w Tenayuca, gdzie obok mnóstwa fantastycznych kamiennych węży o wyszczerzonych zębatych paszczach — zachowały się też ołtarze, na których składano krwawe ofiary z młodych dziewcząt.

Niezmiernie barwny i interesujący jest również folklor meksykański. Obok typowych Indian i Metysów widzi się tu ludzi białych. Ci żyją przeważnie w miastach.

Wydaje się, że Indianie zamieszkujący wsie, zwłaszcza ustronne, niewiele zmieniły się od czasu podbojów hiszpańskich. Przeważnie mieszkają oni w małych, kurnych lepiankach, zbudowanych z niepalonej cegły i krytych czerwoną dachówką.

Widziałem również domki sklecone z kilku drągów bambusowych i trzciny cukrowej lub rośliny podobnej. We wnętrzu jednego z nich, pozbawionym jakichkolwiek mebli, tlił się żar w miejscu ogrodzonym wkoło kamieniami. W kilku garnkach glinianych przystawionych do żarzących się kawałków drewna warzyła się strawa, obok grał doskonały odbiornik radiowy.

Niezwykły prymityw obok najnowocześniejszych zdobyczy naszej cywilizacji zaskakuje w Meksyku obcego przybysza.

Ten kraj piramid i pradawnych starzych kultur jest bowiem również krajem kontrastów, nie spotykanych nigdzie na naszym kontynencie.

Kontrasty dostrzegamy tu na każdym kroku. Zaznaczają się one w codziennym życiu, w kulturze i zamożności mieszkańców, a także i w krajobrazie. Wieczne śniegi niebotycznych szczytów i dziewicze puszcze tropikalne, wezbrane rzeki i wyschłe koryta okresowo płynących potoków, bory jodłowo-sosnowe oraz kaktusy i palmy można tu zobaczyć w ciągu jednego dnia.

H. Teisseyre

ZJAZD GEOLOGICZNY W OPAWIE

Niewielkie miasto pograniczne Śląska Ostrawskiego, Opawa, znane jest w całej Czechosłowacji jako bardzo żywy ośrodek pracy kulturalnej i naukowej. Tutaj mieści się Śląski Instytut Badawczy (Slezsky studijní ústav), instytucja spełniająca rolę regionalnego towarzystwa naukowego. Należy podziwiać jej aktywność naukową, zwłaszcza w zakresie badań przyrodniczych Śląska. Regularnie ukazuje się co kwartał spory tomik prac wchodzących w skład stałego wydawnictwa, noszącego tytuł „Přirodovědecký sborník ostravského kraje“.

We wrześniu (18—20) 1956 r. zorganizował Śląski Instytut Badawczy w Opawie zjazd geologiczny, którego celem było omówienie problematyki czwartorzędu Śląska Ostrawskiego. Organizatorami zjazdu byli miejscowi geolodzy dr V. Kroutilík i dr Šibrava. Na konferencję przyjechał spory zespół czwartorzędowców z Pragi, Brna i Ostrawy. Byli wśród nich m. in. prof. J. Kunsky z Uniwersytetu Karola w Pradze oraz dr K. Žebera, dr V. Ambrož, dr J. Sekyra z Centralnego Instytutu Geologicznego w Pradze. Na zjazd przybyli również niektórzy czwartorzędowcy polscy, interesujący się zagadnieniami pleistocenu Śląska, a więc reprezentaci Wrocławia (mgr. L. Baraniecki oraz podpisany) oraz z Łodzi (prof. J. Dylik, doc. A. Dylikowa oraz grupa asystentów).

Istotnym punktem programu zjazdu były wycieczki w obszar doliny Opawy i Odry, w czasie których przedyskutowano zagadnienie czwartorzędu Śląska. Siłą rzeczy dominował problem, mający ogromne znaczenie nawet w skali europejskiej — zlodowacenie Bramy Morawskiej: Śląsk Ostrawski, to najbardziej ku południowi wysunięty obszar, do którego sięgnął lądolód skandynawski. Szerokim jeziorem wszedł on między Sudety i Karpaty, wykroczył poza dorzecze Odry i sięgnął poza europejski dział wód.

