

Polskie Towarzystwo Przyrodników
im. KOPERNIKA

KOSMOS

Seria B
PRZYRODA NIEOŻYWIONA



ROK I

ZESZYT 4

WARSZAWA 1955

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

POLSKIE TOWARZYSTWO PRZYRODNIKÓW
Im. KOPERNIKA

K O S M O S

Seria B: PRZYRODA NIEOŻYWIONA



ROK I

WARSZAWA 1955

ZESZYT 4

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

Redaktor Naczelny
LEOPOLD INFELD

Zastępca Red. Naczelnego
KAZIMIERZ MASŁANKIEWICZ

Członek Komitetu Redakcyjnego
JÓZEF HURWIC

Sekretarz Redakcji
WŁODZIMIERZ KOŁOS

Adres Redakcji: Warszawa, ul. Hoża 69

PANSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE — DZIAŁ CZASOPISM
WARSZAWA, KRAK. PRZEDMIEŚCIE 79

Nakład 1812 + 105	Oddano do składania 6.IX.55
Ark wyd. 6,9, ark. druk. 5	Podpisano do druku 20.XI.55
Pap. druk. sat. kl. V, 70 g B1	Druk ukończono w listopadzie 1955
Cena zł 9.—	Zam. 454 B-125850

Stł. Drukarnia Naukowa, Warszawa, Śniadeckich 8.

Marek Fisz

UWAGI O RACHUNKU PRAWDOPODOBIENSTWA

1. CO TO JEST PRAWDOPODOBIENSTWO?

Rachunek prawdopodobieństwa jest w chwili obecnej działem matematyki, mającym rozległe zastosowania do fizyki i techniki, przemysłu i rolnictwa, biologii i medycyny, do badań ekonomicznych i społecznych. Jednakże rachunek prawdopodobieństwa powstał na gruncie gier hazardowych. Początki jego sięgają XV wieku, kiedy to *Pacjolo* postawił następujące zagadnienie o podziale stawki:

Dwaj gracze G_1 i G_2 umówili się, że grę wygrywa ten z nich, a więc ten otrzymuje stawkę w całości, który pierwszy wygra s partii, gdzie s jest jakąś liczbą naturalną. Jednakże grę przerwano w chwili, gdy gracz G_1 miał a wygranych partii, a gracz G_2 miał b wygranych partii, przy czym $a < s$ i $b < s$. Powstaje pytanie: jak tu podzielić stawkę? Czy proporcjonalnie do ilości partii wygranych przez każdego z graczy, czy też uwzględnić szanse wygrania stawki w całości, jakie ma każdy z graczy i jak szanse te obliczyć?

Zagadnienie to było przez długi czas nie rozwiązane. W XVII wieku rozwiązali je wybitni matematycy *Pascals*, *Fermat* i *Huygens*. Idee tego rozwiązania omówimy później.

Zagadnienie *Pacjolo* było oczywiście bardzo dalekie od tych ważnych dziedzin zastosowań rachunku prawdopodobieństwa, o których wspomnieliśmy na początku. Więcej: przez bardzo długi okres, bo aż do lat dwudziestych i trzydziestych bieżącego stulecia, nie były opracowane podstawy matematyczne rachunku prawdopodobieństwa ani też nie były sprecyzowane jego związki z innymi działami matematyki. Tymi zagadnieniami zajmowali się *Laplace*, *Buffon*, *Bernstein*, *Mises*, *A. Łomnicki*, *Gliwienko*, *Kołmogorow* i *Steinhaus*.

Do niedawna panował także zamęt w zakresie zagadnień filozoficznych, związanych z pojęciem zdarzenia losowego i jego prawdopodobieństwa.

Postaramy się najpierw odpowiedzieć na pytanie: co to jest zdarzenie losowe? Rozważanie to zaczniemy od przykładów.

Przykład 1. Rzucamy monetę symetryczną. W rezultacie rzutu może się pojawić orzeł lub reszka. Nie można przewidzieć wyniku żadnego poszczególnego rzutu, choć jasne jest, że istnieje określony zespół przyczyn S , determinujący wynik każdego poszczególnego rzutu. Przyczynami tymi są między innymi: stan takich parametrów, jak prędkość początkowa monety, stopień gładkości powierzchni stołu, na który moneta

pada. Ponieważ jednak nie możemy regulować stanu każdego z parametrów wchodzących w skład zespołu S , to nie możemy wyznaczyć z góry wyniku żadnego poszczególnego rzutu. Możemy tu jednak zaobserwować pewną ważną i znamioną prawidłowość, a mianowicie to, że w dużej serii rzutów monetą symetryczną częstość występowania orłów jest w przybliżeniu równa częstości pojawienia się reszek, a więc każda z tych częstości jest w przybliżeniu równa 0,5. I tak np. B u f f o n rzucał monetę $n = 4040$ razy i otrzymał orła $m = 2048$ razy, a więc częstość

$$\frac{m}{n} = 0,5069,$$

a P e a r s o n rzucał $n = 24\,000$ i otrzymał orła $m = 12\,012$ razy, a więc częstość

$$\frac{m}{n} = 0,5005.$$

Tak więc, mimo że nie regulujemy stanu całego zespołu przyczyn S , determinującego wyniki każdego poszczególnego rzutu, to jednak węższy zespół przyczyn S_1 , tj. symetryczność monety i jednakowe w przybliżeniu warunki rzutu wyznaczają zaobserwowaną prawidłowość, mianowicie przybliżoną stałość częstości pojawienia się poszczególnych wyników, gdy mamy wielką ilość rzutów.

P r z y k ł a d 2. Obserwujemy ilości urodzeń chłopców i dziewcząt w Polsce w poszczególnych latach okresu 1927—1932. Nie umiemy przewidzieć płci noworodka w żadnym poszczególnym przypadku, choć dla każdego z nas jest jasne, że jakieś określone przyczyny determinują płeć noworodka. Potocznie mówi się tu o zdarzeniu losowym. Gdy jednak obserwujemy dużą ilość urodzeń, a więc gdy mamy do czynienia ze zjawiskiem masowym, możemy z dużą dokładnością przewidzieć, jaki procent noworodków stanowić będą chłopcy, a jaki — dziewczęta.

Przyjrzyjmy się danym zamieszczonym w poniższej tablicy.

T a b l i c a 1

Urodzenia chłopców i dziewcząt

Rok urodzenia	Ilość urodzeń		Razem $m + k$	Częstość urodzeń	
	chłopców m	dziewcząt k		chłopców p_1	dziewcząt p_2
1927	496 544	462 189	958 733	0,518	0,482
1928	513 654	477 339	990 993	0,518	0,482
1929	514 765	479 336	994 101	0,518	0,482
1930	528 072	494 739	1 022 811	0,516	0,484
1931	496 986	467 587	964 573	0,515	0,485
1932	482 431	452 232	934 663	0,516	0,484
Ogółem	3 032 452	2 833 422	5 865 874	0,517	0,483

W tej tablicy m i k oznaczają odpowiednio ilości urodzeń chłopców i dziewcząt w poszczególnych latach. Częstości urodzeń chłopców i dziewcząt oznaczono odpowiednio przez p_1 i p_2 , czyli

$$p_1 = \frac{m}{m+k}, \quad p_2 = \frac{k}{m+k}.$$

Jak widać z tablicy 1, wartości p_1 wahają się nieznacznie około liczby 0,517, a wartości p_2 wahają się około liczby 0,483.

Te dwa przykłady zawierają zasadnicze cechy zdarzenia losowego. Tak więc rozważamy doświadczenia losowe, tj. takie, że w wyniku tego doświadczenia pewne zdarzenie A może nastąpić lub nie. Istnieje określony zespół przyczyn S , determinujący jednoznacznie wynik każdego poszczególnego doświadczenia, ale doświadczenie jest losowe dlatego, że nie możemy regulować lub wyznaczać stanu każdego z parametrów, wchodzących w skład zespołu S , możemy to uczynić jedynie w stosunku do węższego zespołu parametrów S_1 . Jeżeli jednak zespół S_1 wyznacza takie prawidłowości, jakie zaobserwowaliśmy w powyższych przykładach, tj. jeżeli zespół S_1 wyznacza przybliżoną stałość częstości pojawienia się poszczególnych możliwych wyników doświadczenia losowego, gdy ilość tych doświadczeń jest wielka, mówimy o zdarzeniach losowych i ich prawdopodobieństwach.

Rachunek prawdopodobieństwa jest aparatem matematycznym, służącym do wykrywania wspomnianych prawidłowości, ich badania i należącego użytkowania.

Wiemy już, czym jest zdarzenie losowe w sensie potocznym tego słowa. Obecnie zapoznamy się z definicją matematyczną pojęcia zdarzenia losowego i jego prawdopodobieństwa.

Pierwszą definicją prawdopodobieństwa podał L a p l a c e. Oto ona:

Jeśli pojawieniu się zdarzenia A sprzyja m spośród n parami wyłączających się i jednakowo możliwych zdarzeń, to prawdopodobieństwo $P(A)$ zdarzenia A określa się wzorem

$$P(A) = \frac{m}{n}.$$

Zgodnie więc z tą definicją prawdopodobieństwo zdarzenia A , polegającego na pojawieniu się parzystej ilości oczek w rzucie kostką symetryczną, wynosi 0,5, gdyż na ogólną ilość $n = 6$ jednakowo możliwych i parami wyłączających się wyników w rozważanym doświadczeniu, $m = 3$ powoduje realizację zdarzenia A , mianowicie pojawienia się w wyniku rzutu 2-ch, 4-ch lub 6-u oczek.

Zakres zastosowań tej definicji prawdopodobieństwa jest bardzo wąski. Nie obejmuje ona nawet prawdopodobieństwa urodzenia się chłopca w Polsce. Istotnie w przykładzie tym możliwe są dwa zdarzenia, ale nie są one jednakowo możliwe, gdyż, jak widać z tablicy 1, frakcja urodzeń chłopców jest systematycznie wyższa od frakcji urodzeń dziewcząt.

Drugim defektem definicji Laplace'a jest to, że rozważa ona jedynie skończony zbiór możliwych zdarzeń. Mimo że w praktyce mamy zawsze do czynienia ze skończonym zbiorem możliwych zdarzeń, to jednak stworzenie aparatu matematycznego, służącego do prawidłowego i skutecznego

badania zagadnień praktycznych, wymaga rozpatrywania nieskończonych zbiorów możliwych zdarzeń.

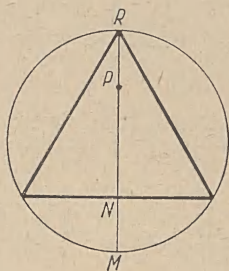
Prawdopodobieństwa geometryczne, wprowadzone przez Buffona, stanowią postęp w dziele ugruntowania podstaw rachunku prawdopodobieństwa. Oto definicja prawdopodobieństwa geometrycznego:

Jeśli mamy obszar G o polu $|G|$ i podobszar K obszaru G o polu $|K|$, to prawdopodobieństwo $P(A)$ zdarzenia A polegającego na tym, że punkt rzucony losowo na obszar G trafi do obszaru K równe jest

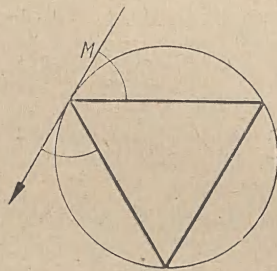
$$P(A) = \frac{|K|}{|G|}.$$

Mamy tu już nieskończony zbiór możliwych wyników, ale zachowana została zasada jednakowego prawdopodobieństwa każdego wyniku.

Paradoksy Bertranda były dowodem istnienia luk w zakresie podstawowych pojęć rachunku prawdopodobieństwa. Przytoczymy jeden z tych paradoksów.



Rys. 1.



Rys. 2.

W koło wpisano trójkąt równoboczny o boku a . Rzucamy w sposób losowy cięciwę na ten okrąg. Zdarzenie A polega na tym, że długość l tej cięciwy spełnia relację $l > a$. Znaleźć $P(A)$.

Rozwiązanie I (patrz rys. 1). Ustalamy pewien kierunek i przyjmujemy, że cięciwa może padać jedynie prostopadle do ustalonego kierunku. Zdarzenie A realizuje się wtedy, gdy środek cięciwy leży na odcinku NP . Przyjmując, że każdy punkt na prostej MR jest jednakowo prawdopodobny, otrzymujemy

$$P(A) = \frac{|NP|}{|MR|} = 0,5.$$

Rozwiązanie II (patrz rys. 2). Przyjmujemy, że jeden koniec cięciwy przechodzi przez stały punkt M . Zdarzenie A realizuje się, gdy kąt α utworzony między styczną do okręgu w punkcie M a cięciwą spełnia relację

$$\frac{1}{3}\pi < \alpha < \frac{2}{3}\pi.$$

Przyjmując, że jednakowo możliwa jest każda wartość zawarta w przedziale $(0, \pi)$, otrzymujemy

$$P(A) = \frac{\frac{1}{3}\pi}{\pi} = \frac{1}{3}.$$

Paradoksy te były źródłem wątpliwości co do możliwości opracowania podstaw matematycznych rachunku prawdopodobieństwa. Jeżeli jednak zanalizujemy bliżej te dwa rozwiązania, zauważymy, że nie ma tu żadnego paradoksu. Zinterpretujmy bowiem rozpatrywane zagadnienie mechanicznie, tj. potraktujmy cięciwę jako poruszający się pręt, który się losowo zatrzymuje. W rozwiązaniu I rozpatruje się pręt poruszający się ruchem postępowym w określonym kierunku. W rozwiązaniu II natomiast pręt może się poruszać jedynie ruchem obrotowym o środku w punkcie M . Przyczyną paradoksu było to, że nie zostały sprecyzowane zbiory możliwych wyników w obydwu rozwiązaniach. Paradoksy takie są niemożliwe obecnie po wprowadzeniu w roku 1933 przez K o ł m o g o r o w a podstawowego pojęcia zbioru zdarzeń elementarnych.

Zanim omówimy teorię K o ł m o g o r o w a, wspomnimy po krótko o teorii M i s e s a.

M i s e s był pierwszy, który za punkt wyjścia określenia pojęcia prawdopodobieństwa przyjął własności częstości zdarzeń losowych, ale jego podejście było błędne. Przyjął bowiem, że prawdopodobieństwo jest granicą, w sensie przyjętym w analizie matematycznej, ciągu wyników empirycznych doświadczeń losowych. Definicja ta jest błędna zarówno z punktu widzenia filozoficznego, jak i matematycznego. W myśl bowiem tej definicji prawdopodobieństwo zdarzenia losowego istnieje tylko wtedy, gdy przeprowadzono nieskończoną ilość doświadczeń, co się przeprowadzić nie da. W sensie matematycznym zaś taka granica może po prostu nie istnieć. Tak np. w rezultacie ciągu rzutów monetą symetryczną można otrzymać (z prawdopodobieństwem 0) ciąg samych orłów.

K o ł m o g o r o w podchodzi inaczej do tego zagadnienia, a mianowicie przyjmuje on za punkt wyjścia własności częstości zdarzeń losowych w taki sposób, że niektóre najprostsze własności rozważanych częstości służą za model układu aksjomatycznego, określającego pojęcie prawdopodobieństwa.

Pokrótko i w sposób daleki od kompletności i precyzji podamy zarys teorii Kołmogorowa. Za pojęcie pierwotne, tj. za pojęcie, które nie wymaga określenia przyjmuje się pojęcie zbioru zdarzeń elementarnych. Dla każdego poszczególnego zagadnienia ustala się, co w tym zagadnieniu jest zdarzeniem elementarnym. Za zdarzenie losowe uważa się podzbiory zbioru zdarzeń elementarnych. Zilustrujemy to na przykładzie:

P r z y k ł a d 3. Badamy metodą reprezentacyjną pewną grupę rodzin według ilości dzieci w rodzinie. Niech np. liczba $n = 10$ oznacza największą ilość dzieci w rodzinie. Wybieramy w sposób przypadkowy rodzinę. W tej rodzinie może być 0, 1 ... 10 dzieci. Zbiór zdarzeń elementarnych składa się tu z jedenastu elementów, które oznaczamy symbolami

$$e_0, e_1, e_2, \dots, e_{10}.$$

Zdarzeniem losowym jest tu każdy podzbiór tego zbioru. Np. podzbiór (e_0, e_1, e_2) jest zdarzeniem polegającym na tym, że w wybranej rodzinie znajdzie się co najwyżej dwoje dzieci, zaś podzbiór (e_0, e_{10}) jest zdarze-

niem polegającym na tym, że w wybranej rodzinie będzie co najmniej dziewięć dzieci.

Następny krok polega na określeniu działań na zdarzeniach losowych. I tak, sumą $A_1 + A_2$ nazywamy zdarzenie polegające na tym, że nastąpi zdarzenie A_1 lub zdarzenie A_2 . Iloczyn $A_1 A_2$ polega na zachodzeniu zdarzeń A_1 i zarazem A_2 . Różnica $A_1 - A_2$ polega na tym, że zajdzie zdarzenie A_1 , ale nie zajdzie zdarzenie A_2 .

Jeżeli w przykładzie 3 zdarzenie A_1 polega na tym, że w wybranej rodzinie będzie przynajmniej dwoje dzieci, a zdarzenie A_2 polega na tym, że będzie dwoje dzieci, to $A_1 + A_2$ polega na tym, że w rodzinie będzie przynajmniej dwoje dzieci. $A_1 A_2$ — na tym, że w rodzinie będzie dwoje, zaś $A_1 - A_2$ polega na tym, że będzie przynajmniej troje.

Następny krok polega na postulowaniu prawdopodobieństwa pewnymi aksjomatami, które wyrażają elementarne i oczywiste własności częstości masowych zdarzeń losowych. A oto aksjomaty:

A k s j o m a t 1. Każdemu zdarzeniu losowemu A odpowiada liczba $P(A)$, zwana prawdopodobieństwem zdarzenia A , czyniąca zadość nierównościom

$$0 \leq P(A) \leq 1.$$

A k s j o m a t 2. Prawdopodobieństwo zdarzenia pewnego równa się jedności.

A k s j o m a t 3. Prawdopodobieństwo skończonej lub przeliczonej ilości zdarzeń wyłączających się parami równa się sumie prawdopodobieństw tych zdarzeń.

Na tych trzech aksjomatach, jak to wykazał K o ł m o g o r o w, opiera się cały gmach rachunku prawdopodobieństwa, to znaczy, że wszystkie dalsze własności wydedukowuje się w postaci twierdzeń z tych aksjomatów.

2. NIEKTÓRE SCHEMATY URNOWE

Jedynym z najważniejszych pojęć rachunku prawdopodobieństwa jest pojęcie niezależności zdarzeń losowych. Mówimy, że zdarzenia A_1 i A_2 są niezależne, jeżeli prawdopodobieństwo jednego z tych zdarzeń nie zależy od tego, czy drugie zdarzenie się realizuje. Matematycznie zapisuje się to w postaci następującej:

$$P(A_1 A_2) = P(A_1) P(A_2).$$

P r z y k ł a d 4. Rzucamy monetę symetryczną dwa razy. Prawdopodobieństwo, że w drugim rzucie pojawi się orzeł, nie zależy od wyniku pierwszego rzutu. Wyniki obydwu rzutów są zdarzeniami niezależnymi.

P r z y k ł a d 5. Kontrolujemy jakość partii towaru, zawierającej sztuki dobre i wadliwe. Wyciągamy losowo jedną sztukę i po zbadaniu jej jakości zwracamy ją do partii i wyciągamy losowo drugą sztukę. Prawdopodobieństwo, że w drugim ciągnięciu otrzymamy sztukę wadliwą, nie zależy od tego, czy pierwsza sztuka była wadliwa.

Jeżeli mamy trzy zdarzenia losowe A_1 , A_2 i A_3 , to mówimy, że są niezależne, jeżeli spełnione są następujące relacje

$$P(A_1 A_2) = P(A_1) P(A_2),$$

$$P(A_1 A_3) = P(A_1) P(A_3),$$

$$P(A_2 A_3) = P(A_2) P(A_3),$$

$$P(A_1 A_2 A_3) = P(A_1) P(A_2) P(A_3).$$

Podobnie określa się niezależność większej ilości zdarzeń.