Grupa geologów z Centralnego Instytutu Geologicznego (Ústředni ústav geologický) z dr Žeberą na czele wykonała ostatnio szczegółowe zdjęcie czwartorzędu Kotliny Ostrawskiej. Pokazali oni liczne odkrywki piasków i żwirów, które wypełniają kotlinę górnej Odry. Ich zdaniem, są to potężne glacialeniczne osady jeziorne, deltowe, powstałe u czoła nasuwającego się i wycofującego się z kotliny lądolodu. Dzisiejsza rzeka Opawa doliną epigenetyczną wcięła się w tą równie piaszczysto-żwirową, której ślady znaleźć można wysoko ponad dnem współczesnej doliny. Na zboczach gór okalających kotlinę (Wierzychowina Odrzańska) osady owe sięgają do wysokości 320 m.

Dyskusja w czasie wycieczek toczyła się głównie około zagadnienia pochodzenia i warunków sedymentacji wspomnianych piasków. Wielu z uczestników wycieczki, a przede wszystkim prof. J. Kunsky — autor świeżo (1955 r.) ogłoszonej pracy *Příspěvek ke geomorfologii Opavska* — sprzeciwili się hipotezie zespołu geologów z Centralnego Instytutu Geologicznego w Pradze o „glacialakustrinnym“ pochodzeniu owych sedymentów. Tak samo reprezentantom polskim wydawał się bliższy prawdziwy pogląd o stożkowo-sandrowym lub rzeczonym pochodzeniu piasków i żwirów okolic

Ostrawy i Opawy. Należy dodać, że podobne osady znajdujemy na Śląsku polskim, na obszarze podsudeckim (Raciborz, Głubczyce, Nysa).

Żywe zainteresowanie wzbudziły również formy glaciektoniczne demonstrowane uczestnikom wycieczki w okolicy Chuchelny, tuż na południe od granicy polskiej. Są tu typowe, żółte gliny zwałowe, wciśnięte w postaci fałdów. Jest rzeczą zadziwiającą, że lądolód europejski na krańcach swojego zasięgu południowego miał jeszcze tak ogromną siłę nacisku.

Polscy uczestnicy zjazdu rozpoznali wśród niektórych utworów okolic Opawy dobrze im znane z południowej i środkowej Polski sedymenty środowiska peryglacjalnego. Dotyczyło to zwłaszcza piasków wstęgowych, które według naszej interpretacji nie są utworem jeziornym, lecz osadem rzek lub wręcz wód płynących laminarnie u stóp stoków, w warunkach peryglacjalnej rytmiki klimatycznej. Odmienne również było nasze stanowisko względem utworów pyłowych, z reguły przez Czechów określanych jako less. Wysunęliśmy przypuszczenie, że wiele spośród nich to utwory lokalnego wietrzenia lub napływów, nie mające nic wspólnego z lessiem, który Czesi uważają za osad eoliczny.

Oceniając całość zjazdu należy podkreślić raz jeszcze jego ogromne znaczenie, gdy chodzi o aktualizację kluczowych problemów czwartorzędu Bramy Morawskiej. Niemniej ważny jest pożytek zjazdu dla coraz lepiej rozwijającej się współpracy polsko-czeskiej w zakresie badań czwartorzędu. Nasi koledzy czescy zdają sobie w zupełności sprawę z tego, że nie potrafią rozwiązać problemów czwartorzędu górnego dorzecza Odry i Morawy bez poznania osadów glacialnych i fluwioglacjalnych polskiego Dolnego Śląska. Stąd bowiem wyruszył jezór lodowy, który dotarł do Bramy Morawskiej.

Zjazd opawski uznano więc za pierwszy krok w dziedzinie wzajemnej informacji o sprawach czwartorzędu Śląska polskiego i czeskiego. Następny etap tej współpracy postanowiono uczynić, organizując konferencję w Polsce, na terenie przygranicznym Dolnego Śląska.

Alfred Jahn

CZWARTA KONFERENCJA ELEKTROCHEMICZNA W ZSRR

(notatka informacyjna)

W dniach od 1 do 6 października 1956 r. odbyła się w Związku Radzieckim międzynarodowa konferencja poświęcona zagadnieniom elektrochemii. Konferencja została zorganizowana przez Instytut Chemii Fizycznej Akademii Nauk ZSRR pod przewodnictwem akademika A. N. Frumkina.

Program konferencji dotyczył następujących zagadnień:

1. Kinetyki elektrochemicznej i mechanizmu reakcji redukcji elektrochemicznej,
2. Mechanizmu elektrochemicznego utleniania,
3. Roli dyfuzji w zjawiskach elektrochemicznych,
4. Procesów elektrodowych w solach stopionych,
5. Elektrowydzielania metali,
6. Elektrolizy przemysłowej,
7. Ogniw,
8. Pasywności metali.

Referowane prace dotyczyły przede wszystkim problemów związanych z elektrochemią teoretyczną. Bardzo szeroko była reprezentowana problematyka szkoły akademika Frumkina, dotycząca głównie podstawowych zagadnień kinetyki

elektrochemicznej i mechanizmu elektrochemicznej redukcji. Na konferencji zostało zreferowanych około 130 prac łącznie z wygłoszonymi przez gości zagranicznych; nad większością z nich odbyła się ożywiona dyskusja.

W konferencji brało udział bardzo wielu elektrochemików radzieckich i zagranicznych — zarówno z krajów demokracji ludowych (Bułgaria, Czechosłowacja, NRD, Polska, Węgry), jak i z krajów kapitalistycznych (Anglia, USA, NRF). Z Polski brali udział prof. M. Śmiałowski i autor niniejszej notatki, którzy referowali swoje prace, oraz bawiący w tym czasie w ZSRR k.n. Z. Grabowski.

Należy podkreślić, że konferencja pozwoliła na zorientowanie się w posiadających duże znaczenie badaniach naukowych prowadzonych w dziedzinie elektrochemii w ZSRR. Materiały konferencji zostaną wydane drukiem.

Stefan Minc

L. Groszew i I. Szapiro, *Spektroskopia jąder atomowych*, tłumaczył z rosyjskiego Z. Wilhelmi. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1956, str. 407.

Rosnące potrzeby fizyki jądrowej w kraju wymagają w szczególności znacznego rozszerzenia — znikomej dotychczas! — literatury z fizyki jądrowej w polskim języku. Wydanie pięknej monografii Groszewa i Szapiry po polsku należy powitać z radością. Przedmiotem monografii są własności jąder atomowych wzbudzonych do niezbyt wysokich energii (poniżej progu emisji nukleonów) oraz metodyka ich badania. Książka spełnia zarazem rolę podręcznika i monografii o charakterze przeglądowym. Napisana znakomicie, zawiera bogaty i wyczerpujący materiał wraz z bibliografią, może zatem służyć jako mała encyklopedia przedmiotu. Warto podkreślić, że przedmiotem monografii są te własności jąder, które najczęściej odgrywają rolę w zastosowaniach.

Książka składa się z sześciu części. Część pierwsza streszcza ogólne zasady fizyczne, na których opiera się spektroskopia jądrowa. Część druga poświęcona jest metodyce badań spektroskopii jądrowej, opisowi metod pomiarowych i przyrządów. Następne części zawierają szczegółowe przedstawienie spektroskopii promieni γ (trzecia część), α (czwarta) i β (piąta). Ostatnia część poświęcona jest modelowi powłokowemu. W uzupełnieniach podano niektóre tablice wartości numerycznych.

Zasadniczą wadą wydania polskiego jest fakt, że ukazuje się ono bez zmiany sześć lat po napisaniu książki. Autorzy monografii piszą o „starzeniu się” wydawnictw poświęconych fizyce jądra. Starają się podawać tylko te rezultaty, które nie są przedmiotem sporu. Dzięki temu — wydaje się — zawarty w książce materiał stał się w zasadzie przy późniejszym rozwoju spektroskopii jądrowej. Wydanie polskie nie uwzględnia jednak w żaden sposób obfitego materiału, który nagromadził się w ciągu sześciu lat wskutek szybkiego rozwoju fizyki jądrowej. A oto parę przykładów: czytelnik nie znajdzie w książce omówienia kręgu aktualnych zagadnień związanych ze zjawiskiem „strippingu”, z modelem optycznym i kolektywnym Aage Bohra oraz wielu innych. Rozwojowi uległy metody pomiarowe, przyrządy. Rozdział o izomerii jądrowej również daleki jest od przedstawienia obecnego stanu — w ostatnich latach odkryto bardzo wiele nowych izomerów. Wadę tę, zmniejszającą wartość książki, mogła do pewnego stopnia usunąć redakcja polskiego przekładu. Można by co najmniej umieścić przypisy z odsyłaczami do aktualnych artykułów przeglądowych ukazujących się tak często, ostatnio, w różnych czasopiśmie (np. w języku polskim w „Postęпах Fizyki”). Niestety tego nie uczyniono.