Po wprowadzeniu pojęcia niezależności zdarzeń możemy już podać poprawne rozwiązanie zagadnienia Paciolo. Sformułujemy je na nowo: gracze G_1 i G_2 grają w pewną grę i każdy z nich ma jednakowe szanse wygrania każdej poszczególnej partii, a więc prawdopodobieństwo p_i ($i = 1$ lub 2) wygrania przez i — tego gracza poszczególnej partii równe jest 0,5. Wyniki poszczególnych partii są niezależne, czyli prawdopodobieństwo wygrania kolejnej partii przez poszczególnego gracza nie zależy od wyników poprzednich partii. Zgodnie z warunkami umowy stawkę wygrywa w całości ten z graczy, kto wygra s partii. Grę przerwano w chwili, gdy gracz G_1 miał a , a gracz G_2 miał b wygranych partii, gdzie $a < s$ oraz $b < s$. Jak podzielić stawkę? Ograniczymy się do podania rozwiązania dla pewnego przykładu liczbowego. Niech $s = 5$, $a = 4$ i $b = 3$. Gracz G_1 może wygrać stawkę bądź w najbliższej partii z prawdopodobieństwem 0,5, bądź w następnej z prawdopodobieństwem 0,25. Tak więc prawdopodobieństwo wygrania stawki przez gracza G_1 wynosi 0,75, zaś prawdopodobieństwo wygrania stawki przez gracza G_2 wynosi 0,25. Stawkę należy więc podzielić w stosunku 0,75 : 0,25. Gracz G_1 powinien otrzymać 0,75 stawki, a gracz G_2 0,25.

Wśród zdarzeń zależnych wyróżniamy zdarzenia powiązane w łańcuchach Markowa. Nie podamy określenia tego pojęcia, lecz ograniczymy się do podania przykładu ilustrującego to pojęcie.

Przykład 6. Tak zwany błędny ruch cząsteczki. W różnych zagadnieniach fizycznych, np. w uproszczonym zagadnieniu dyfuzji, występują tak zwane ruchy błędne, których model można opisać w sposób następujący: cząsteczka porusza się po osi x . W chwili $t = 0$ cząsteczka znajduje się w punkcie 0. Cząsteczka co jednostkę czasu przesuwana się w prawo lub w lewo o jednostkę długości, przy czym prawdopodobieństwo każdego z tych przesunięć jest stałe w czasie i jednakowe, a więc wynosi 0,5. Cząsteczka może się więc znajdować w punktach 0, —1, 1, —2, 2, —3, 3... Oznaczmy symbolicznie te położenia przez $E_0, E_1, E_{-1}, E_2, E_{-2}, \dots$ i powiemy, że cząsteczka znajduje się w stanie $E_0, E_1, E_{-1}, \dots$. Jeżeli cząsteczka znajduje się w chwili t w stanie E_r , to prawdopodobieństwo, że w chwili $t + 1$ znajdzie się w stanie E_{r+1} , wynosi 0,5 i nie zależy od tego, w jaki sposób cząsteczka dostała się do stanu E_r . To samo dotyczy prawdopodobieństwa, że cząsteczka znajdzie się w chwili $t + 1$ w stanie E_{r-1} , jeżeli w chwili t była w stanie E_r . Niech teraz $t + 1$ będzie określonym momentem czasu i niech A_{jk} ($j, k = 1, 2, \dots$) będzie zdarzeniem losowym, polegającym na tym, że w rozważanej chwili cząsteczka znajdzie się w stanie E_k , jeśli w chwili t była w stanie E_j . Wówczas $P(A_{jk}) = 0,5$, gdy w chwili t cząsteczka jest w stanie E_{k-1} lub E_{k+1} i prawdopodobieństwo to nie zależy od innych stanów. Jeżeli cząsteczka znajduje się w chwili t w jakimkolwiek stanie różnym od E_{k-1} i E_{k+1}

to $P(A_{jk}) = 0$. Mamy tu ciąg zdarzeń powiązanych w prosty łańcuch Markowa.

Zajmiemy się bliżej niektórymi schematami urnowymi.

S c h e m a t B e r n o u l l i e g o. Dokonuje się n niezależnych doświadczeń losowych. W rezultacie każdego doświadczenia może nastąpić zdarzenie A z prawdopodobieństwem p i może nastąpić zdarzenie przeciwne do A (to znaczy zdarzenie A nie nastąpi) z prawdopodobieństwem $q = 1 - p$. Zajście zdarzenia A będziemy uważali za sukces. Oznaczmy ilość sukcesów w n doświadczeniach w tym schemacie przez X_n . Wówczas X_n ma rozkład dwumianowy, dany wzorem

$$P(X_n = r) = \frac{n!}{r!(n-r)!} p^r q^{n-r}.$$

Przeciętna ilość sukcesów w n doświadczeniach wynosi np , a odchylenie standardowe $\sqrt{npq}$.

Korzystanie z tego wzoru przy dużym n jest bardzo niedogodne i dlatego korzysta się z dwóch przybliżonych wzorów, wynikających z twierdzenia Poissona i lokalnego twierdzenia Moivre-Laplace'a. Jednakże znaczenie rozkładów granicznych, o których mowa w tych twierdzeniach, polega nie tylko na aproksymacji wzoru na rozkład dwumianowy. Same te rozkłady mają duże znaczenie w rachunku prawdopodobieństwa i jego zastosowaniach.

T w i e r d z e n i e P o i s s o n a. Jeżeli przy $n \rightarrow \infty$ spełniony jest warunek

$$np = \lambda,$$

gdzie $\lambda > 0$ jest pewną stałą, to dla $r = 0, 1, 2, \dots$ spełniona jest relacja

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P(X_n = r) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^r}{r!}.$$

Prawa strona tego wzoru przedstawia rozkład Poissona. W rozkładzie tym zarówno wartość przeciętna, jak i wariancja są równe λ . Jak powiedziano wyżej, rozkład Poissona występuje często w zastosowaniach. Zilustrujemy to przykładami.

P r z y k ł a d 7. Oto wyniki słynnych doświadczeń R u t h e r f o r d a i G e i g e r a. Obserwowali oni ilości cząsteczek α emitowanych przez substancję promieniotwórczą w ciągu $n = 2608$ okresów po 7,5 sekundy. Dane te podano w tablicy 2. W tablicy tej n_i oznacza ilości okresów, w których zaobserwowano i cząsteczek. Przeciętna ilość λ emitowanych cząsteczek w ciągu okresu 7,5 sek wynosi

$$\lambda = \frac{\sum n_i i}{n} = 3,87.$$

Oznaczając

$$p_i = e^{-\lambda} \frac{\lambda^i}{i!}$$

obliczono kolumnę np_i .

T a b l i c a 2

i	n_i	np_i
0	57	54 399
1	203	210 523
2	383	407 361
3	525	525 496
4	532	508 418
5	408	393 515
6	273	253 817
7	139	140 325
8	45	67 882
9	27	29 189
10	16	17 075
	2 608	2 608 000

P r z y k ł a d 8. Bortkiewicz obliczył z danych armii pruskiej ilość wypadków śmiertelnych na skutek kopnięcia przez konia w 10 korpusach w ciągu 20 lat. Dane te podano w tablicy 3. Ogólna ilość obserwacji jest tu $n = 200$. Symbolem n_i oznaczono ilość korpuso-lat, w których ilość rozważanych śmiertelnych wypadków równa była i . Przeciętna ilość wypadków w jednym korpusie w ciągu roku wynosi tu $\lambda = 0,61$. Przyjmując

$$p_i = e^{-\lambda} \frac{\lambda^i}{i!}$$

obliczono kolumnę np_i .

T a b l i c a 3

i	0	1	2	3	4	razem
n_i	109	65	22	3	1	200
np_i	108,8	66,2	20,2	4,2	0,6	200

Czytelnik zwróci uwagę na uderzającą zgodność w powyższych dwóch przykładach między danymi zaobserwowanymi a oczekiwanymi. Pewne światło na to zjawisko rzuca twierdzenie Poissona, ale głębszym zbadaniem przyczyn tego zjawiska i jego ścisłą interpretacją zajmuje się specjalny dział rachunku prawdopodobieństwa, zwany teorią procesów stochastycznych.

L o k a l n e t w i e r d z e n i e M o i v r e ' a - L a p l a c e ' a. Niech prawdopodobieństwo sukcesu w schemacie Bernoulliego będzie stałe i niech spełnia nierówność $0 < p < 1$. Niech dalej wyrażenie

$$z_n = \frac{r - np}{\sqrt{npq}}$$

będzie przy $n \rightarrow \infty$ zawarte w dowolnym skończonym przedziale. Wówczas zachodzi relacja

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \left[P(X_n = r) : \frac{1}{\sqrt{2\pi npq}} e^{-\frac{z_n^2}{2}} \right] = 1,$$

gdzie X_n jest ilością sukcesów w n doświadczeniach.

Rozkład dwumianowy jest tu więc aproksymowany przez rozkład normalny. Zauważmy, że rozkład dwumianowy należy aproksymować przez rozkład Poissona, gdy p jest bliskie 0 lub jedności, a przez rozkład normalny, gdy p jest bliskie połowy.

Rozkład normalny występuje często w zastosowaniach.

P r z y k ł a d 9. Zaobserwowano średnią temperaturę w styczniu w Warszawie w latach 1779—1948. Obserwacje te w ilości 170 połączono w 8 grup. Dane te zamieszczono w tablicy 4. W pierwszej kolumnie tej tablicy podano temperaturę t^0 w skali Celsjusza. Liczba n_i oznacza ilość lat, w których zaobserwowana średnia temperatura stycznia należy do i -tej grupy. Tak więc $\frac{n_i}{170}$ w kolumnie 2 jest zaobserwowaną częstością w poszczególnych grupach. Z obserwacji tych obliczono wartość przeciętną m i odchylenie standardowe s , mianowicie

$$\begin{aligned} m &= -4,17, \\ s &= 3,58. \end{aligned}$$

Następnie obliczono prawdopodobieństwa teoretyczne p_i dla każdej z 8 grup przy założeniu, że średnia temperatura w styczniu w Warszawie ma rozkład normalny o wartości przeciętnej równej $-4,17$ i o standardowym odchyleniu równym $3,58$. Otrzymane wartości podano w trzeciej kolumnie tablicy 4.

Tablica 4

i	t^0	$\frac{n_i}{170}$	p_i
1	$t^0 < -11$	0,05	0,03
2	$-11 \leq t^0 < -9$	0,06	0,06
3	$-9 \leq t^0 < -7$	0,09	0,12
4	$-7 \leq t^0 < -5$	0,14	0,19
5	$-5 \leq t^0 < -3$	0,25	0,22
6	$-3 \leq t^0 < -1$	0,24	0,19
7	$-1 \leq t^0 < +1$	0,12	0,12
8	$t^0 \geq +1$	0,05	0,06
		1,00	0,99

Czytelnik zwróci uwagę na dość dobrą zgodność kolumny 2 z 3 w tej tablicy. Choć zgodność pomiędzy zaobserwowanym a oczekiwanym rozkładem w tym przykładzie nie jest tak dobra, jak w przykładach 7 i 8, to jednak zastosowanie bardziej precyzyjnych metod weryfikacji hipotez statystycznych, o których nie będziemy tu mówili, nie prowadzi do odrzucenia hipotezy, że średnia temperatura w styczniu w Warszawie ma rozkład normalny.

Podamy teraz prawo wielkich liczb Bernoulliego dotyczące częstości sukcesów w schemacie Bernoulliego.

Prawo wielkich liczb Bernoulliego. Niech X_n będzie ilością sukcesów w n doświadczeniach w schemacie Bernoulliego, w którym prawdopodobieństwo sukcesu p czyni zadość nierówności $0 < p < 1$. Wówczas dla dowolnej liczby $\varepsilon > 0$ zachodzi relacja

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P\left(\left|\frac{X_n}{n} - p\right| > \varepsilon\right) = 0.$$

Prawo wielkich liczb orzeka więc, że gdy ilość doświadczeń n jest duża, to prawdopodobieństwo, że częstość sukcesów będzie się mało różniła od prawdopodobieństwa sukcesu, różni się dowolnie mało od jedności. Już to prawo wielkich liczb, pomijając znane i ważne jego zastrzeżenia, ujmuje w warunkach schematu Bernoulliego w ścisły sposób związek pomiędzy częstością a prawdopodobieństwem, który posłużył za podstawę do określenia prawdopodobieństwa.

Kończąc omówienie schematu Bernoulliego wspominamy o tzw. współczynniku dyspersji Lexisa, określonym wzorem

$$D = \sum_{i=1}^s \frac{(m_i - kp)^2}{npq}.$$

We wzorze tym s jest ilością grup, na które podzielono n obserwacji, k jest ilością obserwacji w każdej grupie, a m_i jest ilością sukcesów w i -tej grupie. Otóż w schemacie Bernoulliego przeciętna wartość współczynnika dyspersji Lexisa równa jest jedności. Przyjęto w tym wypadku mówić o dyspersji normalnej.

Współczynnik dyspersji Lexisa służy do zweryfikowania hipotezy, że prawdopodobieństwo sukcesu p jest istotnie stałe. Odrzuca się tę hipotezę, gdy zaobserwowana wartość współczynnika D znacznie się różni od jedności.

Wspomnimy pokrótce o innym schemacie urnowym.

Schemat Poissona. W schemacie tym mamy znów n niezależnych doświadczeń, ale prawdopodobieństwo sukcesu jest tu funkcją numeru doświadczenia. Mianowicie prawdopodobieństwo sukcesu w j -ym doświadczeniu jest równe p_j , a prawdopodobieństwo zdarzenia przeciwnego jest również $q_j = 1 - p_j$ ($j = 1, 2, 3 \dots$).

Przeciętna ilość i standardowe odchylenie ilości sukcesów w n doświadczeniach w schemacie Poissona równe są odpowiednio

$$\sum_{j=1}^n p_j, \quad \sqrt{\sum_{j=1}^n p_j q_j}.$$

W schemacie Poissona zachodzi także prawo wielkich liczb.

Prawo wielkich liczb Poissona. Niech X_n będzie ilością sukcesów w n doświadczeniach w schemacie Poissona.

Wówczas dla każdego $\varepsilon > 0$ zachodzi związek

$$\lim_{n \rightarrow \infty} P \left(\left| \frac{X_n}{n} - \frac{p_1 + p_2 + \dots + p_n}{n} \right| > \varepsilon \right) = 0.$$

Twierdzenie w rodzaju lokalnego twierdzenia Moivre'a-Laplace'a zachodzi w schemacie Poissona wtedy i jedynie wtedy, gdy szereg

$$\sum_{j=1}^{\infty} p_j q_j$$

jest rozbieżny.

Niech teraz wartości p_j w schemacie Poissona dzielą się na s równych grup po k w każdej grupie tak, że wartości p_i wewnątrz każdej grupy są równe. Współczynnik dyspersji Lexisa określamy teraz wzorem

$$D = \sum_{i=1}^s \frac{(m_i - k\bar{p})^2}{n\bar{p}\bar{q}},$$

gdzie

$$\bar{p} = \frac{1}{s} \sum_{i=1}^s p_i \quad (p_i \text{ wartość } p \text{ w } i\text{-ej grupie}),$$

$\bar{q} = 1 - \bar{p}$, a m_i jest ilością sukcesów w i -tej grupie. Wartość przeciętna wielkości D jest tu większa od jedności. Mówimy tu o nadnormalnej dyspersji.

Niech teraz wszystkie wartości p_j dzielą się na s równych grup po k w każdej grupie tak, że wewnątrz każdej grupy wartości p_i są równe, ale średnie arytmetyczne we wszystkich grupach są równe pewnej liczbie p , będącej zarazem średnią arytmetyczną wartości p_j . Wówczas wartość przeciętna współczynnika dyspersji Lexisa D danego wzorem

$$D = \sum_{i=1}^s \frac{(m_i - kp)^2}{npq}$$

jest mniejsza od jedności. Mówimy tu o podnormalnej dyspersji.

Współczynnik dyspersji D w schemacie Poissona ma analogiczne zastosowanie jak w schemacie Bernoulliego.

Podawaliśmy dotychczas przykłady na zastosowanie rachunku prawdopodobieństwa do fizyki, demografii, kontroli jakości produkcji masowej i meteorologii. Podamy obecnie jeszcze przykład na zastosowanie do techniki.

P r z y k ł a d 10. Następujące zagadnienie przedstawiamy w formie uproszczonej. Należy zbudować centralę telefoniczną, która ma łączyć 2000 abonentów w miejscowości *A* z miejscowością *B*. Jest jasne, że skonstruowanie centrali mającej 2000 przewodów jest kosztownym marnotrawstwem. Ilość przewodów należy rozsądnie ustalić, mianowicie powinno ich być tyle, aby prawdopodobieństwo długiego czekania na połączenie nawet w godzinach największego nasilenia rozmów było bardzo małe. Przypuśćmy więc, że w godzinach największego nasilenia rozmów przeciętnie każdy abonent z *A* zajmuje przewód łączący *A* z *B* w ciągu dwóch minut na godzinę. Możemy więc przyjąć, że prawdopodobieństwo zablokowania przewodu przez określonego abonenta z *A* jest równe $p = 1/30$. Przyjmując, że kolejne połączenia są zdarzeniami niezależnymi, mamy tu schemat Bernoulliego przy $n = 2000$ i $p = 1/30$. Zgodzimy się dalej na to, aby przewodów było tyle — oznaczmy ich ilość przez N — że prawdopodobieństwo, iż w chwili największego nasilenia wszystkie N przewodów będą zajęte, będzie mniejsze niż 0,01. W przybliżeniu więc mniej niż raz na sto zdarzy się, że wszystkie przewody będą zajęte. Z tego warunku obliczamy, że $N = 86$. Wystarczy więc 86 przewodów.

W poprzednim przykładzie przyjęto, że $p = 1/30$. Skąd jednak mamy tę liczbę? Czytelnik powie, że chyba z obserwacji. To jest słuszne, ale to nie jest takie proste. Jeżeli bowiem będziemy przeprowadzali takie obserwacje z dnia na dzień, to wyniki będą na ogół różne, choć nie będą się bardzo znacznie różniły między sobą. W każdym razie założenie, że $p = 1/30$, jest hipotezą, którą należy sprawdzić. Do sprawdzenia takich hipotez służą specjalne metody statystyki matematycznej.

Dokonaliśmy pobieżnego przeglądu podstawowych pojęć rachunku prawdopodobieństwa i zakresu jego zastosowań. Wydaje się, że przegląd ten uzasadnia w pełni słuszność poglądu, wyrażonego na początku tego artykułu, że „rachunek prawdopodobieństwa jest w chwili obecnej działem matematyki, mającym rozległe zastosowania do fizyki i techniki, przemysłu i rolnictwa, biologii i medycyny, do badań ekonomicznych i społecznych“.

Yasushi Nishiwaki *

POPIÓŁ Z BIKINI

Ten interesujący artykuł, wykazujący olbrzymie niebezpieczeństwa radioaktywnego zatrucia bombą wodorową, ukazał się w listopadzie 1954 w „Atomic Scientists Journal”. Podajemy go w przekładzie polskim za zezwoleniem wydawnictwa, któremu w tym miejscu dziękujemy.

Artykuły tego rodzaju i protest ludności przeciwko użyciu bomby wodorowej były niewątpliwie ważnym czynnikiem w złagodzeniu atmosfery międzynarodowej.

R e d a k c j a

Na początku marca 1954 r. ukazała się w jednym japońskim dzienniku niewielka notatka donosząca o tym, że w rejonie Bikini w dniu 1 marca przeprowadzono próbę termojądrowej eksplozji. W Japonii tylko nieliczni specjaliści zwrócili wówczas na nią uwagę.

Rankiem 16 marca ujrzeliśmy już wielki nagłówek w dzienniku „Yomiuri” głoszący, że w dniu 1 marca około godz. 4 rano japoński kuter rybacki „Fukuryu Maru” Nr 5, podczas swego pobytu w odległości około 80 mil na wschód od Bikini, został porażony pyłem promieniotwórczym, pochodzącym z wybuchu próbnej bomby wodorowej, oraz że spowodowało to chorobę 23 członków załogi, z których kilku poważnie poparzonych zostało odesłanych do szpitala. Wątpiliśmy jednakże o ścisłości tych informacji, ponieważ w innych gazetach owego dnia nie mogliśmy znaleźć żadnego artykułu na ten temat.