Natomiast podkreślić należy staranne wydanie samego tekstu. Na szczególne wyróżnienie zasługuje — bo to niestety jest wyjątkiem! — bardzo dobre tłumaczenie z rosyjskiego. Bardzo dobra jest korekta, nader mało błędów druku, poprawnie pisane są wzory.

Jest godnym uznania zwyczajem PWN domaganie się uzupełniania książek skosrowidzami w przypadkach, kiedy oryginały ich nie zawierają. Nie zmienia tej opinii

fakt, że w omawianej książce skorowidz, tłumaczony z oryginału, jest za mały i grzeszy przypadkowością (np. jest hasło: „teoria rozpadu α “, a nie ma: „teoria rozpadu β “).

Na wstępnej karcie książek (dotyczy to wielu książek PWN) oprócz tytułu oryginału powinien być podany rok i miejsce wydania oraz ewentualnie zaznaczenie, z którego wydania dokonano tłumaczenia.

W spisie literatury opuszczone są przy niektórych autorach imiona (np. na str. 401 imię Yukawy).

Książka Groszewska i Szapiry jest bardzo cenną pozycją w literaturze poświęconej fizyce jądrowej. Powinni z niej korzystać szczególnie studenci fizyki i inżynierii jądrowej. Do pełnego z niej korzystania potrzebna jest znajomość podstaw mechaniki kwantowej. Można jednak z niej częściowo korzystać nie posiadając znajomości uniwersyteckiego kursu fizyki. Książka może być zatem bardzo pożyteczna dla coraz szerszego kręgu osób interesujących się fizyką jądra atomowego i zasługuje na gorące polecenie.

Przemysław Zieliński

Unmeasured Hazards, wyd. World Federation of Scientific Workers, London 1956.

W ubiegłym roku w Londynie ukazała się broszura wydana przez Światową Federację Pracowników Naukowych; nosi ona tytuł *Unmeasured hazards*.

Celem jej jest zaznajomienie światowej opinii publicznej z groźnymi skutkami doświadczalnych wybuchów jądrowych i doprowadzenie — w rezultacie tej akcji — do zakazu lub przynajmniej ograniczenia ilości takich wybuchów. Broszura opatrzona jest przedmową Fryderyka Joliot-Curie.

Nie jest moim zadaniem streszczenie tej broszury i tak już zwięzłej i treściwej. Nie mogę się jednak oprzeć chęci zaprezentowania jej polskiemu czytelnikowi. Całą pracę można by (poza krótkim *Wstępem*) podzielić na dwie zasadnicze części. Pierwsza z nich stanowi przegląd typów bomb jądrowych, dokonanych dotychczas wybuchów oraz ich stwierdzonych i przypuszczalnych skutków — fizycznych, biologicznych i meteorologicznych. Druga część jest w pewnej mierze oparta na pierwszej. Zajmuje się ona zagadnieniem zakazu doświadczalnych wybuchów jądrowych oraz zakazu używania broni jądrowych w ogóle. Przy okazji porusza się pokrewne zagadnienia rozbrojenia powszechnego i redukcji zbrojeń.

Przejdę teraz do bardziej szczegółowego omówienia treści broszury. Na wstępie pierwszej części dokonano w broszurze podziału broni jądrowych pod względem procesów fizycznych, które są podstawą ich niszczyielskiego działania. Podział tych broni pod względem wojskowym (na broni „taktyczne“ i „strategiczne“) autorzy broszury uważają ze swego punktu widzenia za mniej istotny. Wymienione są więc trzy główne typy bomb jądrowych — zwykłe bomby atomowe, bomby wodorowe oraz bomby wodorowe o konstrukcji „ulepszonej“ przez otoczenie zwykłych bomb wodorowych powłoką uranową o grubości kilku — czy kilkunastocentymetrowej. Te ostatnie bomby zwane są w tekście „fission-fusion-fission bombs“. W bombach tych do reakcji termojądrowej dołącza się bardzo gwałtowna reakcja pękania jąder uranu pod wpływem szybkich neutronów, które powstały podczas reakcji termojądrowej.

Następnie omawia się dotychczasowe wybuchy jądrowe. — Jak się dowiadujemy, do chwili obecnej wywołano ich około 80 (jest to raczej ich minimalna ilość), z tego około 60 amerykańskich, 5 angielskich i co najmniej 12 radzieckich. Wśród tych wybuchów wyróżnia się co najmniej 6 wybuchów termojądrowych (4 amerykańskie i 2 radzieckie). Na podstawie tego materiału omawia się w dalszych częściach broszury efekty natury fizycznej i biologicznej, wywołane przez te wybuchy. Tak więc wśród efektów fizycznych wymienia się takie: działanie burzące, wydzielanie ciepła, promieniowanie jądrowe (promienie γ i neutrony), a wreszcie promieniotwórczość trwała, nie wygasająca w okolicy wybuchu przez dłuższy czas. Autorzy broszury stwierdzają, że nawet wybuchy dokonywane na znacznych wysokościach nad ziemią zagrażają życiu na Ziemi, ze względu na to, że wytwarzane podczas tych wybuchów substancje promieniotwórcze spadają z deszczem lub w inny sposób. Są zaś wśród tych substancji również długożyciowe izotopy promieniotwórcze takie jak Sr 90 czy Cs 137. Cóż dopiero podczas najsilniejszych wybuchów dokonywanych na niewielkiej wysokości! Według obliczeń Libby'ego średnia ilość promieniowania, jaką pochłonęłoby ciało człowieka znajdującego się wewnątrz obszaru o powierzchni przeszło 250 000 km² dookoła miejsca wybuchu, dwukrotnie przekracza dawkę śmiertelną.

Dalej w omawianej broszurze rozpatruje się ilość szkodliwego promieniowania, jakie otrzymuje ludzkość wskutek doświadczalnych wybuchów jądrowych. Jest to bardzo trudne do oszacowania. Z pewnych pomiarów wynika jednak, że najgroźniejsze skutki może wywołać długożyciowy izotop strontu Sr 90. Ocenia się, że doświadczalne wybuchy trzech wielkich bomb typu fission-fusion-fission rocznie mogą doprowadzić do najwyższej dopuszczalnej koncentracji Sr 90 w kości ludzkiej, jeśli się je będzie wywoływać stale w ciągu dłuższego czasu (zapewne kilku lat).

Efekty biologiczne wywoływane w organizmie ludzkim przez promieniowanie jądrowe dzielą autorzy broszury na efekty krótkoczasowe, występujące wkrótce po naświetleniu i zagrażające osobnikowi naświetlonemu, oraz efekty długoczasowe, występujące po dłuższym czasie i godzące z reguły w potomstwo osobnika naświetlonego.

Do pierwszej grupy należą przede wszystkim pewne choroby skóry: białaczka, czasowa bezpłodność; poza tym wobec zmniejszonej ilości białych ciałek krwi notuje się zmniejszoną odporność na choroby zakaźne. Szczególnie niebezpieczne jest promieniowanie jądrowe dla ciężarnych kobiet. Wskutek zmian w płodzie dochodzi do poronień, urodzin martwych dzieci, bądź też śmierci lub niedorozwoju nawet tych dzieci, które się szczęśliwie urodziły.

Do drugiej grupy efektów biologicznych zalicza się w broszurze te zjawiska w organizmie ludzkim, które są związane ze zmianami w chromozomach; zmiany te (mutacje) wywoływane są przez promieniowanie jądrowe. W rezultacie mutacji w chromozomach powstają głównie cechy recesywne, które ujawniają się przy związku dwojga ludzi o takich cechach. Wówczas rodzą się dzieci ślepe, głuche, niedorozwinięte umysłowo itd. Trzeba przy tym wziąć pod uwagę groźny fakt, że nie ma dolnej granicy natężenia promieniowania, poniżej której nie występowałyby mutacje w chromozomach. Powstają one bowiem nawet wskutek promieniowania naturalnego skał i promieni kosmicznych. Każdy wybuch doświadczalny, zwiększając stężenie substancji promieniotwórczych w powietrzu, zwiększa znacznie prawdopodobieństwo wystąpienia takich szkodliwych mutacji. Pojawiają się tzw. zgony genetyczne, wywołane przez zmiany w chromozomach. Haldane oblicza, a powtarza to za nim omawiana broszura, że zwiększenie napromieniowania wszystkich ludzi o jedną pięćdziesiątysięczną część dawki śmiertelnej na głowę spowodować może

w przyszłości od 2000 do 300 000 zgonów genetycznych. Ilość ta nie jest wprawdzie tak duża, by mogła zagrozić gatunkowemu bytowi ludzkości, ale ze względów etycznych nie jest dopuszczalne tolerowanie jednej z głównych przyczyn takich zgonów, jaką są doświadczalne wybuchy jądrowe.