Wkrótce po przybyciu do uniwersytetu zostaliśmy poproszeni przez Wydział Zdrowia Publicznego Zarządu Miejskiego w Osaka o zbadanie kilku ryb dla stwierdzenia ich promieniotwórczości, ponieważ część tuńczyków przywiezionych przez „Fukuryu Maru” wysłano na targ. Nawet wtedy nie mogliśmy jeszcze uwierzyć, ażeby ryby mogły być w poważnym stopniu promieniotwórcze, gdyż po wybuchach atomowych w Hiroshimie i Nagasaki uczeni nasi stwierdzili po dwóch tygodniach niewielką już promieniotwórczość. Gdyby jednak promieniotwórczość ryb miała rzeczywiście pochodzić od bomby atomowej lub wodorowej, wówczas także promienie beta o niskiej energii powinny być emitowane w znacznej ilości i dlatego zdecydowaliśmy się użyć do pomiarów licznik beta z końcowym okienkiem (okienko mikowe $1,9 \text{ mg/cm}^2$ o efektywnym przekroju około $\pi \text{ cm}^2$).

* Autor jest zastępcą profesora biofizyki promieniowania Uniwersyteckiej Szkoły Medycznej miasta Osaka.

Gdy przybyliśmy na targ, była tam już grupa lekarzy, którzy przy pomocy przyrządów do pomiaru promieniotwórczości dla zwykłych klinicznych promieni X lub gamma właśnie skończyli swe pomiary z większej odległości. Według nich promieniowanie emitowane przez ryby nie było wielkie, ok. 20—40 rozpadów na minutę, czyli trochę powyżej naturalnej normy. Ponieważ jednak mieliśmy licznik beta o cieńszym okienku mikowym, nalegaliśmy na ponowne zbadanie ryb po otwarciu drewnianej skrzynki zawierającej je. Badając ryby licznikiem parę centymetrów od skóry stwierdziliśmy, że promienie były emitowane w średniej ilości około 2000 rozp./min. Dla porównania zbadaliśmy inne ryby złowione blisko wybrzeża Japonii, ale nie mogliśmy stwierdzić odchyień od normy wynoszącej około 20 rozp./min. przy fluktuacji naturalnej nie przekraczającej 10%.

Zabraliśmy ze sobą próbki ryb do naszego laboratorium dla wykonania dokładniejszych pomiarów i kilka z nich wykazało emisję przekraczającą 10 000 rozp./min. z mokrej skóry (około 1 mm grubości) w odległości około 2 cm od okienka licznika (0,1 do 1 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$).

W tym czasie kilka radioaktywnych tuńczyków o emisji ze skóry 6000—10 000 rozp./min. zostało sprzedanych na targu i prefektura miasta Osaka stwierdziła, że około 100 ludzi spożyło już te ryby.

„FUKURYU MARU“

Tego wieczora doniesiono z różnych stron Japonii o podobnej sytuacji. Po pogłoskach z 17 marca ukazały się następnie w prasie pełne sprawozdania. Ponieważ było to dla nas wielką niespodzianką, zdecydowaliśmy się pojechać do portu rybackiego Yaizu, odległego o 150 mil od Osaka, aby zbadać promieniowanie z kutra „Fukuryu Maru“.

W toku badania promieniotwórczych ryb w Osaka nabraliśmy przekonania, iż przeważają nisko energetyczne promienie beta. Jednakże 17 marca po przybyciu do portu stwierdziliśmy twarde promienie gamma emitowane z kutra. W odległości około 30 m od kutra mogliśmy już wyraźnie stwierdzić promienie gamma, a w odległości paru metrów stwierdziliśmy tak silne promieniowanie, iż skala wzorca powierzchniowego okazała się za mała; dopiero porównanie z licznikiem Geigera-Müllera pozwoliło je oszacować na ponad 40 000 rozp./min.

Ponieważ z uwagi na wielkie natężenia promieniowania uznaliśmy wchodzenie na kuter bez żadnego zabezpieczenia za zbyt niebezpieczne, jako minimalne zabezpieczenie włożyliśmy gumowe rękawice i maski gazowe. W łodzi nie mogliśmy znaleźć żadnego białego proszku na pokładzie, choć załoga twierdziła, że białawy pył opadał przez kilka godzin po cząwszy od półtorej godziny po ujrzeniu przez nią czerwonego blasku o 4 rano — aż do południa. W około 3 dni później zauważyli oni, że te części skóry, których dotknął białawy pył, stały się ciemnoczerwone i zaczęły puchnąć jak zwykle poparzenia.

Pokład wydawał się być dokładnie wymytym, a mimo to wydzielał silne promieniowanie. Przeszliśmy na górny pokład kabiny sterowej, gdzie znaleźliśmy trochę brązowego pyłu zmieszanego z niewielką ilością szarobiałego proszku.

W Yaizu okazało się, że rybacy rozwozili po mieście na bagażniku rowerowym suche pęcherze rybne z rekinów przywiezionych przez „Fukuryu Maru“, których aktywność wynosiła ponad 10 000 rozp./min. w odległości paru cm od okienka licznika beta. Te silnie radioaktywne ryby zostały zakopane przez władze w miejscu zapewniającym małe niebezpieczeństwo zakażenia podziemnych zbiorników wodnych.

Wracając z kutra stwierdziliśmy, iż nasze maski gazowe też stały się promieniotwórcze. Z tego wynikało, że rybacy musieli wchłonąć do organizmu promieniotwórczy pył także drogami oddechowymi, oprócz zewnętrznego promieniowania i połykania pyłu z żywnością i wodą na kutrze.

18 marca wróciliśmy do Osaka z pewną ilością pyłu zebranego na kutrze i natychmiast poddaliśmy go badaniu. Wkrótce stwierdziliśmy, że choć głównym składnikiem szarawobiałych cząstek był związek wapnia, przypuszczalnie pochodzący z koralu, główna część aktywności, około 60%, pochodziła od lantanu, będącego źródłem mieszaniny pierwiastków ziem rzadkich. Dalsze analizy, przeprowadzone z udziałem prof. Nakatsuka, Yamadera, Kudo, Miwa, Mori oraz Kanda z Zakładu Chemii Nieorganicznej Uniwersytetu miasta Osaka, potwierdziły, że chociaż pewna promieniotwórczość została znaleziona we frakcjach Ca i Be-Al, to jednak główna część promieniotwórczości proszku pochodziła od takich produktów rozszczepiania jak: ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{90}Y , ^{95}Zr , ^{95}Nb , $^{95\text{m}}\text{Nb}$, ^{103}Ru , ^{106}Ru , ^{106}Rh , ^{132}Te , ^{132}I , ^{131}I , ^{140}Ba , ^{140}La , ^{141}Ce , ^{143}Ce , ^{144}Ce , ^{144}Pr , i inne.

Analizę promieniotwórczych pierwiastków zawartych w proszku przeprowadził także niezależnie od nas prof. Kimura i jego współpracownicy z Uniwersytetu w Tokyo oraz prof. Shiohawa i współpracownicy Uniwersytetu w Shizuoka, przy czym otrzymano mniej więcej podobne do naszych wyniki, jeśli chodzi o fakt, że promieniotwórczość proszku zebranego na kutrze pochodzi głównie od różnych produktów rozszczepienia. Jednakże później obecność ^{45}Ca i ^{35}S , które prawdopodobnie pochodzą od wzbudzonej aktywności wapnia i chloru, została stwierdzona przez prof. Kimura i jego współpracowników. W końcu marca, przy współpracy Yamadera, Kawai i Hyono, we frakcji transuranowej zostały odkryte promienie alfa i beta. Dla detekcji cząstek alfa użyto komorę jonizacyjną bezokienkową zwykłego typu z liniowym wzmacniaczem i selektor wysokości impulsów, wycechowany uprzednio przy użyciu Po. Stosunek ilościowy cząstek alfa do całkowitej ilości cząstek beta z mieszanej próbki oryginalnego pyłu był w końcu marca w przybliżeniu rzędu $1:10^4$, bez uwzględnienia poprawki na absorpcję własną, pochodzącą od grubości próbki.

Przy końcu maja występowanie promieniowania alfa było też niezależnie od nas potwierdzone metodą emulsji fotograficznych przez prof. Kimura i jego współpracowników z Uniwersytetu w Tokyo. Donoszono także o możliwości istnienia ^{239}Pu i ^{237}U .

W tym też czasie przy współpracy prof. Asuma, Nagaya i Tsumori z Uniwersytetu Naniwa oraz Hyono wykonaliśmy za pomocą spektrometru z podwójną magnetyczną soczewką ana-

liżę promieni beta proszku promieniotwórczego i stwierdziliśmy przewagę niskoenergetycznych promieni beta o energii mniejszej niż 0,4 MeV.

Przy współpracy drów G o s h i, O o i, S a n n o m i y a i S h i r a k i rozpoczęliśmy badania biologiczne pyłu promieniotwórczego na myszach i stwierdziliśmy umiejscowienie się po 24 godz. większej części substancji promieniotwórczych w kościach i szpiku kostnym. Wyraźne promieniowanie wydzielała także wątroba, nerki, śledziona i tarczycza; analiza promieniowania z tarczycy wykazała istnienie promieniotwórczego jodu.

Przy współpracy K a w a i i F u r u k u b o zbadano na *E. coli* bakteriobójczy wpływ pyłu promieniotwórczego i porównano z promieniowaniem ^{32}P (o maksymalnej energii 1,7 MeV) użytego pod postacią fosforanu. Toksyczność pyłu okazała się znacznie większa niż toksyczność ^{32}P przy tej samej aktywności zmierzonej elektroskopem typu Lauritsena o folii glinowej grubości 13 mikronów.

Stwierdzono, że krzywa rozpadu odpowiada mniej więcej postaci $A = A_1 T^{-1,37}$ przy przyjęciu daty 1 marca za czas początkowy, podczas gdy promieniowanie z powierzchni tuńczyków odpowiadało krzywej $A = A_1 T^{-2,1}$. Wykładnik przy T może do pewnego stopnia ulegać zmianom w zależności od metody i warunków pomiaru oraz czasu, który upłynął od wybuchu.

Powyższe wyniki wydają się jednak wskazywać, że skład aktywnych pierwiastków zawartych w pyłe może być nieco inny niż u tuńczyków. Wyniki analizy promieni beta metodą absorpcyjną z folią glinową wykazały, że powierzchnia tuńczyków emitowała więcej powolnych promieni beta niż pył. Przy grubości równoważnej 1 mm warstwy wody promieniowanie z tuńczyków malało wyraźnie do 1/5—1/10 wartości pierwotnej.

Cząstki pyłu o średnicy około 0,1 mm lub mniejszej emitowały 20 marca promieniowanie w ilości około 100—500 rozp./min. przy odległości 3 cm od okienka licznika beta. Ekstrapolując wstecz, oszacowano, że w momencie opadnięcia na kuter 1 g pyłu musiał mieć aktywność równoważną przynajmniej jednostce curie.

Pył ten, który przypomina proszek kredy, przy badaniu mikroskopowym okazał się porowaty i dlatego gęstość cząstki jako całości jest znacznie mniejsza niż odpowiednia gęstość czystego stałego węgla.

Chociaż wydaje się, iż większość proszku została zmyta z kutra wkrótce po opadnięciu na pokład, to jednak nawet z grubego oszacowania — na podstawie relacji załogi, że biały proszek spadł na kuter w takiej ilości, iż pokrył pokład na białe — całkowita ilość aktywności w tym czasie może być oceniona przynajmniej na kilkaset curie.

Promieniowanie w różnych częściach „Fukuryu Maru“ było mierzone za pomocą przyrządu pomiarowego typu Tacerlab SUIE (Cutie Pie) przez dra Y a m a z a k i z Uniwersytetu w Tokyo, przy czym stwierdzono, że było ono najsilniejsze (ponad 100 milirentgenów (mr.) na godzinę) w dniu 17 marca w kabinie w tyle kutra, a znacznie słabsze w maszynowni.

Przyjmując, że pył radioaktywny spadł na kuter w około 6 godzin po wybuchu i przyjmując wartość 100 mr. na godz. w dniu 17 marca, oszacowano całkowite promieniowanie wchłonięte przez niektórych rybaków

podczas pierwszych 24 godzin na około 120—240 r., a w okresie 13 dni na około 270—440 r. Do tego oszacowania nie wlicza się pyłu wchłoniętego przez ciało przy oddychaniu lub jedzeniu. Maksymalna dawka nie zagrażająca zdrowiu wynosi 0,3 r. na tydzień¹.

19 marca Amerykańska Komisja Energii Atomowej ogłosiła powiększenie obszaru zagrożonego do półkola o promieniu 450 mil. Stwarzało to nowy wielki kłopot dla rybaków, ponieważ łodzie ich musiały dokonywać wielkiego objazdu dla osiągnięcia możliwie bezpiecznego obszaru połowów.

Ryby przywiezione przez „Fukuryu Maru“ w połowie marca emitowały znacznie silniej promieniowanie z powierzchni niż z wnętrza i władze ustaliły granicę niebezpiecznej aktywności na 100 rozp./min. przy odległości mokrej powierzchni 10 cm od okienka licznika beta (okienko mikowe 3,5 mg/cm² plus 2,5 mg/cm² koperta z masy plastycznej chroniąca okienko).

Ten poziom został ustalony wbrew faktowi, iż z punktu widzenia genetycznego ważne jest utrzymanie jak najmniejszego lub najbardziej zbliżonego do poziomu naturalnego tego promieniowania, na działanie którego może być ludność wystawiona.

W tym czasie ogłoszono, że druga próba termojądrowej eksplozji została przeprowadzona 26 marca, trzecia 6 kwietnia.

Radiologowie z Uniwersytetu w Tokyo pracowali w tym czasie z pracownikiem służby zdrowia japońskiego Ministerstwa Zdrowia.

PORAŻENIA INNYCH KUTRÓW RYBACKICH

1 kwietnia dziennik „Asahi“ doniósł, iż japoński kuter o nazwie „Koeimaru“ Nr 13, który 1 marca płynął około 800 mil na pd.-wsch. od Bikini (N. 9° 1'—E. 178° 19'), został według opinii grupy uczonych z Tokyo z dnia 31 marca porażony pyłem promieniotwórczym (2500 rozp./min. z kutra). Kiedy rękawica członka załogi została położona na błonę czułą na promienie X, stwierdzono miejsca radioaktywne, głównie w pobliżu rękawicy. Ponad 100 000 funtów ryb przywiezionych przez ten kuter uznano za stracone. Całkowitą stratę oceniano na ponad 21 000 dolarów.

Stwierdzono, że większość kutrów, które pracowały w rejonie południowego Pacyfiku podczas prób bomb wodorowych, była w mniejszym lub większym stopniu promieniotwórcza. 14 kwietnia japoński kuter wielorybiczny (19 320 ton) „Tonan Maru“, który pracował w pobliżu bieguna południowego, wrócił do portu Osaka po przejściu 6 kwietnia około 1000 mil na pd.-zach. od Bikini (N. 1° 49'—E. 151° 44'). Na kuterze stwierdzono aktywność około 1000 do 2000 rozp./min. przy odległości paru cm od powierzchni licznika beta typu podobnego do poprzednio opisanego. W ogólności wydaje się, że najsilniej promieniotwórcza jest górna część przewodów pokrytych smarami lub oliwą zabezpieczającą przed rdzewieniem (0,01 do 0,1 μ c/cm²). Kurs, jakim płynął ten kuter, przebiegał podobno bardzo blisko kursów niektórych australijskich okrętów pasażerskich.

Przy ścisłej współpracy z pracownikami służby zdrowia w Osaka i Zarządu Prefektury kontynuowaliśmy badania ryb i łodzi przybyłych

¹ Dawka śmiertelna wynosi 500 r. — Red.

do portu Osaka z obszarów południowego Pacyfiku. U ryb złowionych poza rozszerzonym obszarem zagrożenia wewnętrzne organy wykazywały silniejszą promieniotwórczość niż skóra. Z biegiem czasu obszar, w którym łowi się porażone ryby, stopniowo się powiększa.

12 maja stwierdziliśmy, że niektóre ryby, zwane *Shiira*, które złowiono na początku maja około 2000 mil na pn.-zach. od Bikini (E. 124°—130°, N. 18°—30°) są promieniotwórcze. Wydział Zdrowia Publicznego Zarządu Prefektury w Osaka przysłał do naszego laboratorium jednego tuńczyka. Przy starannym badaniu znaleźliśmy promieniotwórczość 380 rozp./min. na cm³ krwi, 130 rozp./min. na 4 g mokrej próbki płetwy rybnej, 335 rozp./min. na 5,5 g mokrej próbki wątroby, lecz znacznie mniej na skórze lub wewnątrz żołądka. Pomiary wykonano za pomocą poprzednio opisanego typu licznika beta w odległości około 3 cm od nie spopielonej próbki. Powyższa ilość rozp./min. przekracza już normę, a ponieważ nie było poprawki na absorpcję własną, rzeczywista ilość substancji promieniotwórczej w próbce może być znacznie większa niż ta, która wynika z podanych liczb.

Niektóre ryby z gatunku *Bashokajiki* złowione w połowie maja na tym samym obszarze okazały się również promieniotwórcze. W wyniku badań przeprowadzonych 22 czerwca w naszym laboratorium z około 50 g mokrej próbki czerwonej części mięsa znaleźliśmy promieniotwórczość 7630 rozp./min. poza tłem. Orientacyjna analiza owej próbki wskazywała na to, że aktywność pochodziła od pierwiastków ziem rzadkich (około 70%), frakcji cyrkonu (około 20%), pierwiastków ziem alkalicznych (niewielka ilość procentów) i innych. W ogólności największą radioaktywność wykazywały organy wewnętrzne, następnie czerwona część mięśni, wreszcie najmniej białe części (0,003—0,01 μ c/g: około 40 do 60 rozp./min. w odległości 10 cm).

24 kwietnia japoński kuter towarowy „Yasukawa-Marui” powrócił do portu Osaka, przejeżdżając w okresie 3—7 marca w odległości 1000 mil na zachód od Bikini w drodze do Australii i tak samo w drodze powrotnej w okresie 10—16 kwietnia. Kuter ten został również porażony pyłem promieniotwórczym (1200 rozp./min. na pokładzie), a kapitan kutra słyszał od pewnego żeglarza filipińskiego podróżującego wokół wysp południowego Pacyfiku, że mieszkańcy tych wysp cierpią na dolegliwości o nieznanej przyczynie, ludzie zaś przekonani, iż spowodowane to jest jakąś plagą naturalną, modlą się o powrót do zdrowia. Zastanawialiśmy się, czy wobec faktów, że statki płynące nawet w odległości 1000 mil od Bikini były porażone pyłem promieniotwórczym, nie było to także, przynajmniej częściowo, wywołane promieniotwórczością.

Później, 14 maja, doniesiono, że ludność Wysp Marshalla wystosowała petycję do ONZ o zaprzestanie dalszych prób z bombami wodorowymi, ponieważ mieszkańcy tych wysp zaczęli cierpieć na wypadanie włosów, anemię, zmniejszenie ilości białych ciałek krwi, oraz z powodu zakażenia wody do picia.

Również 14 maja ogłoszono, że seria prób z bombami wodorowymi pomyślnie przeprowadzona w obszarze Bikini, została na ten rok zakończona.

22 maja doniesiono o ogłoszeniu przez marynarke USA, że ograniczenia w trasach okrętowych i lotniczych na obszarach prób atomowych wokoło atolu Bikini zostały zmniejszone do zakresu 3 mil.

15 maja „Shunkotsumaru“ kuter do badań promieniotwórczości został wysłany przez rząd japoński w celu wyszukania bezpiecznych terenów dla rybołówstwa. Kuter ten wrócił do Japonii 4 lipca. Według nie opublikowanych danych promieniotwórcze skażenie wzrastało w miarę zbliżania się do rejonu Bikini. Z wątroby jednej ryby złowionej 19 czerwca w miejscu N. $15^{\circ} 3'$ —E. $163^{\circ} 15'$ stwierdzono promieniowanie rzędu 48 000 rozp./min. na gram suchej próbki, plankton zaś i ryby złowione na tym obszarze były porażone w mniejszym lub większym stopniu (100 do 40 000 rozp./min.).

WODA MORSKA

Promieniotwórcze skażenie wody morskiej zostało także zbadane przez ten kuter i stwierdzono wielkie różnice w zależności od położenia i głębokości. 12 czerwca w miejscu N. $10^{\circ} 55'$ —E. $163^{\circ} 51'$ promieniotwórczość wynosiła 5780 rozp./min. na litr wody morskiej z głębokości 50 m, podczas gdy na powierzchni było 85 rozp./min. na litr, a na głębokości 300 metrów tylko 23 rozp./min. na litr. Tego samego dnia w miejscu N. $11^{\circ} 59'$ —E. $163^{\circ} 53'$ promieniotwórczość na powierzchni wynosiła 5542 rozp./min., na głębokości 20 m 6050 rozp./min. na litr, a na 100 m tylko 17 rozp./min. na litr. W ogólności stwierdzono skażenie wody morskiej w północnym prądzie równikowym, następnie w prądzie równikowym, a znacznie mniejsze w południowym prądzie równikowym.

DESZCZ

Równolegle ze zbadaniem ryb i łodzi, przy współpracy K a w a i, K o n d o, T a n a k a oraz M u r a t a przeprowadzono badania promieniotwórczości deszczu, której lekki wzrost zauważyliśmy od rozpoczęcia próby z bombami wodorowymi. Tak np. promieniotwórczość deszczu, który spadł 17 kwietnia w okolicy Osaka, wynosiła 140 rozp./min. z ilości 1,8 litra wody deszczowej; do pomiarów używano pozostałość po całkowitym wyparowaniu (około 3 cm od okienka licznika beta, w około 24 godziny po próbie). Przy użyciu podobnych metod pomiarów stwierdzono, że naturalna promieniotwórczość deszczu, przeważnie spowodowana rozpadem produktów radonu, spada znacznie w ciągu kilku godzin; powyższa promieniotwórczość deszczu nie spada jednakże tak gwałtownie i oszacowano, że okres połowicznego zaniku jest z grubsza rzędu tygodnia. W ostatnich analizach pozostających po wyparowaniu osadów stałych odkryto, że promieniotwórczość spowodowana jest przede wszystkim sztucznymi jądrami, jak radiopierwiastki ziem rzadkich (Y, Ce, La) oraz radiopierwiastki ziem alkalicznych (Ba, Sr).

W połowie marca zauważono osobliwy pył, który spadł wraz z deszczem na obszar cieplarni półwyspu Atsumi. Spostrzeżono go najpierw jako niezwykle zabrudzenie szyb w oknach inspektowych po deszczu. Później W a t a n a b e z Technicznego Instytutu Badawczego z Nagoya wykrył, że pył ten jest promieniotwórczy. Dalsze badania prof. K i m u-

r a potwierdziły, że promieniotwórczość pyłu spowodowana jest głównie przez takie sztuczne jądra promieniotwórcze, jak ^{140}Ba , ^{140}La i inne.

W połowie maja nad całą Japonią spadł niezwykle silnie promieniotwórczy deszcz. W Osaka, podobnymi metodami pomiarów, jak opisane powyżej, określiliśmy przeciętną promieniotwórczość deszczu, który spadł 17 maja, na około 2127 rozp./min. na litr (bez poprawki na absorpcję własną) w ogólnej ilości 7 mm. W Kyoto prof. S h i d e i wraz ze swymi pracownikami z Uniwersytetu Kyoto, mierząc 16 maja promieniotwórczość świeżego opadu deszczu stwierdzili 86 000 rozp./min. na litr, oraz przeciętnie około 4000 rozp./min. na litr całego 7,2 mm deszczu w dniu 17 maja (0,1 do 0,3 $\mu\text{C}/\text{cm}^2$). Pomiaru dokonywano za pomocą podobnego do wyżej opisanego licznika beta o okienku z miki 2 mg/cm². Profesorowie S h i d e i, S h i m i z u, S h i g e m a t s u i N i s h i z Uniwersytetu w Kyoto stwierdzili potem, że promieniotwórczość ta pochodzi od takich radiopierwiastków ziem rzadkich, jak: ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{89}Sr , ^{140}Ba i inne.

W Kagoshima w południowej części Japonii prof. K a m a t a z Uniwersytetu w Kagoshima zmierzył promieniotwórczość 23 000 rozp./min. na litr wody deszczowej z dnia 16 maja, podczas gdy w Niigata, w północnej części Japonii po stronie Syberii, dr W a t a n a b e z Uniwersytetu w Niigata stwierdził 200 rozp./min. na litr. Natomiast w Sendai, w północnej części Japonii po stronie Pacyfiku, prof. K i t a g a k i z Uniwersytetu Tohoku w tym samym okresie zmierzył 1000 rozp./min. na litr.

Ogólnie biorąc, zaobserwowano, że promieniotwórczość deszczu w okresie od 16 do 20 maja była silniejsza wzdłuż wybrzeży Pacyfiku, a mniejsza wzdłuż brzegów Morza Japońskiego po stronie Syberii. Była ona silniejsza w części południowej, a słabsza na północy.

Po przedyskutowaniu tych wyników z drem M i y a k e z Meteorologicznego Instytutu Badawczego w Tokyo i prof. T a k e t a n i z Uniwersytetu Rikkyo w Tokyo, doszliśmy do wniosku, że promieniotwórczy deszcz mógłby spaść nad całą Japonią, także gdyby doświadczenia z bombą atomową czy wodorową były wielokrotnie przeprowadzane na Syberii, lecz, co się dotyczy nadzwyczaj wysokiej promieniotwórczości deszczu w okresie od 16 do 20 maja, wydaje się, że została ona spowodowana wybuchem bomby atomowej lub wodorowej podczas prób przeprowadzanych w rejonie południowego Pacyfiku.

W wielu stacjach meteorologicznych Japonii automatyczny przyrząd zapisujący zmiany ciśnienia atmosferycznego zarejestrował fale wstrząsów, które najprawdopodobniej były spowodowane próbami bomby wodorowej.

Wnioskując z różnych wyników doświadczeń, wydaje się, że przynajmniej jedna, jeżeli nie więcej, nieogłoszona próba z bombą wodorową została przeprowadzona w okresie od 25 kwietnia do 13 maja.

JARZYNY, MLEKO I WODA DO PICIA

W różnych częściach Japonii wykryto, iż w wyniku niezwykle wysoce promieniotwórczego deszczu, rośliny, warzywa i mleko były w mniejszym lub większym stopniu skażone promieniotwórczymi substancjami.

19 maja zebraliśmy trochę trawy z pola w Osaka, a następnie po dokładnym wypłukaniu beczkową wodą zbadaliśmy jej promieniotwórczość. Po spopieleniu stężonym kwasem azotowym promieniotwórczość jednego gramu próbki, zmierzona w odległości około 3 cm od okienka licznika beta, wynosiła około 300 do 400 rozp./min. (0,01 do 0,001 $\mu\text{c/g}$ popiołu). Zbadano również, po dokładnym wymyciu, wydrążoną część zielonej cebuli i wewnątrz wykryto większą radioaktywność niż zewnątrz, co zdaje się być wskazówką możliwości u pewnych roślin absorpcji przynajmniej niektórych promieniotwórczych substancji zawartych w deszczu. W tym samym czasie prof. N i s h i d a z Uniwersytetu w Kanazawa pobrał radioautografy niektórych roślin.

W Kagoshima 24 maja prof. O o y a s u z Uniwersytetu Kagoshima zmierzył promieniotwórczość 220 rozp./min. z 180 cm^3 mleka. Stwierdzono, że wątroba i płuca krowy, która prawdopodobnie piła bezpośrednio promieniotwórczą wodę deszczową, jadła promieniotwórcze jarzyny oraz wdychała powietrze zawierające promieniotwórczy pył, były również promieniotwórcze.

W początkach czerwca doniesiono, że mocz kilku osób w Kogoshima wykazał promieniotwórczość przewyższającą normalny poziom. Zaobserwowano także, że po nakarmieniu doświadczalnych królików jarzynami sprzedawanymi na rynkach promieniotwórczość ich moczu wzrasta.

Badając promieniotwórczość beczkowej wody za pomocą podobnych metod jak przy badaniu wody deszczowej, zauważyliśmy, po upływie kilku dni od spadku deszczu promieniotwórczego, niewielki wzrost promieniotwórczości. Jednak w porównaniu z promieniotwórczością deszczu, stwierdzony wzrost promieniotwórczości był o wiele mniejszy (kilka rozp./min. na litr). Można to przypisać częściowo rozcieńczeniu dużą ilością mniej promieniotwórczej wody w rezerwuarze, a częściowo absorpcją przez filtry. Prof. H o r i u c h i i prof. O w a d a wykryli, że w rezerwuarze filtr cienki był bardziej promieniotwórczy od filtru grubego.

Na szczytach gór, małych samotnych wysepkach oraz w kilku odosobnionych stacjach meteorologicznych Japonii woda deszczowa jest jedynym źródłem wody do picia. Dr O h t a n i z Muroto wykrył, że kilka osób ze stacji meteorologicznej na przylądku Muroto (prefektura Kochi), które piły nie filtrowaną, wysoce promieniotwórczą wodę deszczową, miało niezwykle niską liczbę leukocytów, toteż zalecono ludziom, by nie pili bezpośrednio wody deszczowej („Yomiuri”, 1 czerwca). Kilku ludzi z japońskiego kutra towarowego „Zintsumaru”, którzy w okresie prób z bombą wodorową pracowali w rejonie południowego Pacyfiku, po powrocie do portu Kamaishi miało niższą niż normalnie liczbę leukocytów, co zostało stwierdzone przez dra M a y a m a z Uniwersytetu Iwate. („Mainichi”, 22 maja). Gdy łódź powróciła do Osaka, kilku ludziom załogi, u których ponowne badanie wykazało niezwykle niską liczbę leukocytów, zalecono opuszczenie kutra, po czym wysłano ich do szpitala dla robotników morskich w Osaka („Mainichi”, 28 maja). Wykryto również, że kilka kutrów pracujących około 2000 mil na zachód od Bikini zostało porażonych promieniotwórczym pyłem (500 rozp./min. z „Tuskasamuru”).

ZAŁOGA Z „FUKURYU MARU“

Sądząc z tych wyników, nie możemy całkowicie zaprzeczyć możliwości, że w okresie prób z bombą wodorową niektórzy członkowie załóg kutrów przebywających w rejonie południowego Pacyfiku mogli w mniejszym lub większym stopniu wchłaniać promieniotwórczy pył przez przewód pokarmowy lub drogami oddechowymi. Większość z 23 rybaków z „Fukuryu Maru“ Nr 5, którzy zostali w dniu 1 maja obsypani promieniotwórczym popiołem, przebywa jeszcze w szpitalu. Mimo że są oni otoczeni najlepszą opieką lekarską, jaką może dać Tokyo, stan niektórych

T a b l i c a 1

Obserwacje krwi i szpiku kostnego pacjentów

	Koniec marca	Początek kwietnia	Połowa kwietnia
<i>Pacjent S.</i>			
Leukocyty (ilość)	2 100	1 000	3 600
Komórki szpiku	16 000	23 000	12 000
Płytki krwi	19 000	10 500	90 000
<i>Pacjent M.</i>			
Leukocyty	2 000	1 300	2 300
Komórki szpiku	99 500	21 000	10 500
Płytki krwi	28 000	15 000	10 800
<i>Pacjent T.</i>			
Leukocyty	1 900	1 000	2 100
Komórki szpiku	12 000	17 000	12 000
Płytki krwi	25 000	25 000	28 000
<i>Pacjent K.</i>			
Leukocyty	5 300	2 800	1 900
Komórki szpiku	—	19 000	9 000
Płytki krwi	43 000	43 000	80 000
<i>Pacjent H.</i>			
Leukocyty	4 000	1 500	1 900
Komórki szpiku	—	16 000	8 000
Płytki krwi	39 000	15 000	60 000

U w a g a : Normalne ilości leukocytów, komórek szpiku i płytek krwi są następujące (na mm³):

Leukocyty 6 000 — 8 000
 Komórki szpiku 100 000 — 200 000
 Płytki krwi 150 000 — 250 000

z nich, którzy doznali najpoważniejszych obrażeń, nie upoważnia do optymizmu.

Choroba spowodowana przez promieniowanie jest chorobą całego organizmu, prowadzącą głównie do zaburzeń w organach wewnętrznych, szczególnie w układzie krwiotwórczym.

Stwierdzono, że niektórzy z tych rybaków cierpieli na suchoty szpiku kostnego. Od przybycia do szpitala w połowie marca dokonywano im transfuzji krwi i niektóre z obrażeń zewnętrznych zdają się goić. Obserwacje krwi i szpiku kostnego pacjentów zebrane są w tablicy wydanej oficjalnie 23 kwietnia 1954 r. przez dra M i k a m o, dyrektora szpitala uniwersyteckiego w Tokyo. Poza obrażeniami organów krwiotwórczego dr M i y o s h i z Uniwersytetu w Tokyo, który bezpośrednio opiekuje się kilkoma rybakami, powiedział nam nieoficjalnie 17 lipca, iż narządy rozrodcze niektórych są poważnie uszkodzone. Wykryto, że ilość plemników na milimetr sześcienny wynosiła 200, 500, 700, 100 i 200, podczas gdy normalna ilość leży w granicach 50 000—100 000 mm³. Nie tylko spadek ilości, lecz również rozmaite anormalne typy plemników zostały wykryte przez dra M i y o s h i. Mówiono wprawdzie, iż w lipcu stan zdrowia niektórych mniej porażonych rybaków poprawił się, lecz jest rzeczą bardzo wątpliwą, czy ci, którzy otrzymali średnią śmiertelną dawkę promieniowania, będą mogli żyć dłużej. Można jedynie powiedzieć, że dzięki najlepszej opiece lekarskiej drów T s u z u k i, M i k a m o, S h i m i z u, K u r i y a m a, M i y o s h i i innych z Tokyo niektórzy z najpoważniej poszkodowanych rybaków żyją przekroczywszy krytyczny okres, który byłby śmiertelny dla większości pacjentów będących w podobnym stanie w okresie Hiroshimy i Nagasaki².

STAN OBECNY

Nawet w czerwcu, aż do pierwszych dni lipca, w różnych częściach Japonii wykryto w deszczu silną promieniotwórczość (10 — 500 rozp./min. na litr) i, jak donoszą z różnych miejscowości, mleko, jarzyny, liście herbaty itp. zostały skażone promieniotwórczym pyłem. W sierpniu w okolicy Osaka promieniotwórczość deszczu, jak się wydaje, znacznie spadła (0—15 rozp./min. na litr — na podstawie listu otrzymanego 27 sierpnia od Kawai). Jednak nawet w końcu lipca znajdowano jeszcze promieniotwórcze ryby wśród ryb złowionych w obszarze południowego Pacyfiku. W artykule Hessel Tiltm a n a, korespondenta „Manchester Guardian“ w Tokyo, z 2 sierpnia czytamy, że największą promieniotwórczością, jaką dotychczas zaobserwowano, jest 6000 rozp./min. dla skóry oraz 18 542 rozp./min. dla skrzeli. Została ona stwierdzona u ryby, która przed kilku dniami trafiła na targ w Tokyo z południowego Pacyfiku („Manchester Guardian“ z 3 sierpnia 1954). Nawet jeśli ryby nie nadające się do jedzenia z powodu promieniotwórczego skażenia stanowią tylko, jak podają, 1% lub mniej wszystkich zbadanych ryb, to jednak fakt, iż istnieje jeszcze taka możliwość, stwarza bardzo poważny problem zdrowia publicznego. Fakt, że konieczne jest jeszcze prowadzenie dalej badań ogromnych ilości ryb w celu zapewnienia rozprowadzenia zdrowych i nieska-

² Jak doniesiono, jeden z rybaków od tego czasu zmarł. — Red.

zonych ryb na rynek, stwarza nie tylko poważny problem dla rybaków i pracowników służby zdrowia, lecz również znaczne obawy wśród ludzi, dla których ryba stanowi główne źródło białka.

Zgodnie ze statystyką w 1952 r. ogólna liczba ryb łowionych w ciągu roku przez japońskich rybaków wynosiła około $9,6 \cdot 10^9$ funtów, a ogólna ilość kutrów rybackich w 1952 wynosiła 446 652 (M i y a g i, „Shizen“, lipiec 1954). Jakkolwiek ilość ryb złowionych w 1954 roku może być znacznie mniejsza z powodu wypadków w Bikini, uciążliwą koniecznością pozostaje fakt, że jeszcze przez długi czas po próbach bomby wodorowej na Pacyfiku będziemy musieli przeprowadzać badania wielkich ilości ryb i kutrów.

Chociaż efektywna promieniotwórczość osiąga z biegiem czasu normalny poziom, to jednak istnieje wielkie niebezpieczeństwo, że pozostała aktywność spowodowana jest głównie promieniotwórczymi jądrami o dłuższym okresie połowicznego zaniku. Nawet gdy promieniotwórcze skażenie nie jest tak duże, by spowodować bezpośrednie obrażenia, niepotrzebny wzrost promieniotwórczości spowodowany powtarzającymi się próbami bomby atomowej czy wodorowej w czasie pokoju jest niepożądany, a to z punktu widzenia genetycznego lub powstawania nowotworów. Ze wzrostem dozy promieniowania, na które jakakolwiek ludność może być niepotrzebnie narażona, i wraz ze wzrostem procentu ludzi wystawionych na promieniowanie, można się spodziewać wzrostu prawdopodobieństwa wywołania genetycznych lub nowotworowych obrażeń. Biorąc pod uwagę przeszłe bombardowanie, można przyjąć, że wielka ilość ludzi wchłonęła już znaczne, z genetycznego punktu widzenia, ilości promieniowania w Hiroshimie i Nagasaki. W sytuacji, gdzie występuje niebezpieczeństwo narażenia na promieniowanie całej ludności 90-milionowej Japonii, nawet jeśli prawdopodobieństwo spowodowania obrażeń u poszczególnej osoby jest małe, to jednak prawdopodobieństwo spowodowania obrażeń u kilku z tych 90 milionów nie zawsze może być uważane za mało znaczące. Z tego względu słabsze promieniowanie działające na większą liczbę ludzi może być uznane za genetycznie bardziej szkodliwe niż większa doza promieniowania działająca na ograniczoną małą ilość ludzi.

U w a g a. Większość liczb rozp./min. (rozpadów na minutę) podanych w tym artykule jest rzeczywistą ilością rozpadów powyżej tła, wykrytą przy pomocy licznika beta — przy danych warunkach geometrycznych pomiarów bez żadnej poprawki na absorpcję lub absorpcję własną. Dlatego też chcąc ocenić z grubsza rząd wielkości promieniotwórczości w jednostkach curie z liczb. rozp./min. podanych w tym artykule, musimy wziąć pod uwagę geometryczne czynniki w czasie pomiarów, absorpcję spowodowaną jakąkolwiek warstwą znajdującą się pomiędzy czułą częścią licznika i próbką oraz absorpcję własną spowodowaną grubością próbki itp.

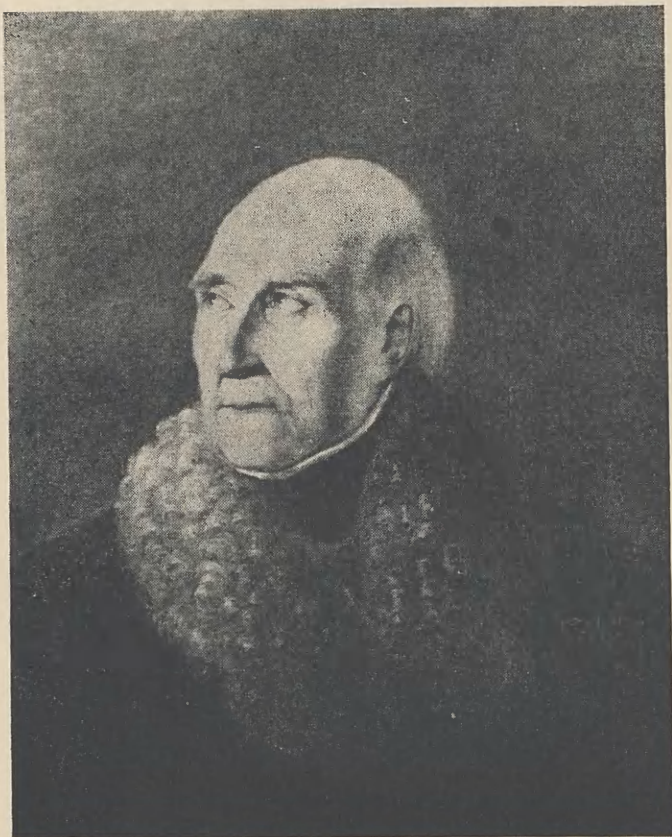
Jeżelibyśmy mieli mierzyć w odległości 10 cm od okienka licznika beta — jak zostało początkowo ustalone przez rząd dla ryb wilgotnych — to nawet gdybyśmy przyjęli źródło punktowe bez absorpcji własnej, musielibyśmy przyjąć czynnik geometryczny wynoszący przynajmniej 400.