Dalej broszura omawia ewentualne efekty chemiczne (związane z powstawaniem tlenku azotu) oraz meteorologiczne, wywołane przez wybuchy jądrowe. Są one, zdaniem przeważającej większości fachowców, zbyt małe, by mogły w jakikolwiek sposób zagrozić ludzkości. Zagadnienia te powinny być jednak w dalszym ciągu przedmiotem systematycznych badań.

Następne części broszury są poświęcone, jak już miałem okazję wspomnieć, sprawie zakazu doświadczalnych wybuchów jądrowych. Na czoło wysuwa się tu przede wszystkim niepokojąca kwestia kontroli nad przestrzeganiem takiego zakazu. Autorzy broszury stwierdzają, że taka kontrola jest w pełni możliwa i to bez naruszania suwerenności terytorialnej jakiegokolwiek państwa; trudności są więc pod tym względem mniejsze niż te, które są związane z zakazem zbrojeń klasycznych. Wynikiem zakazu doświadczalnych wybuchów jądrowych byłoby „zamrożenie” badań nad bronią jądrową w ich obecnym stanie, odbudowanie zaufania międzynarodowego i powstrzymanie narastających ciągle szkodliwych skutków tych wybuchów. Domaga się takiego zakazu, jak stwierdza broszura, głos opinii publicznej na całym świecie; w tym jednomyślnym obozie ludzi walczących o słuszną sprawę znaleźli się również najwybitniejsi uczeni.

Na zakończenie omawia się w broszurze w realistyczny sposób możliwość osiągnięcia zgody w omawianej sprawie oraz związek zakazu doświadczalnych wybuchów jądrowych ze sprawą rozbrojenia powszechnego. Wreszcie przytoczone są najważniejsze uchwały Światowej Federacji Pracowników Naukowych w tej sprawie, jako dowód żywego zainteresowania nią wśród uczonych.

Jak widać z tego krótkiego przeglądu treści omawianej broszury, zajmuje się ona zagadnieniem zakazu doświadczalnych wybuchów jądrowych nader wielostronnie. Czyni to w sposób treściwy, a przy tym bardzo przejrzysty. Z tego powodu, a także ze względu na wagę samego zagadnienia zasługuje ona na szerszą popularyzację w społeczeństwie polskim. Po przeczytaniu jej do ostatniej strony bardziej uwydatniają się w pamięci słowa Fryderyka Joliot-Curie z przedmowy do omawianej broszury: „*The choice then is clear: on the one hand there is the risk of increasing suffering and death for many generations over the whole world; on the other the possibility of ending this danger by concluding an agreement to cease from further test explosions*”.

Grzegorz Białkowski

T R E Ś Ć

Oświadczenie Prezydium Polskiej Akademii Nauk	3
<i>Stefan Drobot</i> — Rola matematyki w naukach technicznych	5
<i>Włodzimierz Kołos</i> — O pewnym związku nauki z polityką	15
<i>Roman Mierzecki</i> — O Tadeuszu Godlewskim założycielu pierwszej pracowni promieniotwórczej w Polsce	37
<i>Eugeniusz Rybka</i> — Jan Sniadecki, organizator astronomii polskiej	43
<i>Józef Zwierzycki</i> — Pojęcie geosynkliny w świetle nowszych badań Indonezji	49

KRONIKA NAUKOWA

<i>Krzysztof Birkenmajer</i> — Rekonesans na Spitsbergen przed polską wyprawą arktyczną w III Międzynarodowym Roku Geofizycznym	77
<i>Krzysztof Birkenmajer</i> — XXIX Zjazd Naukowy i Walne Zebranie Polskiego Towarzystwa Geologicznego	83
<i>Henryk Teisseyre</i> — Wrażenia z XX Międzynarodowego Kongresu Geologicz- nego w Meksyku	86
<i>Alfred Jahn</i> — Zjazd Geologiczny w Opawie	94
<i>Stefan Minc</i> — Czwarta Konferencja Elektrochemiczna w ZSRR	95

RECENZJE

<i>Przemysław Zieliński</i> — L. Groszew i I. Szapiro, „Spektroskopia jąder atomo- wych“	97
<i>Grzegorz Białkowski</i> — „Unmeasured Hazards“	98