W przypadku promieniotwórczości deszczu, jakkolwiek warunki pomiarów mogą być do pewnego stopnia różne w różnych częściach Japonii, można sugerować przyjęcie geometrycznego czynnika przynajmniej 5 do 50 przy przybliżonej ocenie

rzeczywistej promieniotwórczości z efektywnych liczb rozp./min. podawanych z różnych części Japonii.

W Osaka, jeśli nie zostało to ustalone inaczej, warunki geometryczne pomiarów w laboratorium za pomocą naszego licznika beta są zazwyczaj takie, że około 1/25 do 1/40 całkowitego promieniowania w kącie bryłowym 4π może być mierzona bez uwzględnienia absorpcji czy absorpcji własnej.

Przy opisanej w tym artykule metodzie pomiarów wody deszczowej istnieje możliwość stracenia pewnych promieniotwórczych jąder w czasie odparowywania. Ponieważ zaś licznik beta nie jest zwykle tak wydajny dla promieni gamma i alfa, istnieje wielkie niebezpieczeństwo zagubienia proporcji najbardziej niebezpiecznych źródeł promieni alfa, zawartych w próbce.



STANISŁAW STASZIC

Kazimierz Maślankiewicz

STANISŁAW STASZIC

(W 200 rocznicę urodzin)

Dwieście lat mija od urodzenia Stanisława Staszica, wielkiego obywatela naszego kraju, wybitnego myśliciela i człowieka postępu, znakomitego przyrodnika, męża stanu, ojca polskiej geologii i górnictwa. Działalność jego przypada na okres jeden z najcięższych w naszych dziejach, kiedy po utracie niezależności państwowej rozpoczynały się lata nowych warunków życia i pracy. Spośród tych, którzy nie stracili nadziei lepszego jutra i nie załamali rąk, lecz gorliwie i ofiarnie zabrali się do pracy przede wszystkim nad podniesieniem nauki i oświaty, i nad rozwojem ekonomicznym kraju, na pierwsze miejsce wybija się postać Stanisława Staszica. Olbrzymie zasługi w wielu dziedzinach autora *Przestróg dla Polski* podnosiły już wspomnienia współczesnych. Warto przytoczyć zdanie Kajetana Koźmiana, że „wszystkie zakłady nauk umiejętności i przemysłu“, jakie powstały za czasów Księstwa Warszawskiego i Królestwa Polskiego, „jego bliższemu przewodnictwu winne są albo swój początek, albo wzrost i zakwitnienie“.

Wydana w r. 1928 przez Lubelski Komitet Obchodu Setnej Rocznicy Zgonu Stanisława Staszica *Księga Zbiorowa* pod redakcją Z. Kukulskiego zawiera m. in. bibliografię zestawioną przez W. Hahn'a, obejmującą ponad 900 pozycji, co świadczy o wielkim zainteresowaniu wśród społeczeństwa polskiego postacią Wielkiego Polaka.

Nakładem Polskiej Akademii Umiejętności został wydany w r. 1931 przez Cz. Leśniewskiego *Dziennik podróży Stanisława Staszica* zaopatrzoney w obszerne przypisy i starannie opracowany indeks, stanowiący ważne nowe źródło dla poznania postaci i życia tego uczonego.

Wśród prac historycznych nad postępowymi nurtami nauki polskiej w okresie Oświecenia, jakie ukazały się w okresie 10-lecia Polski Ludowej, nie brak studiów o Stanisławie Staszycu, obrazujących jego działalność i zasługi w nowoczesnym oświeceniu. Z prac tych, odpowiadających właściwym wykorzystaniem materiałów źródłowych i ujęciem dzisiejszym wymaganiom naukowym, wymienić należy zwłaszcza studia C. Bobińskiej i B. Suchodolskiego. Biblioteka Narodowa wznowiła w r. 1952 *Uwagi nad życiem Jana Zamoyskiego* w opracowaniu S. Czarnowskiego. W opracowaniu C. Bobińskiej ukazał się *Wybór pism Staszica*, obejmujący wyjątki

z różnych dzieł autora (I wydanie w r. 1948, II wydanie w r. 1952). W Bibliotece Klasyków Filozofii wydany został dwutomowy wybór *Pism filozoficznych i społecznych*, przygotowany przez B. Suchodolskiego (PWN, 1954). Wydawnictwa Geologiczne przygotowały reedycję *Ziemiorództwa* zaopatrzoną w obszerny wstęp opracowany przez W. Goetla.

Stanisław Wawrzyniec Staszic (do r. 1805 podpisywał się także Staszyc lub Stasic) urodził się z końcem roku 1755 (najprawdopodobniej w listopadzie) w Pile. Miasteczko to, leżące w Wielkopolsce na północ od Poznania i na zachód od Bydgoszczy, wróciło wraz z wielu innymi do Macierzy z odzyskaniem Ziemi Zachodnich. Ojciec jego, zasłużony burmistrz Piły, zdawał sobie sprawę, że mieszczańskie pochodzenie syna będzie przeszkodą w jego karierze życiowej i skierował go na drogę duchowną. Jedynie bowiem święcenia kapłańskie częściowo mogły zastąpić herb szlachecki, pozwalając na pewien dostęp do wiedzy i stanowisk publicznych. Po ukończeniu seminarium duchownego w Poznaniu przyjął Staszic święcenia kapłańskie, nigdy jednak nie odczuwał powołania do życia duchownego i zawsze prowadził zupełnie świecki tryb życia, oddając się pracy naukowej i działalności publicznej. Niejednokrotnie w pozostawionej spuściźnie występował przeciw duchowieństwu, podkreślając często reakcyjny charakter Kościoła.

Po ukończeniu studiów udał się na studia za granicę, zwiedziwszy uniwersytety w Lipsku i Getyndze a następnie przybywając do Paryża, gdzie przebywał dwa lata. W Collège de France studiował nauki przyrodnicze głównie pod kierownictwem Brissona i Daubentona, tam zetknął się również ze znakomitym d'Alembertem i sławnym przyrodnikiem Buffonem.

Wracając do kraju w r. 1781 odbył Staszic geologiczną wędrówkę po Alpach i Apeninach uzupełniając zdobyte wiadomości przyrodnicze bezpośrednimi obserwacjami w terenie. Ułatwi mu to później przeprowadzanie obserwacji i badań w Karpatach i innych obszarach Polski. Po powrocie do kraju objął obowiązki nauczyciela synów b. kanclerza koronnego Andrzeja Zamoyskiego, nie potrafiwszy znaleźć w Rzeczypospolitej szlacheckiej odpowiednich warunków pracy, które by odpowiadały jego wykształceniu i ambicjom pisarskim. Pozostając na tym stanowisku przez lat 20 (do r. 1792) miał Staszic możliwość dokładnego poznania sytuacji Polski, korzystając pilnie ze wspaniałej biblioteki w Zamościu, obejmującej zwłaszcza prace historyczne, prawnicze i ekonomiczne.

Społeczno-polityczne poglądy Staszica zawarte są w *Uwagach nad życiem Jana Zamoyskiego*, wydanych w r. 1787 i w *Przestrobach dla Polski*, wydanych w r. 1790. „Rozległością horyzontów filozoficznych” — słusznie podkreśla prof. B. Suchodolski — „konsekwencją i spoistością programu, bogactwem materiału i celnością argumentacji dzieła te wysuwały się na czoło postępowej publicystyki w okresie Sejmu Czteroletniego. Posuwały one znacznie naprzód formowanie się nowej ideologii, która, związana z dążeniami społecznymi w okresie początków kapitalistycznego układu w Polsce, stawiała się silnym orężem w walce z feudalną bazą i jej nadbudową”.

Za granicę wyjeżdżał S t a s z i c jeszcze w r. 1790 wraz z rodziną Zamoyskich a następnie w r. 1794 po śmierci Andrzeja Zamoyskiego; z podróży tej powrócił do kraju na stały pobyt dopiero w r. 1797.

W tym drugim okresie swego życia S t a s z i c podróżuje wiele po kraju badając jego bogactwa naturalne i przygotowując opisy i mapy geologiczne. Od r. 1801 przebywa stale w Warszawie, gdzie oddaje się żywej działalności obywatelskiej, społecznej i pracy naukowej. Wiele zajmuje się oświatą publiczną, pracując jako referendarz a później jako radca stanu Dyrekcji Oświecenia Księstwa Warszawskiego. Duże zasługi położył S t a s z i c dokoła założenia Warszawskiego Towarzystwa Naukowego obejmując po śmierci pierwszego prezesa A l b e r t r a n d i e g o jego stanowisko i kierując działalnością tej najważniejszej polskiej instytucji naukowej aż do śmierci. Po utworzeniu Królestwa Kongresowego pracuje w Komisji Rządowej Spraw Wewnętrznych, gdzie zajmuje stanowisko dyrektora Przemysłu i Kunsztów. Na tym stanowisku pracuje gorliwie nad rozwojem przemysłu górniczego, jak i nad podniesieniem przemysłu i handlu. Zasługą jego jest zorganizowanie Komisji i Szkoły Górniczej w Kielcach oraz sprowadzenie do Polski znakomitego geologa Jerzego Bogumiła P u s c h a. Ustąpiwszy w r. 1824 ze stanowiska dyrektora Przemysłu z tytułem ministra, umiera w dwa lata później, pozostawiając znaczne zapisy na cele publiczne.

Działalność życiowa S t a s z i c a była wszechstronna. Zasługi jego jako męża stanu, znakomitego pisarza, ekonomisty i działacza społecznego doczekały się bardzo wielu wyczerpujących prac i studiów. S t a s z i c był przekonany, że Polska rozpoczęła już właściwą drogę wyjścia z feudalnego zacofania i że z pomocą nauki i pracy można będzie osiągnąć dalsze postępy. Szczególnie energicznie występuje on w obronie uciemżonych chłopów, pragnąc im zapewnić własność ziemską i wolność osobistą, czemu dał wyraz uwalniając w swych dobrach włościan z poddaństwa i oddając im ziemie we wspólne użytkowanie.

Przed wszystkim jednak S t a s z i c był zamiłowanym przyrodnikiem, który zagadnieniami przyrody zajmował się przez całe swe pracowite życie. Przebywając na studiach w Collège de France zawarł znajomość z B u f f o n e m, który wywarł bardzo silny wpływ na młodego adepta nauk przyrodniczych. Obcowanie z francuskim L i n n e u s z e m, jak współcześni nieraz nazywali B u f f o n a, odznaczającym się jasnym i przekonującym sposobem myślenia, znalazło swój wyraz w późniejszych pismach S t a s z i c a. Już podczas pobytu w Paryżu i wspólnych rozmów z B u f f o n e m powziął S t a s z i c myśl przełożenia na język polski jego *Epok Natury*. „Przełożyłem — pisze w przedmowie — na mój język i to pełne dowcipu dzieło dla ludzi kochających prawdę, umiejących i pragnących myśleć, dla których ciekawość stała się potrzebą“.

Epoki Natury stanowiły wstęp do ogromnej historii naturalnej napisanej przez B u f f o n a. W dziele tym przedstawił B u f f o n dzieje globu ziemskiego od chwili powstania materii we wszechświecie aż do zjawienia się człowieka. B u f f o n wyróżnił 7 epok: w pierwszej utworzyły się ziemia i planety, w drugiej ostygła ziemia, w trzeciej powstawały zbiorniki wód, w czwartej rozpoczęła się działalność wulkanów,

w piątej pojawiają się zwierzęta, w szóstej nastąpił podział lądów, w siódmej wreszcie zjawił się człowiek.

Chociaż dzisiaj wiele z danych zawartych w *Epokach Natury* nie tylko nie mogło utrzymać się w świetle nowszych badań, a niektóre nawet muszą budzić uśmiech dzisiejszego przyrodnika, nie należy zapomnieć, że po raz pierwszy może została w nich zebrana ogromna ilość spostrzeżeń przyrodniczych, które miały posłużyć dla wyprowadzenia wniosków obejmujących całość nauk przyrodniczych.

Tłumaczenie *Epok Natury* miało duże znaczenie dla rozwoju nauk przyrodniczych w Polsce. Z końcem bowiem XVIII wieku Polska nie posiadała niemal żadnych dzieł przyrodniczych i wyniki badań przeprowadzonych na zachodzie były w Polsce prawie zupełnie nie znane. Prócz prac R z ą c z y ń s k i e g o, Ł a d o w s k i e g o, L i s i k i e w i c z a i K l u k a nie było właściwie innych prac z zakresu przyrody.

Przekład *Epok Natury* był jedyną pracą przyrodniczą S t a s z i c a napisaną w czasie pobytu u ordynata Zamoyskiego. Dopiero w kilka lat po jego śmierci i dłuższym pobycie w Wiedniu i Warszawie rozpoczął S t a s z i c liczne podróże przyrodniczo-krajoznawcze po Polsce, które dały mu materiały do znakomitego i samodzielnie opracowanego dzieła *O ziemiorództwie Karpatów i innych gór i równin Polski*.

Pomysł napisania tego dzieła, które przyniosło mu największą sławę, musiał powstać już w drodze powrotnej ze studiów paryskich. Jak z autobiografii dowiadujemy się, nie we wszystkim przekonywały go poglądy B u f f o n a. „Następnie zwiedzanie gór Alp i Apenin“ — pisze Staszic — „gdym powracał do kraju, przekonało mnie, iż teoria epok jest dowcipną, ale z naturą niezgodną. To spostrzeżenie zwracało coraz więcej uwagę moją na rozpoznanie ziemiorództwa Karpatów. Zacząłem w tym zamiarze zbierać wszystkie uwagi geologiczne, tak w własnym kraju, jako też przy zwiedzaniu Włoch, Alp, Apenin, Wezuwiusza i Etny“.

Dzieło S t a s z i c a *O ziemiorództwie Karpatów i innych gór i równin Polski* ukazało się w druku w r. 1816 jako tom III zbiorowego wydania jego prac. Składa się ono z 12 rozdziałów, z których dziewięć ukazało się już poprzednio jako oddzielne rozprawy w rocznikach Towarzystwa Warszawskiego Przyjaciół Nauk; pierwsza z nich wydana została w r. 1805. Uzupełnieniem tego dzieła jest mapa geologiczna Polski, składająca się z czterech arkuszy: *Carta geologica totius Poloniae, Moldaviae, Transilvaniae et partis Hungariae et Valachiae*. Do dzieła jest dołączony atlas z profilem geologicznym Polski, panoramą Tatr, rysunkami skamieniałości roślinnych i kości zwierząt kopalnych, rysunkiem orla i kozicy, górala oraz tablicami statystyczno-górnictwymi.

Ziemiorództwo Karpatów jest samodzielną syntetyczną pracą, mającą na celu wyjaśnienie budowy ziem polskich, a opartą w przeważnej mierze na własnych spostrzeżeniach autora; zawarte opisy sięgają nieraz znacznie poza granice polityczne ziem polskich.

Punktem wyjścia omówienia stosunków geologicznych ziem polskich są u S t a s z i c a Karpaty, które — zgodnie z później ustalonymi poglądami — stanowią jeden system górski, ciągnący się od Preszburga aż do Żelaznej Bramy. Obszarowi karpackiemu poświęcił on najwięcej miej-

sca w swym dziele i ta część książki zawiera największą ilość samodzielnych obserwacyj i spostrzeżeń.

Stanisław S t a s z i c był pierwszym w Polsce, który na wycieczki w Karpaty i Tatry szedł uzbrojony w aparaty naukowe — termometry, barometry, hygrometry, kompas górniczy itp. Nie wahał się ponosić i trudów, a nawet niebezpieczeństw, zwiedzając nie tylko podnóże Tatr, Podhale, Orawę, Liptów i Spisz, lecz wdzierając się w same Tatry i zwiedzając Tatry Wysokie, Bielskie i Zachodnie. Wspinał się na szczyty, zdobywając wszystkie, które uważał za najwyższe, a mianowicie: Krywań, Kołowy Szczyt i Łomnicę, co udało się jego następcom dopiero w drugiej połowie XIX wieku. Tatry ówczesnie nie znane były nieomal zupełnie i otaczane legendą baśni. Autor *Ziemiorództwa* pierwszy dał nam ich opis przyrodniczy, wskazując na Tatry jako na teren badań przyrodniczych. Główną pobudką jego wypraw są cele naukowe, wszędzie mu jednak towarzyszy głębokie uczucie miłości ojczyzny. Gdy znajduje się na szczycie Łomnicy mówi: „Te na zachód i północ aż ku morzom rozlegające się równiny są moją ojczystą krainą. Po niej rozpościera się najeźdników gwałt. Ten mniemając usprawiedliwić się drugim gwałtem, usiłuje przeistoczyć cny naród i zniszczyć pamięć i imię Polaków”.

Na drugim miejscu po Karpatach znajduje się wyżyna śląsko-małopolska, gdzie S t a s z i c opisuje liczne kopalnie; następnie zajmuje się obszarami południowo-wschodnimi i niżem polskim z Pojezierzem Bałtyckim.

S t a s z i c jest dobrym obserwatorem. Obserwuje i notuje zmiany zachodzące na powierzchni badanych obszarów, przyznając odpowiednią rolę wietrzeniu skał. Ułatwia mu to znajomość mineralogii i petrografii. Opisując kopalnie polskie, jak i występujące w krajach sąsiednich, wylicza szczegółowo znajdujące się w nich minerały, podając ich skład chemiczny i uwzględniając prócz nazw polskich także niemieckie i francuskie. Wiele nowych i ciekawych spostrzeżeń notuje o bursztynie, wymieniając nie tylko obszary nadbałtyckie, lecz i wiele miejscowości w Polsce południowej. Opisując Tatry mówi nie tylko o przeważających granitach, wspomina również o pegmatach (które dopiero w 100 lat później doczekały się opracowania), zauważa w obszarze pienińskim obecność żwirów tatrzańskich.

W *Ziemiorództwie* nie brak myśli ogólniejszych, świadczących o bystrości obserwacji autora i niezależności jego sądów od opinii największych nawet ówczesnych powag przyrodniczych. Nie wierzy też w katastrofy, chociaż ich istnienie przyjmuje wielki C u v i e r. „W całym rozciągu Gór Karpackich” — pisze — „nie ma dowodu, aby ziemia tutaj była podpadała jakowym powszechnym zaburzeniom. Owszem wszędzie są oczywiste wykazy stałego porządku w działaniach natury. Są tylko miejscami znaki pewnych miejscowych przyczyn zmiany” — i dalej: „Wszystkie te wielkie natury czyny okazują, iż działy się powoli i spokojnie”. W ten sposób S t a s z i c staje się wyznawcą aktualizmu geologicznego, wypowiedzianego wyraźnie dopiero później przez angielskiego geologa L y e l l a.

Uzupełnienie *Ziemiorództwa* stanowi mapa geologiczna, podająca zarówno utwory geologiczne, jak i występowanie minerałów; również punk-

ty ze skamieniałościami roślinnymi i zwierzęcymi zostały na mapie zaznaczone. Po raz pierwszy został zestawiony profil geologiczny przez całą Polskę, a mianowicie od Koperszad w Tatrach przez Lanckoronę, Swoszowice, Łowicz, Płock aż do Elbląga i Bałtyku.

Zarówno wieloma nowymi obserwacjami, jak i syntetycznym ujęciem daleko przewyższa S t a s z i c swych poprzedników, którzy opisywali nieożywioną przyrodę Polski — G u e t t a r d a, C a r o s i e g o, F i c h t l a, H a c q u e t a i innych.

Stanisław S t a s z i c jest jednym z pierwszych fizjografów polskich. Rozumie on doskonale, że tylko pilne i staranne zbieranie wiadomości o przyrodzie kraju pozwoli rozszerzyć dotychczasowy zakres wiadomości. Nie mogąc odpowiedzieć na wiele zagadnień, które nasuwały mu się podczas przeprowadzanych obserwacji, zdaje on sobie doskonale sprawę, że byłby w lepszym położeniu, gdyby posiadał większą ilość obserwacji z czasów dawniejszych. Oto jego rozważania:

„To pewna, że morza dawniej wznosiły się wyżej, że opadały w pewnych czasach; że wody mórz nie były tem w początkach, czem są teraz“...

„Czyliż ta zmiana dzieje się dalej? Czyli jeszcze dalej zmieniają się morza, zmieniają wody, zmieniają się rośliny, zmieniają zwierzęta?... Czyli zmienia się i plemię ludzkie?“...

„Gdybyśmy mieli od pierwszych przodków naszych rzetelnie opisane wierzchy ziemi, iey skład wewnętrzny, gatunki roślin i zwierząt, wysokość gór; wysokość morza; głębokość iego, zboczenia i uchylenia igły magnesu; średnie stopnie ciepła i zimna każdej strefy; średnie stopnie ciepła i zimna w głębiach mórz wśród zimy i wśród lata“.

„Słusznie więc wszystkich uczonych jest życzeniem, by odtąd przynajmniej podobne wiadomości, z każdego kraju, zbierane były. Aby z największą pilnością były uważane; z największą dokładnością były oznaczone wszystkie te wielkie fenomena natury, o których niestałości, zmianianiu się, porozumienia słuszne“.

Stanisław S t a s z i c był przyrodnikiem wierzącym głęboko w poznawalność świata i bezpośrednio obserwacje oraz doświadczenia uważał za podstawę rozwoju nauk przyrodniczych. Był on również ewolucjonistą, czego dowodem są rozważania zamieszczone w *Ziemioródtwie*: „Zmieniały się ziemi naszej wierzchy, zmieniały się w koło niej płyny, zmieniały się na niej rośliny i zwierzęta. Co się działo od wieków, to dziać się będzie i dalej.

Jeszcze zmieniać się będzie jej wierzch, zmieniać się będą otaczające ją płyny; i zmieniać się będą na niej rośliny i zwierzęta“.

A w innym miejscu pisze jeszcze wyraźniej: „Przychodziła mi często myśl do zrozumienia trudna, że natura ma sposoby przeistaczania jednych istot w drugie, przerabiania materii martwej, niekształtnej w materię kształtną, w ciała roślinne, w ciała upostaczone, w ciała żywotne“ (tj. w zwierzęta).

Pisząc po polsku (po francusku bowiem ogłosił tylko krótką notatkę w czasopiśmie „Journal de Physique, de Chimie, d'Histoire naturelle et des Arts“ — o melanitach spod Tenczynka koło Krzeszowic: *Lettre de M. Stazis a J. C. Delametherie, Sur des Mélanites trouvées en Pologne*“) z konieczności musiał S t a s z i c tworzyć niejednokrotnie nowe wy-

rażenia przyrodnicze. Nie zawsze szczęśliwe były jego nowotwory językowe, nieraz też używał wyrazów, które w potocznej mowie miały inne utarte znaczenia, jak np. pomorski, powodowy, opławy, ościenny, zsepowy, głonny itp. Często też używa wyrazów zapomnianych lub tylko zrozumiałych w pewnych częściach kraju, np. nasokły, celcowy, liciny, porkury, rozkopczony itp. Zwłaszcza dla oznaczenia skał i minerałów oraz pojęć górniczych używa nierzadko wyrażen mało zrozumiałych, nieraz będących dosłownymi tłumaczeniami z języka francuskiego czy niemieckiego, np. manges oxydzony, srebrodawa, lazura promieniomienna, malakita itd. Obok tych jednak wyrażen, które utrudniają i dzisiaj jeszcze zrozumienie niektórych miejsc w tekstach *Staszica*, używa on wielu wyrażen bardzo udatnych, z których część pochodzi wprawdzie od autorów dawniejszych, część jednak została utworzona przez samego *Staszica* i przyjęła się w słownictwie geologicznym, jak np.: buły, błyszczce, głąz i szarogłąz, wapien, wapienniki, glina, ił, skała, krzemionka, piaskowiec, margiel, żelaziak, trzon, ławica, spong, strop, górotwory, lepiszcze opoka, warstwa, itd. Ze studiów nad językiem *Staszica* okazało się, że pragnął on wznówić wiele wyrazów staropolskich, dawno już zapomnianych, lub wyławiał je z języka ludu.

Za zasługi położone dla geologii polskiej uzyskał on przydomek „ojca geologii polskiej”. Niemniej jednak zwracał uwagę i na inne dziedziny przyrody. Od jego pomiarów głębokości i ciepłoty jezior tatrzańskich datują się pierwsze tego rodzaju badania w Polsce; w *Ziemioródtwie* daje również spostrzeżenia florystyczne i faunistyczne. W rozważaniach nad ginącymi zwierzętami staje się bliski nowoczesnej idei ochrony przyrody.

Do obcej literatury naukowej nazwisko *Staszica* dotarło tylko wyjątkowo, głównie z tego powodu, że praca jego została ogłoszona po polsku. Na cześć *Staszica* został nazwany staszycytem minerał znaleziony na Miedziance pod Kielcami i opisany przez J. Morozewicza.

Równoległe z zasługami dla geologii polskiej idą w parze jego zasługi około rozwoju górnictwa polskiego, jakie położył na stanowisku gen. dyrektora Wydziału Przemysłu i Kunsztów w Komisji Spraw Wewnętrznych. Z jego to inicjatywy rozpoczęte zostały badawcze poszukiwania za solą w Szczerbakowie i w okolicach Dobrzynia. Jego również zasługą było sprowadzenie znakomitego górnika Jerzego Bogumiła *Pusch*a do Szkoły i Dyrekcji Górniczej w Kielcach; tamtejsza Szkoła Górnicza powstała także z inicjatywy *Staszica*. O znacznym podniesieniu się górnictwa za czasów ośmioletniego urzędowania *Staszica* świadczą liczby zawarte w sprawozdaniach o rządowym górnictwie Królestwa. Gdy w r. 1816 było 9 rządowych kopalń żelaza, 3 wielkie piece, 2 kopalnie miedzi i 2 kopalnie węgla — w r. 1824 ilości te zwiększyły się parokrotnie: kopalń żelaza było 37, wielkich pieców 9, kopalń miedzi 3, kopalń ołowiu 6, kopalń cynku 7, 1 kopalnia glinki ogniowej, 3 kopalnie węgla kamiennego i kopalnia węgla brunatnego. Gdy przy obejmowaniu przez *Staszica* stanowiska dyrektora Wydziału Przemysłu i Kunsztu produkcja węgla wynosiła 20 000 korcy, przy ustępowaniu jego z tego stanowiska zwiększyła się 25-krotnie.

Stanisław S t a s z i c zawsze żywo interesował się prowadzonymi badaniami geologiczno-górnictwymi, wierząc w występowanie na ziemiach polskich surowców mineralnych. Z jego inicjatywy wybito w r. 1817 ze srebra otrzymanego z rud krajowych medal pamiątkowy na cześć polskiego górnictwa z napisem „I kruszczem Polski zajaśniało słońce“. Rozumie on dobrze, że niezależność gospodarcza związana jest przede wszystkim z rozwojem przemysłu, osiągając wielkie sukcesy i na tym polu. „Przyrodzenie obficie kraj nasz obdarzyło — pisał — Mamy rozległe góry miedzi, ołowiu, cynku, srebra, mamy niezmierne kopalnie żelaza, tryszczące po naszej ziemi niezmierne źródła wód mineralnych; znajdują się różnego gatunku sole, wody słone, porkury, czyli bitumina, siarki i nieprzebrane kopalnie ziemnych węgla ... przecież dotąd z zagranicy kupujemy wszystkie naczynia żelazne rolnicze, wszystkie stalowe sprzęty potrzeby, wygody i zbytku. Nawet i ten oręż do oswobodzenia, do obrony tak nam drogich, tak ukochanych naszych ojców ziemi, mamy tylko z cudzej ręki, chociaż dobroczynna natura, jak męstwo naszym sercom, tak wszystko, co męstwu potrzeba, szczerze dała naszej ziemi“. Wielkie zasługi Stanisława S t a s z i c a na polu nauk o ziemi można porównać z osiągnięciami Jędrzeja Ś n i a d e c k i e g o w nauce o życiu.

Wiele rozważań poświęca S t a s z i c zagadnieniom poznania przyrody, podkreślając zasadnicze znaczenie doświadczenia i dając podstawy poznania empirycznego i racjonalnego.

S t a s z i c uważał, że praca naukowa nie powinna ograniczać się do badań fragmentarycznych i specjalnych, lecz winna przede wszystkim zajmować się zagadnieniami podstawowymi, dążąc do ujęć syntetycznych. „Jeżeli po uczynieniu wielu doświadczeń — po zebraniu licznych uwag, po zaznaniu różnych pewnego ciała własności etc. nie umiemy ich między sobą porównać i upowszechnić, jeżeli nie potrafimy znaleźć jasnego ich z sobą stosunku nie będziemy mieli wiadomości pewnej i nie poznamy tylko prawdę podobieństwo mającą“.

S t a s z i c zdawał sobie sprawę z ważności powiązania nauki z praktyką, jak to wynika z przemówienia na zebraniu Warszawskiego Towarzystwa Przyjaciół Nauk w r. 1817, w którym oświadczył, że „Umiejętności dopotąd są jeszcze próżnym wynalazkiem, może czechem tylko rozumowi wywodem, albo próżniactwa zabawą, dopokąd nie są zastosowane do użytku narodów. I uczeni potąd nie odpowiadają swemu powołaniu, swemu w towarzystwach ludzkich przeznaczeniu ...dopokąd ich umiejętności nie nadają fabrykom, rękodzielom oświecenia, ułatwień, kierunku, postępu...“.

O niezmordowanej pracowitości i żywotności Stanisława S t a s z i c a świadczy niedawno odkryty raport, złożony przez niego Radzie Administracyjnej Królestwa Kongresowego i namiestnikowi w r. 1825. Raport powyższy zatytułowany *Uwagi przy objeździe dróg, rzek i fabryk w r. 1825 w miesiącu wrześniu* był sprawozdaniem z podróży na obszarze między Wisłą a Częstochową i między Kaliszem a Sochaczewem, i relacją z odbytej wizytacji włókienniczych centrów przemysłowych. Raport opracowany przez 70-letniego już ministra stanu, obejmował nie tylko przemysł zlustrowanych przez niego okolic, lecz i środki komunikacyjne.

Jak sam pisze w swym *Krótkim rysie życia mego* — od młodości starał się znaleźć przyczyny, które sprawiły, że „towarzystwa ludzkie zboczyły z drogi szczęścia”. Wynikiem tych dociekań stał się *Ród ludzki*, pisany z przerwami przez lat 40. „Ten najgłębszy z utworów *S t a s z i c a*” — jak pisze B. S u c h o d o l s k i — „zawiera potężny ładunek radykalnej ideologii, demaskującej antagonistyczny charakter społeczeństwa feudalnego, ukazującej drogę historycznego postępu, która prowadziła przez walkę uciskanych z ich ciemieczkami. Zdobyta w walce o reformy ustrojowe w Polsce stanisławowskiej wiedzę o społeczeństwie przenosił *S t a s z i c* w swej wielkiej syntezie na rozwój całej ludzkości, ukazując ten rozwój jako walkę społeczną o wyzwolenie mas”.

Zdając sobie sprawę z wielkiej jedności świata, stałości praw, które nim rządzą i nieustającymi procesami dokonywających się przemian, dążył *S t a s z i c* do poznania prawidłowości rozwoju dziejowego ludzkości. Słuszny jest niewątpliwie pogląd, że dał on pierwszą w Polsce w pełni nowożytną koncepcję świata i życia społecznego.

W 200 rocznicę urodzin Stanisława *S t a s z i c a* Polska Akademia Nauk, mająca do niedawna swą siedzibę w Pałacu Staszica, ofiarowanym przed stu kilkudziesięciu laty Towarzystwu Warszawskiemu Przyjaciół Nauk, zorganizowała sesję naukową poświęconą działalności Wielkiego Polaka, który naukowymi i społecznymi poglądami znacznie wyprzedził współczesną sobie epokę.

O DONIOSŁYM ZNACZENIU JONÓW W KATALIZIE

Aktywność katalityczna różnych jonów jest znana od dawna. Dotyczy to przede wszystkim jonów wodorowych, działających katalitycznie np. w reakcji esteryfikacji oraz w inwersji niektórych cukrów złożonych. Wśród jonów ciężkich metali wyróżniają się Fe^{+++} i Cu^{++} katalizujące m. in. rozkład H_2O_2 . Gdy jednak przypatrzeć się bliżej tym ostatnim, okazuje się, że nie samym jonom, lecz raczej produktom hydrolizy odnośnych soli należy przypisać działanie katalityczne. Produkty hydrolizy, o których mowa, mogą obejmować sole zasadowe, jak $\text{HO}-\text{Fe}=\text{SO}_4$, będące w posiadaniu czynnych grup OH z aktywnymi (zdeformowanymi, rodnikopodobnymi) atomami wodoru, mogącymi zainicjować nieprzerwany łańcuch reakcji katalitycznej. Jeżeli natomiast do hydrolizy nie dopuścić, zakwaszając w tym celu wspomnianą sól żelazową, wówczas katalityczny rozkład H_2O_2 pod wpływem Fe^{+++} nie zachodzi. W ogólności istnieje wiele jonów metali ciężkich, nieczynnych w układach redukcji-oksydacyjnych (a). Do nich należą również Mn^{++} , Co^{++} i Ni^{++} , a to dlatego, że sole ich w roztworach wodnych w nieznacznym tylko stopniu ulegają hydrolizie. Niemniej jednak wiadomo jest, że jony metali ciężkich zajmują wyróżnioną pozycję jako bardzo sprawne katalizatory w ustrojach żywych oraz w postaci mikronawozów (b). Ponieważ i w tych przypadkach chodzi przeważnie o katalizatory redukcji-oksydacyjne z udziałem ciężkich metali, powstaje słuszne pytanie, jak tłumaczyć tę jaskrawą sprzeczność między (a) i (b), która na pierwszy rzut oka wydaje się być niepokonana. Odpowiedź na to pytanie nie sprawia obecnie już żadnych trudności, a to dzięki bogatemu materiałowi eksperymentalnemu uzyskanemu w wyniku długoletnich badań prowadzonych w Zakładzie Chemii Nieorganicznej UP. Stwierdzono na licznych przykładach, że zasadniczo każdy pierwiastek (jon) może być czynny, o ile włączyć go w razie potrzeby do odpowiedniego kolektywu jonowego i ułożyć na odpowiednim nośniku, który w najlepszej swej formie powinien być koloidalny. Sprawa ta w szczególności została naświetlona w rozprawie autora pt. *Socjologia pierwiastków chemicznych*¹.

1. FERMENTY NIEORGANICZNE

W ten sposób stworzono prawdziwe modele fermentów nieorganicznych, nie odbiegające w swej konstrukcji od enzymów naturalnych, ponieważ nośnik należy uważać za apoferment, podczas gdy zaabsorbowany

¹ A. Krause, „Bull. Soc. des amis Sc. Lettres de Poznań B, 12, 43 (1953).

na nim jon spełnia zadanie czynnej grupy prostetycznej. Jest rzeczą znaną, że aktywność tych nieorganicznych fermentów złożeń przewyższa o kilka rzędów wielkości słynne ongiś fermenty nieorganiczne Brediga, stosowane w postaci prostych substancji o rozdrobnieniu koloidalnym (np. koloidalna platyna w rozkładzie H_2O_2).

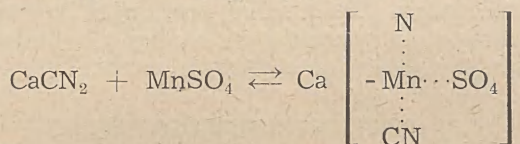
2. SUPERFERMENTY NIEORGANICZNE

Wśród naszych modeli fermentów znaleźliśmy w wyniku systematycznych badań nawet takie, które w swym działaniu katalitycznym prześcignęły naturalny enzym katalazę. Jak wiadomo, enzym ten rozkłada w 1 sekundzie 12 500 moli H_2O_2 w 0° , licząc na 1 gramoatom zawartego w nim żelaza, natomiast 1 gramoatom Fe naszego superfermentu — 16 500 moli w 37° w tym samym czasie. Aktywność żelaza w ilości 10^{-9} g Fe^{+++} w 0,7 mg katalizatora w rozcieńczeniu 1 : 300 miliardów zaznacza się w tym przypadku jedynie wtedy, gdy ten ślad żelaza znajduje się na odpowiednim nośniku, składającym się z wodorotlenku miedziowego i kobaltowego. Z osobna, tzn. bez nośnika, owe ślady żelaza są zupełnie nieczynne w rozkładzie H_2O_2 w 37° . Podobną nieprzeciętną aktywność stwierdzono również u jonów Mn^{++} , o ile ułożone (adsorbowane) są na powierzchni azotniaku jako nośnika. Doświadczenie to jest bardzo przekonujące i nadaje się szczególnie do zadań laboratoryjnych na temat katalizatorów złożonych i jako pokaz wykładowy pozostawiający trwałe wrażenie u obserwatora. Azotniak (1 mg) nie rozkłada bowiem H_2O_2 w ciągu kilku minut, podobnie zachowuje się sól manganawa (5 mg Mn^{++}). Natomiast azotniak wraz z jonami Mn^{++} wywołuje burzliwy rozkład wody utlenionej w temperaturze pokojowej i to do tego stopnia, że miano $0,2$ n H_2O_2 (100 ml) w przeciągu dwóch minut spada do zera. Działanie aktywujące jonów Mn^{++} jest tak silne, że jeszcze 10^{-8} g Mn^{++} w rozcieńczeniu 1 : 15 miliardów wpływa dostrzegalnie na rozkład H_2O_2 (stężenie graniczne jonów Mn^{++}).

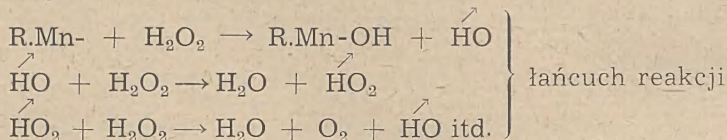
3. STRUKTURA RODNIKOWA KATALIZATORÓW

Należy się zastanowić, na czym polega ta niebywała aktywność tych jonów. Jest rzeczą pewną, że Mn^{++} ulega adsorpcji na powierzchni azotniaku. W dalszym ciągu należy się liczyć z wymianą chemiczną z uwagi na to, że cyjanamidek wapnia (azotniak) jest zdolny tworzyć związki kompleksowe z takim właśnie pierwiastkiem kompleksotwórczym, jakim jest mangan. Odnosny związek kompleksowy, a raczej zaczątek jego, powstaje w ilościach śladowych na powierzchni katalizatora, często w warstwie jednomolekularnej. Budowa jego wykazuje zatem błędy strukturalne, co w sposób najprostszy można wyrazić pisząc jego strukturę rodnikową, która jest konkretnym wyrazem miejsc aktywnych Taylora na powierzchni katalizatora lub multipletów Balandina. Według opinii autora niniejszego artykułu dobry katalizator jako aktywna faza przejściowa bywa najczęściej związkiem kompleksowym wadliwie zorganizowanym i ma strukturę rodnikową. Przy sposobności należy wspomnieć, że na podstawie struktury rodnikowej katalizatora udało się wyjaśnić mechanizm wielu procesów katalitycznych o znaczeniu technologicznym.

nym. W przypadku wyżej wymienionego katalizatora azotniak/ Mn^{++} struktura rodnikowa tego ostatniego wynika z następującego równania:



Rodnik R.Mn- może następnie zainicjować nieprzerwany łańcuch reakcji katalitycznej



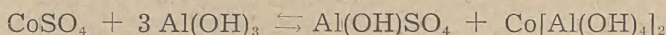
4. DWULICOWOŚĆ KATALITYCZNA

Jest rzeczą ciekawą, że jony Mn^{++} (na azotniaku) nie tylko mogą objawiać działanie aktywujące, lecz również działanie hamujące, a więc dwulicowość katalityczną w rozkładzie H_2O_2 , co zależne jest od ich stężenia. Poniżej tzw. stężenia granicznego Mn^{++} (patrz wyżej) nie zaznacza się, jak to przeważnie bywa u innych mikroelementów, zupełna jego bierność, lecz stwierdza się wpływ hamujący śladów manganu, który trwa aż do stężenia $10^{-15}g$ Mn^{++} w rozcienczeniu trylionowym. Dopiero poniżej tego stężenia konstatuje się bierność tego pierwiastka. Z uwagi na możliwość wykrywania takich mikrośladów, metoda katalityczna wyróżnia się niewątpliwie jako najczulsza metoda badawcza. Liczba $10^{-15}g$ Mn^{++} jest pewnego rodzaju unikatem i nie jest nawet spotykana u biokatalizatorów. Gdy przeliczyć ją na liczbę atomów manganu, nie wychodzi więcej niż około 100 milionów. Ponieważ wspomniane mikroślady wpływają na stan aktywności powierzchni, a jednocześnie nie są wykrywalne za pomocą współczesnych metod mikroanalizy, przeto chemia i fizyka ciała stałego stoją w obliczu nowych zagadnień niełatwych do rozwiązania. Dwulicowość katalityczną jonów należy uważać za zjawisko dość pospolite, którym mogą się interesować nie tylko chemicy i fizycy, lecz również przedstawiciele innych dyscyplin naukowych, jak rolnicy, biolodzy, a w szczególności lekarze. Przy sposobności pragnąłbym wspomnieć o innym jeszcze przykładzie dwulicowości. Przykład ten mający znaczenie wybitnie praktyczne dotyczy reakcji katalitycznego utlenienia arszeniku tlenem powietrza w środowisku alkalicznym w obecności $Cu(OH)_2$ jako katalizatora. W tym przypadku jony Ca^{++} wykazują wpływ wielolicyowy: w zależności od stężenia działanie ich może być przyspieszające lub hamujące a także bierne.

5. SPECYFICZNOŚĆ I SELEKTYWNOŚĆ JONÓW

Wracając do wyżej opisanego katalizatora: azotniak/ Mn^{++} , należy zaznaczyć, że jon Mn^{++} można z powodzeniem zastąpić jonem Co^{++} , gdy chodzi o działanie aktywujące w rozkładzie H_2O_2 . Jon Co^{++} różni się jednak od Mn^{++} tym, że nie wykazuje omawianej w poprzednim rozdziale

dwulicowości. Na przykładzie jonu Co^{++} , który należy do najczynniejszych mikroelementów w układach redukcyjno-oksydacyjnych w ogólności, można wyjaśnić specyficzność i selektywność jonów w reakcjach katalitycznych, uwzględniając przy tym również wybitną i indywidualną rolę nośnika, spełniającego zadania tzw. apofermentu, którym w przypadku enzymów naturalnych jest białko specyficzne. Otóż jon Co^{++} na nośniku $\text{Mg}(\text{OH})_2$ jest czynny w rozkładzie H_2O_2 podobnie więc jak w łączności z azotniakiem. Gdy zamiast $\text{Mg}(\text{OH})_2$ użyć $\text{Al}(\text{OH})_3$ jako nośnika, stwierdza się nieczynność jonów Co^{++} w rozkładzie H_2O_2 . W zamian tego zaznacza się wybitną aktywność peroksydatywna tych ostatnich, wyrażająca się zdolnością przenoszenia tlenu wody utlenionej na różne substraty organiczne, ulegające w tych warunkach utlenieniu. Katalizator $\text{Al}(\text{OH})_3/\text{Co}^{++}$ wpływa zatem na zwiększenie potencjału tlenowego wody utlenionej, wywołując w rezultacie bardzo prędkie odbarwienie, (utlenienie, odwodorowanie) indygokarminu w 37° w obecności H_2O_2 , choć barwnik ten jest stosunkowo trwały w tymże środowisku na okres dłuższego czasu, o ile brak właściwego katalizatora. Stwierdzono, że nawet takie ślady jak 10^{-7} g Co^{++} (w łączności z $\text{Al}(\text{OH})_3$) w rozcieńczeniu 1:600 milionów wpływają jeszcze dostrzegalnie na szybkość odbarwienia, mimo że sam $\text{Al}(\text{OH})_3$ raczej hamuje tę reakcję, a Co^{++} za osobna właściwie jest bierny. Ponieważ jony $\text{Co}^{++} + \text{Al}^{+++}$ (tzn. mieszany roztwór soli kobaltowej i glinowej) również nie wykazują czynności katalitycznej, staje się jasne, że katalizator $\text{Al}(\text{OH})_3/\text{Co}^{++}$ działa w układzie niejednorodnym. Dzieje się to dlatego, że jony Co^{++} (sól kobaltawa) ulegają na powierzchni $\text{Al}(\text{OH})_3$ sorpcji, a następnie wymianie chemicznej, przy czym należy się liczyć z ogólnym „przetasowaniem” elektronów z uwagi na to, że w wyniku reakcji chemicznej



powstaje ząbatek związku kompleksowego, którego sieć przestrzenna nie jest jednak w pełni zorganizowana i z tej racji, jako aktywna faza przejściowa posiada strukturę rodnikową pozwalającą na wyprowadzenie łańcucha reakcji katalitycznej podobnie jak w przypadku rodnikowego katalizatora: azotniak/ Mn^{++} .

6. STĘŻENIE JONÓW NA NOŚNIKU I LICZBA MIEJSC AKTYWNYCH NA JEGO POWIERZCHNI

Badania nasze nad katalizatorem $\text{Al}(\text{OH})_3/\text{Co}^{++}$ ujawniły jeszcze jeden znamieny fakt, mianowicie, że z większą ilością nośnika wzrasta aktywność stałego stężenia jonów Co^{++} (1 mg) zaadsorbowanych na jego powierzchni. Ten dodatni wpływ „rozcieńczania” określonej ilości jonów Co^{++} na zwiększonej powierzchni nośnika znajduje swe wytłumaczenie w tym, że liczba miejsc aktywnych na powierzchni $\text{Al}(\text{OH})_3$ jest bardzo mała, tak że łatwo wywołać pewne „przesycenie” jonami Co^{++} . Względny nadmiar tych ostatnich wywołuje zablokowanie miejsc aktywnych wskutek tworzenia bardziej złożonych związków kompleksowych stosunkowo trwałych i mało aktywnych. Badania nasze w tym zakresie dotyczą utleniania indygokarminu wodą utlenioną w 37° , o czym informuje tabl. 1.

Tablica 1.

Katalityczne utlenienie (odbarwienie) indygokarminu w 37° w obecności katalizatora $\text{Al}(\text{OH})_3/\text{Co}^{++}$ zawierającego 1 mg Co^{++} i zmienne ilości powietrznie suchego $\text{Al}(\text{OH})_3$, podane niżej. 10 ml roztworu indygokarminu (= 3,3 mg barwnika) + 50 ml H_2O_2 , 0,6%-owego.

Ilość $\text{Al}(\text{OH})_3$ (nośnika) w g	Czas odbarwienia w min.
0,001	270
0,01	130
0,05	25
0,10	12
0,50	5
1,00	4
4,00	2

W świetle powyższych doświadczeń zarysowuje się możliwość oznaczenia liczby miejsc aktywnych na powierzchni nośnika, co należy uważać za jedno z najbardziej aktualnych zagadnień w nauce o katalizatorach. Odnośne badania są w toku.

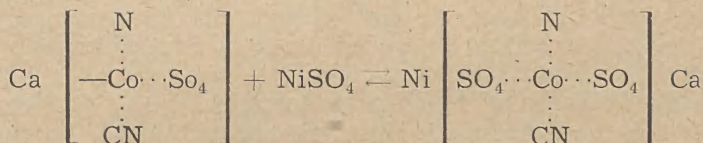
7. UDZIAŁ JONÓW W PRZENOSZENIU TLENU POWIETRZA

Przegląd powyższych faktów oświeśla niewątpliwie doniosłą rolę jonów w zjawiskach katalitycznych w ogólności, które nie tylko występują na naszych modelach katalizatorów złożonych, lecz mogą mieć podobne znaczenie zarówno w przyrodzie martwej, jak i ożywionej. Jednym z takich przykładów jest gleba, w której przeróżne jony osadzone na najrozmaitszych substancjach nośnikowych gleby mogą sprawować swą czynność katalityczną.

W tym zestawieniu jony mogą mieć pierwszorzędne znaczenie w ogólnej gospodarce tlenowej w przyrodzie, tym bardziej że wśród naszych układów modelowych znaleźliśmy i takie, które są przenośnikami cząsteczki tlenu, znanej jako stosunkowo biernej w temperaturach umiarkowanych. Rzecz jasna, że tego rodzaju katalizatory interesują również technologów z uwagi na to, że w znanych oksydacyjnych procesach katalitycznych aktywowanie tlenu powietrza następuje dopiero powyżej 400°. Katalizator nasz, składający się z azotniaku wraz z jonami $\text{Mg}^{++} + \text{Pb}^{++} + \text{Mn}^{++}$, działa w utlenieniu indygokarminu tlenem powietrza już w 37°, co należy zanotować jako fakt dość wyjątkowy i godny uwagi. Przykład ten oświeśla ponownie doniosłe znaczenie jonów w katalizie, których utajone zdolności w tym zakresie ujawniają się w pełni na odpowiednim nośniku, stanowiącym dla nich teren bardzo podatny, nadający im równocześnie własności specyficzne i selektywne. Przy sposobności należy zwrócić uwagę na fakt, że w różnych kombinacjach nośnika i jonów kryją się nieograniczone wprost możliwości, zwłaszcza przy większej liczbie partnerów jonowych.

8. KATALITYCZNY ANTAGONIZM JONOWY

Już w przypadku dwóch rodzajów jonów ulokowanych na nośniku mogą zaistnieć komplikacje, ponieważ $\text{jon}_1 + \text{jon}_2$ niekoniecznie muszą się adytywnie lub superadytywnie nasilać w swym działaniu, co np. następuje w przypadku katalizatora $\text{Mg}(\text{OH})_2/\text{Ag}^+/\text{Mn}^{++}/\text{Co}^{++}$ lub $\text{Sm}(\text{OH})_3/\text{Cu}^{++}/\text{Mg}^{++}$, zbadanych w rozkładzie H_2O_2 przez W. W o l s k i e g o w tutejszym Zakładzie. Stwierdzono, że działanie jonu₁ + jonu₂ na nośniku może być niekiedy wręcz przeciwne. Wówczas występuje tzw. antagonizm jonowy, który został bliżej naświetlony w osobnej rozprawie autora niniejszego artykułu na ten temat², wobec czego ograniczam się w tym miejscu do jednego charakterystycznego przykładu. Jak już wzmiankowano, jon Co^{++} jest bardzo aktywny na azotniaku jako nośniku. Podobnie działa, choć w mniejszym stopniu, jon Ni^{++} w tym układzie na rozkład H_2O_2 w 37°. Wspólnie jednak ulokowane na azotniaku jony te wywołują depresję wspomnianej reakcji katalitycznej. W tłumaczeniu katalitycznego antagonizmu należy uwzględnić przede wszystkim zdolność kompleksotwórczą obydwóch jonów, która u kobaltu jest bezwarunkowo większa. Ten ostatni wyprzedzając nikiel zajmuje wszystkie pozycje kompleksu dla siebie, do którego jony Ni^{++} mogą wejść jedynie dodatkowo wywołując tym samym zablokowanie miejsc aktywnych, czyli poprzednich rodników.



9. JONY JAKO STABILIZATORY SIECI PRZESTRZENNEJ

Powyższy przykład zablokowania rodników przez odpowiednie jony może służyć jako sprawdzian eksperymentalny w celu znalezienia i stwierdzenia stabilizatorów sieci przestrzennej. Sieć przestrzenna ciała stałego wykazuje z reguły na powierzchni błędy strukturalne, czyli rodniki. Są to tzw. „miejsca słabe”, które dla zabezpieczenia trwałości powierzchni należy zlikwidować. Do tego nadają się takie jony, które tworzą trwałe i nierodnikowe związki kompleksowe, co można stwierdzić na drodze katalitycznej. Badania nasze wykazały, że np. CdS stabilizowany jest przez jony PO_4^{-3} lub AsO_4^{-3} . Dla siarczku antymonu nadają się w tym celu jony $\text{Cu}^{++} + \text{Fe}^{+++}$, przy czym podana kolejność dodawania ich do Sb_2S_3 jest korzystniejsza aniżeli odwrotna.

10. UTAJONE BŁĘDY STRUKTURALNE SIECI PRZESTRZENNEJ

Nie wszystkie jony nadają się oczywiście do stabilizacji. Istnieją takie, które działają wręcz przeciwnie, nasilając mianowicie miejsca aktywne, czyli rodniki na powierzchni ciała stałego zwiększając jej aktywność katalityczną w sposób niewspółmierny. Na tej drodze można ujawnić nawet utajone błędy strukturalne, niewykrywalne za pomocą konwencjo-

² A. K r a u s e, „Roczniki Chem.” 27, 9 (1953)

nalnych fizykochemicznych metod pomiarowych. W toku tych badań stwierdzono, że $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ prażony w 600° ma jeszcze pewną aktywność w rozkładzie H_2O_2 w 37° , natomiast preparat prażony w 700° już nie jest czynny, co wskazywałoby na zanik miejsc aktywnych. W rzeczywistości jednak tak nie jest, ponieważ po zaadsorbowaniu jonu Cu^{++} (1 mg) na wspomnianym $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ (0,1 g) ten ostatni zwiększa aktywność jonu Cu^{++} , co dopiero zanika u $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$ prażonego w 800° . W sposób podobny, mianowicie za pośrednictwem jonu Co^{++} , udało się nam wykazać, że $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ prażony w 1100° nie jest pozbawiony utajonych błędów strukturalnych, czyli rodników.

11. MUTACJA KATALITYCZNA

Mutacja katalityczna jest jednym z najciekawszych zjawisk w dziedzinie katalizy, odkrytych w roku 1951 w tutejszym Zakładzie. Mutacja występuje wtedy, gdy na nośniku ułożyć co najmniej dwa rodzaje jonów. Oczywiście, nie ma to miejsca we wszystkich tego rodzaju układach. W niektórych jednak przypadkach stwierdza się, że katalizator podstawowy (lub nośnik) $\text{K} + \text{jon}_1 + \text{jon}_2$ działa katalitycznie odmiennie niż $\text{K} + \text{jon}_2 + \text{jon}_1$. Gdy ułożyć trzy rodzaje jonów na powierzchni K, liczba możliwych kombinacji (mutacji) wynosi aż 6, a niewspółmiernie wzrasta w wypadku dalszego zwiększenia liczby rodzaju jonów. Odmienna kolejność dodawania jonów wpływa niewątpliwie na skład powstałych związków kompleksowych, które mogą być bardzo skomplikowane i tworzyć nawet superkompleksy. Może się zdarzyć, że pierwszy z dodanych jonów (jon_1) wejdzie do kompleksu, drugi w kolejności (jon_2) pozostanie na zewnątrz kompleksu. Rzecz może się mieć odwrotnie, gdy kolejność jonów będzie inna, mianowicie $\text{jon}_2 + \text{jon}_1$. Gdy ilość partnerów jonowych wzrasta, liczba takich izomerii może się stać duża, co wykrywa się na drodze katalitycznej ze względu na to, że poszczególne związki izomeryczne, nie ustępujące pod względem liczebności przeróżnym izomeriom ciał białkowych, wykazują różną aktywność katalityczną. Staje się to zrozumiałe, gdy przypomnieć, że np. żelazo w kompleksie i poza kompleksem zachowuje się nawet chemicznie inaczej. Tak np. Fe^{+++} związane kompleksowo ulega redukcji pod wpływem H_2O_2 , podczas gdy w przypadku jonu żelaza niekompleksowego rzecz ma się przeciwnie. To samo dotyczy również jonów Cu^{++} i Cu^+ . Sprawy te jeszcze bardziej komplikują się w przypadku powstawania superkompleksów. Biorąc za przykład szablonowy i stosunkowo prosty związek tego rodzaju, mianowicie żelazocyjanek cynku, którego wzór nie należy pisać $\text{Zn}_2[\text{Fe}(\text{CN})_6]$, lecz $\text{Zn}[\text{Zn}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]_2]$, można rozwinąć na tym modelu najrozmaitsze kombinacje przy podstawieniu Zn oraz Fe innymi metalami, co dla zrozumienia mutacji katalitycznej w świetle wyżej dyskutowanych związków kompleksowych może mieć pewne znaczenie.

12. ASPEKTY PRAKTYCZNE

Mutację katalityczną należy uważać za bardzo cenne narzędzie pracy, gdyż tym sposobem można odróżnić na drodze katalitycznej substancje stałe nawet pozornie do siebie podobne. Jedną z ostatnich rozpraw z tutejszego Zakładu dotyczy charakterystyki różnych wodorotlenków glinu

na podstawie mutacji katalitycznej. W podobny sposób odróżniono kwasy α - i β -cynowy, przy czym korzystano z kolektywu jonowego $\text{Cu}^{++} + \text{Fe}^{+++} + [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{-4}$ umieszczonego na żelach tych kwasów. Sam kolektyw jonowy rozkłada H_2O_2 w 37°. Obecność żelów wpływa opóźniając na szybkość reakcji rozkładu, z tym, że kwas α -cynowy silniej hamuje niż kwas β -cynowy. W jednym przypadku jednak, mianowicie przy stosowaniu kolejności: żel + $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{-4} + \text{Fe}^{+++} + \text{Cu}^{++}$, znaleziono charakterystyczną różnicę. Kwas β -cynowy działał aktywująco, kwas α -cynowy zaś zaznaczał swą czynność hamującą w powyższym układzie, o czym informuje tabl. 2. W tablicy tej podany jest najkorzystniejszy i najmniej korzystny wariant stosowanych mutacji.

Tablica 2.

Kwas α - lub β -cynowy (= 0,05 g SnO_2) + 300 ml 0,2 n H_2O_2 + jony Cu^{++} (= 1 mg CuO) + Fe^{+++} (= 1 mg Fe_2O_3) + $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ (1 mg). Kolejność dodawania jonów do nośnika (mutacja) jak niżej. Temp. 37°. Liczby podane w tablicy oznaczają ilość (w ml) zużytego do miareczkowania 0,1 n KMnO_4 na 10 ml roztworu.

Czas w min.	$\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{Fe}^{+++} + \text{Cu}^{++}$			$\text{Cu}^{++} + \text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6] + \text{Fe}^{+++}$			H_2O_2 bez katalizatora
	+ α	+ β	—	+ α	+ β	—	
0	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,8	19,9
60	19,3	19,2	19,2	19,7	18,4	17,5	.
120	18,9	17,8	18,4	19,6	17,3	16,1	.
180	18,7	16,2	17,8	19,5	16,5	15,3	.
240	18,6	15,3	17,1	19,5	15,3	14,2	.
300	18,5	14,1	16,6	19,4	14,4	13,3	.
360	16,7	5,6	10,4	18,9	8,7	5,3	19,8

Silniejsze działanie hamujące kwasu α -cynowego w porównaniu z kwasem β -cynowym (patrz wyżej) znajduje swe wytłumaczenie zapewne w tym, że powierzchnia żelu kwasu α jest większa niż kwasu β . Gdy jednak badano zespół jonów $\text{Ni}^{++} + \text{Co}^{++}$, zaadsorbowanych na żelach obydwu kwasów, w reakcji peroksydatywnego odbarwienia indygoкармину, stwierdzono, że nośnikiem wpływającym specjalnie dodatnio na przyspieszenie odbarwienia jest kwas α -cynowy, co odbiega od dotychczasowych reguł. Fakt ten wskazuje na to, że na aktywność katalizatorów złożonych wpływa nie tylko wielkość samej powierzchni nośnika, lecz również indywidualne elementy submikrostrukturalne w postaci aktywnych (rodnikowych) związków kompleksowych powstałych wtórnie pod wpływem odpowiednich jonów w miejscach aktywnych na powierzchni żelów kwasów cynowych.

Powyższe przykłady dowodzą, że za pomocą jonów można określić tożsamość różnych substancji stałych na tle katalizy, w czym nie tylko rozkład H_2O_2 , lecz również reakcje utlenienia kwasu mrówkowego, benzydyny lub indygoкармину nadtlaniem wodoru oddawały cenne usługi. Niekoniecznie trzeba zawsze w tym celu stosować opisaną mutację katali-

tyczną. Niekiedy wystarczy ułożyć jeden jon lub dwa rodzaje jonów na badanej substancji, która może być zarówno nieorganiczna jak i organiczna. Zawsze można znaleźć odpowiedni jon lub kolektyw jonów, który w sposób indywidualny potrafi odtworzyć subtelne różnice błędów strukturalnych znajdujących się na powierzchni ciała stałego. W ten sposób badano i odróżniano wiele substancji nieorganicznych i organicznych pozornie do siebie podobnych, jak różne CaCO_3 , MnO_2 , żelaziny srebra, węgiel, koks, drewna, papier, mąki, białka i wiele innych. Ostatnio bada się w tutejszym Zakładzie katalizatory przemysłowe różnego typu w celu opracowania metody szybkościowej dla oceny katalizatora przed oddaniem go do ruchu. Z zestawienia tego wynika, że jony w zjawiskach katalitycznych mają naprawdę doniosłe znaczenie, tym bardziej że badania wyżej opisane mają wyraźne aspekty praktyczne.

Józef Szaflarski

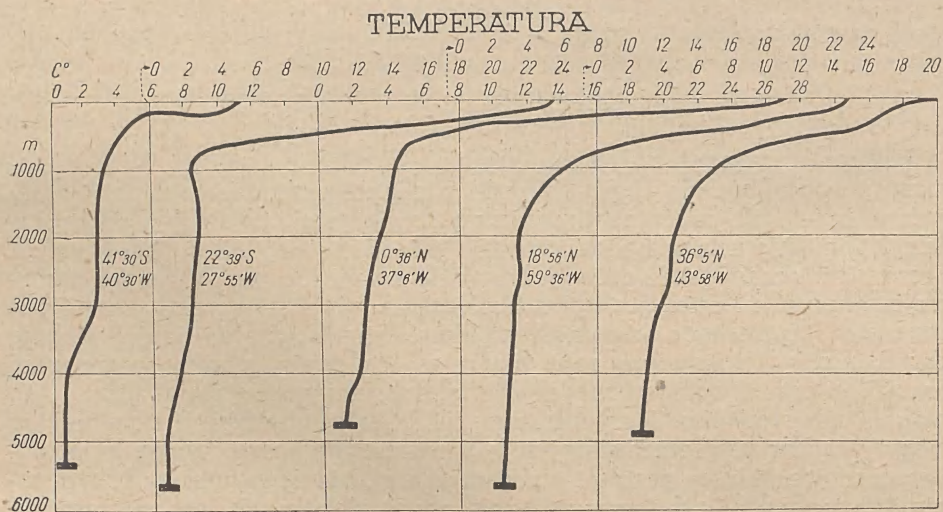
PRĄDY GŁĘBINOWE W OCEANACH

Jednym z ważnych zadań jakie postawiła sobie od połowy XIX. w. nowoczesna oceanografia, było badanie wielkich przemieszczeń mas wodnych w oceanach, znanych pod nazwą powierzchniowych prądów morskich, które były znane i obserwowane już od zamierzchłej starożytności. Z rozwojem oceanografii poświęcono wiele uwagi ich szczegółowym obserwacjom mającym duże praktyczne znaczenie, stworzono wiele metod badawczych, pomierzono kierunki, szybkość, głębokość, do jakiej sięgają oraz ustalono podstawową rolę wiatru w ich powstawaniu; w znacznej również mierze rozpracowano zawile kwestie mieszania się prądów i ich wzajemnego stosunku. Na podstawie dużej ilości obserwacji ustalono, że wpływ prądów powierzchniowych, wytworzonych przez wiatry oraz powierzchniowe różnice gęstości wody morskiej, nie sięga wbrew przypuszczeniom niektórych badaczy znaczniejszych głębokości, lecz w zasadzie ogranicza się do głębokości kilkuset metrów, co udowodniono nawet teoretycznie.

Ale po szczegółowym zbadaniu prądów powierzchniowych nasunęło się nieodparcie pytanie, co dzieje się z wodami w głębi basenów oceanicznych, czy pozostają one w spokoju, czy też ulegają pewnym — mniejszym lub większym — przemieszczeniom. W kwestii tej długi czas panującym był pogląd, że wody głębszych partii oceanów poniżej warstwy, gdzie zaznacza się raptowna zmiana temperatury, czyli tzw. skok termiczny, występujący w rozmaitych punktach na głębokości 200—600 m, wykazują zupełną stabilność; pogląd ten opierał się przede wszystkim na pomiarach gęstości wody morskiej, które stwierdzały jej równomierny przyrost ku głębi, oraz na obserwacjach tworzenia się osadów dennych, głównie mułów globigerynowych. Przyjęcie stabilności wód głębinowych w oceanach wykluczało, rzecz prosta, możliwość ich przemieszczeń — istnienie głębinowych prądów oceanicznych w ponad $\frac{3}{4}$ całości ich masy. Najwybitniejszym przedstawicielem tego poglądu był znany oceanograf francuski J. T h o u l e t, według którego głębsze masy wód, w przeciwieństwie do powierzchniowych, poruszanych przez wiatry, znajdowałyby się w zupełnym niemal spokoju i w tym stanie trwają przez długi okres, może nawet od dawniejszych epok geologicznych (wody „kopalne” wg ujęcia L e D a n o i s). Ok. r. 1920 T h o u l e t złagodził nieco swój pogląd, przyjmując możliwość tworzenia się powolnych, sporadycznych ruchów mieszających w głębi wód oceanicznych, zwanych przez niego mikrocyrkulacją, których przyczyną byłyby wybuchy podwodnych wulkanów.

Te poglądy na nieruchomość i niemożność mieszania się wód wgłębnych w oceanach należą już dziś do przeszłości. Zebrano bowiem do tej pory

bardzo wiele spostrzeżeń, uzyskanych przy pomocy najnowszych metod i specjalnie skonstruowanych przyrządów świadczących przeciwko temu pogładowi, a nowsze oceanograficzne (od ok. r. 1930) wyprawy badawcze poświęciły znaczną część swego wysiłku wyjaśnieniu tego zagadnienia. Warto również podkreślić, że jednym z pierwszych przeciwników kon-



Rys. 1. Profile termiczne dla kilku stanowisk na Atlantyku (wg badań okrętu „Meteor”) z zaznaczającym się wyraźnie skokiem termicznym.

cepcji Thouteta był znany oceanograf radziecki J. M. Szokalski, który silnie podkreślał istnienie głębinowych prądów oceanicznych.

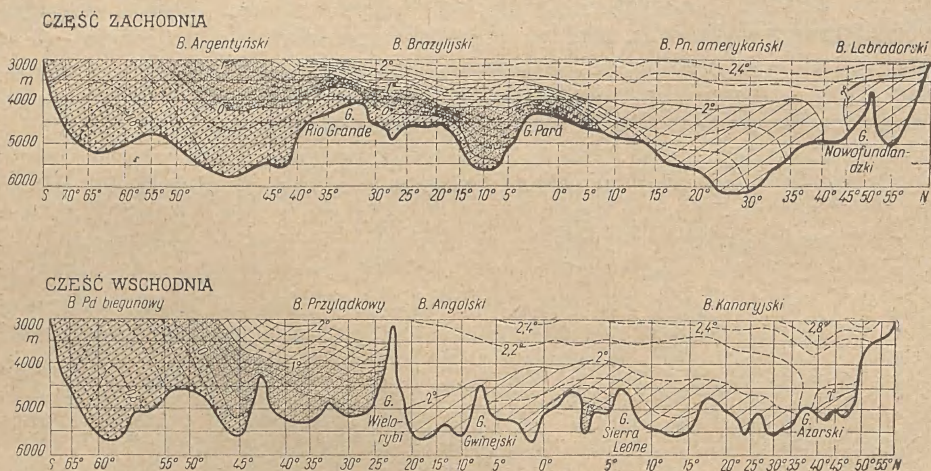
Badania przemieszczeń wód w głębinach oceanicznych nie należą do łatwych. Dla bezpośrednich ich pomiarów konieczne jest bowiem zakotwiczenie okrętu prowadzącego badania, co na znacznych głębokościach napotyka na ogromne trudności; tak np. udało się dotychczas zakotwiczyć okręty ekspedycyjne na głębokości ok. 4000 do 5000 m zaledwie w kilkunastu punktach i przeprowadzić odpowiednie badania („Blake“ ok. 1885, „M. Sars“, „Meteor“, „Discovery“ i in.). Poza tym poważne trudności nastęrczała konstrukcja odpowiednich przyrządów rejestrujących ruchy wód na znacznie większych głębokościach. Najlepszym okazał się prądomierz rejestracyjny Idraca, zaopatrzony w małe śmigło metalowe wirujące z szybkością zależną od szybkości prądu, licznik jego obrotów oraz pomysłowe urządzenie fotograficzne przedstawiające zarejestrowane dane od razu w postaci wykresów. Równocześnie rejestruje on na taśmie filmowej zmiany położenia igły magnetycznej będące obrazem wychyleń kierunku badania prądu. Przyrząd zawiera małą stację akumulatorów do obsługi elektrycznych samopisów. Możliwości pomiarów tym przyrządem sięgają głębokości ok. 1500 m, choć podkreślić należy, że im głębiej, tym rejestracja pomiarów jest mniej dokładna. Zresztą prądy głębinowe są w ogromnej większości wypadków tak powolne, że siła ich nie wystarcza do pokonania bezwładu i tarcia śmigła oraz licznika obrotów, toteż prądomierze na dużych głębokościach przeważnie zawodzą.

Wobec tych trudności używa się ostatnio do wykazania istnienia i przebiegu prądów głębinowych metod pośrednich, tj. opierając się na stwierdzonej w rozmaitych partiach wód wgłębnych temperaturze, słoności, zawartości gazów itp., które umiemy już dziś mierzyć bardzo precyzyjnie, oraz analizując otrzymane lokalne różnice, wnioskujemy z nich o istnieniu wielkich przesunięć wód w głębi oceanów. Opieramy się tu na wielokrotnie sprawdzonych obserwacjach, iż wody głębinowe oceanów zachowują bardzo długo swe właściwości fizykochemiczne np. temperaturę czy zasolenie, i ten fakt umożliwia nam wnioskowanie z cech wody o jej pochodzeniu. Gdyby w oznaczonej głębokości całego oceanu panowała ta sama temperatura czy ta sama słoność wód, nie byłoby oczywiście różnic gęstości, a tym samym brakłoby czynnika powodującego wgłębne prądy wyrównawcze. Ponieważ jednak stwierdzamy w rozmaitych partiach czy punktach tej samej głębokości pewne mniej lub więcej zaznaczone różnice temperatur czy słoności, muszą więc istnieć szybsze lub wolniejsze, na większą lub mniejszą skalę prądy dążące do wyrównania pojawiających się różnic gęstości. Prądy te podlegają działaniu obrotu Ziemi i są, zależnie od swej szybkości oraz od szerokości geograficznej, silnie lub słabiej odchylane od pierwotnego kierunku.

Aby móc lepiej uchwycić te ruchy, tworzy się na podstawie pomiarów temperatury, zawartości tlenu, słoności — przekroje oceanograficzne w rozmaitym położeniu przez całość lub część ich obszaru. Wnosząc te obserwacje, wyrażone np. dla temperatury z dokładnością do dziesiętnych części stopnia, na odpowiednie przekroje ograniczone od spodu odpowiednim zarysem dna (por. rys. 7, 8), otrzymujemy szereg izoterm wgłębnych, których układy informują nas o przesunięciach mas wód w głębi oceanów. Analogicznie przedstawia się sprawa z zasoleniem czy zawartością gazów — głównie tlenu — gdzie otrzymujemy układy linii odpowiednich ich nateżeń. Rysunki załączone do niniejszego opracowania np. 7, 8, 9, pozwalają na bliższe zorientowanie się w ujęciu tych przekrojów. Aby lepiej zdawać sobie sprawę z przemieszczeń mas wód na rozmaitych poziomach (głębokościach) tworzy się też mapy przekrojowe na pewnej głębokości, przedstawiające rozmieszczenie temperatury, słoności czy zawartości tlenu na tym poziomie.

Niekiedy dla uzyskania lepszego wglądu w istotę przesunięć głębinowych mas wodnych tworzy się przekroje i mapy specjalne, np. temperatury potencjalnej (por. rys. 2). Pojęcie temperatury potencjalnej polega na fackie, że cząstka zanurzająca się w głąb, a nie tracąca po drodze ciepła na rzecz otoczenia, zagrzewa się przy zmniejszeniu objętości (adiabatyczna zmiana temperatury), z czym jest związane wielokrotnie obserwowane, ciekawe zjawisko pojawiania się na dnie oceanów, szczególnie w izolowanych zagłębieniach morskich, cieplejszych wód pod wyżej leżącymi wodami zimnymi. Aby więc uzyskać porównywalne między sobą temperatury wód dennych na różnych głębokościach (4000—8000 m), musi się odjąć od obserwowanych temperatur (które są za wysokie!) odpowiednią wartość (w granicach 0,3 do 0,8°), uzyskując w ten sposób temperaturę wód wolną od wpływu panującego na tych głębokościach ciśnienia, a więc taką, jaką by miały te cząstki, gdybyśmy je przenieśli na powierzchnię.

Metody pośrednie, przy ich dość dużej precyzji, nadają się wprawdzie do stwierdzenia istnienia ruchów wód głębinowych, określenia ich kierunku, do wydzielania pewnych mas wody objętych ruchami, nie można



Rys. 2. Przekrój pionowy temperatur potencjalnych na Oceanie Atlantyckim; a) przez zespół zagłębień zachodnich, b) przez zespół zagłębień wschodnich (wg W ü s t a).

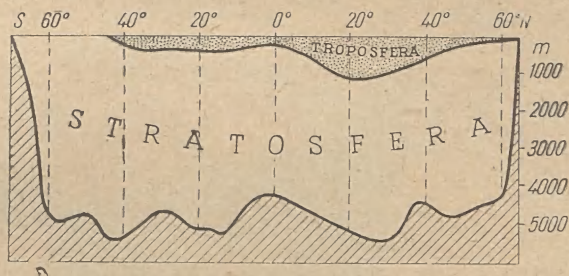
ich jednak stosować do badań nad intensywnością tych ruchów, czyli inaczej mówiąc — nad ich szybkością. Istnieją wprawdzie matematyczne metody obliczania szybkości, zasięgów oraz mas wód będących w ruchu, stworzone przez znanego hydrologa i meteorologa B j e r k n e s a, oparte na konstrukcji izobar, tj. linii jednakowego ciśnienia, oraz powierzchni izosterycznych, wyrażających jednakowe tzw. pojemności specyficzne, uściślone później przez E k m a n a, które okazały się bardzo cenne w przypadku prądów powierzchniowych (np. Golfstromu), ale do badań prądów głębinowych mniej się nadają. Powodem tego jest brak w partiach głębinowych mas wody o wyraźnych różnicach gęstości, potrzebnych do stosowania metody B j e r k n e s a, natomiast istnienie mas wodnych, w których zmiany gęstości zachodzą bardzo powoli na wielkich przestrzeniach; również zjawiska mieszania się wód oraz ruchów krętych (turbulencji) mają na tych głębokościach prawdopodobnie inny charakter niż bliżej powierzchni, co utrudnia a nawet uniemożliwia użycie tej metody; stąd też bywa ona tylko w wyjątkowych wypadkach stosowana do prądów głębinowych.

Nowoczesna oceanografia, opierając się przede wszystkim na wcale w chwili obecnej szczegółowych badaniach termicznych, stworzyła podział oceanów wzorowany na pojęciach zaczerpniętych z meteorologii: na tzw. t r o p o s f e r ę oceaniczną składającą się z wód powierzchniowych, zasadniczo cieplejszych (ponad wspomnianą warstwą skoku termicznego), objętych silnymi ruchami poziomymi i mieszaniem wód i s t r a t o s f e r ę oceaniczną o wodach chłodniejszych oraz o ruchach poziomych i pionowych nierównie słabszych. Granica między tymi dwiema strefami przebiega mniej więcej wzdłuż izotermy 8° na głębokości od 200—300 m do

ok. 600 m, przy czym na niektórych obszarach np. Golfstromu przesuwają się ona daleko w głąb nawet do 1500 m (por. rys. 3). W okolicach ok 50° szerokości stratosfera morska dochodzi aż do poziomu morza (zasadnicza różnica w porównaniu ze stratosferą powietrzną, która absolutnie nigdzie nie styka się z powierzchnią Ziemi!) a granica jej z wyklinowującą się tu troposferą morską zaznacza się w postaci znacznego przeskoku temperatury, świadczącego o istnieniu obok siebie mas wód o różnych właściwościach, przeskoku tak wyraźnego, że można go zaznaczyć w postaci linii na mapie. Jest to tzw. linia konwergencji, dająca się wyraźnie śledzić zwłaszcza na półkuli południowej (por. rys. 4).

Stratosfera oceaniczna jest właśnie tą masą wód, znacznie zresztą większą od troposfery oceanicznej (obejmuje ona ok. 85% całości masy wód oceanów), w której grupuje się wyłącznie cyrkulacja głębinowa, jak

Rys. 3. Troposfera i stratosfera morska (wg Valaux i Roucha).



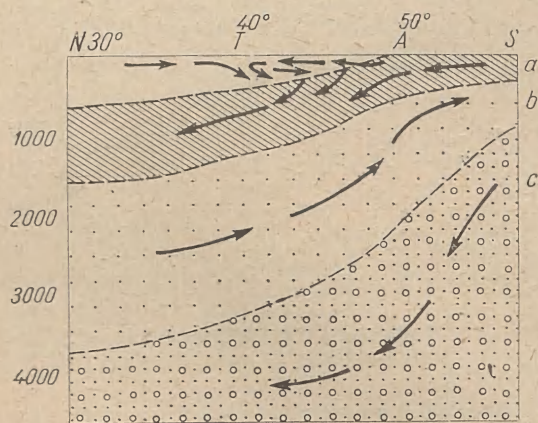
Rys. 4. Linie konwergencji: antarktyczna i subtropikalna (wg Deacona).

to niżej zobaczymy, w dużej mierze odmienna od powierzchniowej. Cyrkulację tę omawiamy przechodząc kolejno obszar mórz otaczających Antarktydę, a następnie poszczególne oceany.

Cyrkulacja wgłębna w morzach wokółantarktycznych. Morza otaczające ląd Antarktydy, jak Weddella, Rossa, Bellinghausena grają wielką rolę w cyrkulacji głębinowej, a to z powodu częściowej lub całkowitej izolacji ogółu oceanów od wpływu wód wgłębnych Morza Arktycznego. Znaczenie mórz wokółantarktycznych pod tym względem było już przewidywane przez wielu oceanografów, ale ich właściwą rolę wykazały dopiero liczne ekspedycje oceanograficzne na ten obszar („Discovery I“.

„Meteor“, „Catalyst“, „Discovery II“ i in.). W południowych partiach oceanów pojawiają się dwie ważne linie konwergencji: jedna subtropikal-

na między powierzchniowymi wodami subantarktycznymi, odpływającymi w kierunku północnym, a subtropikalnymi, skierowanymi raczej ku południowi (por. rys. 4), dla naszych rozważań bez poważniejszego znaczenia; natomiast druga — antarktyczna jest związana z wodami głębinowymi i odgrywa nader ważną rolę w ich cyrkulacji. Pojawia się ona na szerokości ok. 50—55° w postaci wyraźnie zaznaczonego na powierzchni skoku temperatury wód ok. 3° wywołanego pojawieniem się na powierzchni wód stratosfery oceanicznej (por. rys. 5). Obserwacje wspomnianych wypraw wykazują tu istnienie wokółantarktycznego prądu powierzchniowego, skierowanego ku wschodowi, a linia konwergencji antarktycznej stanowi w przybliżeniu północną granicę jego zasięgu. Od północy podchodzą pod ten prąd cieplejsze i bardziej słone wody (34,5—34,7‰), prądu głębokiego płynącego na szerokości linii konwergencji w głębokości

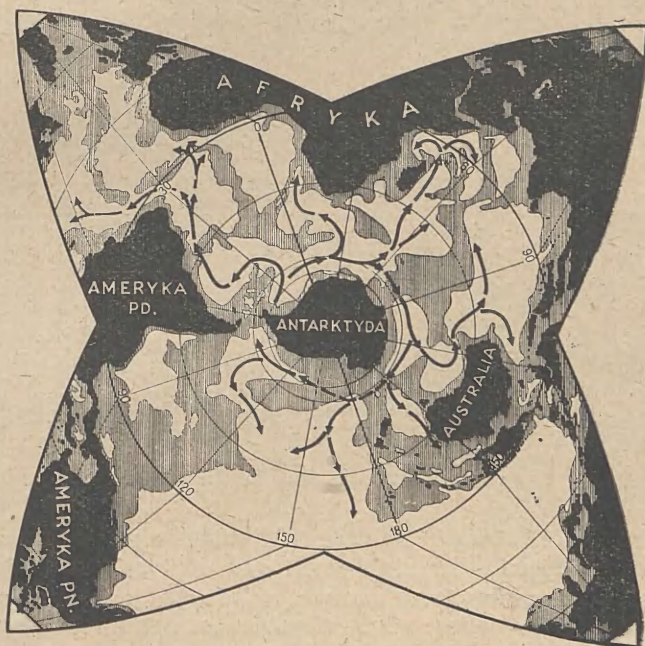


Rys. 5. Schemat cyrkulacji w głębinie w obszarze antarktycznym; a) subantarktyczny prąd powierzchniowy, b) atlantycki prąd głęboki, c) antarktyczny prąd powierzchniowy (wg badań statku „Discovery”).

kilkuset metrów, które w zimnych morzach wokół Antarktydy mieszają się z ich wodami. Wody tego głębokiego prądu sięgają najdalej w Morzu Weddella, gdzie dają się jeszcze obserwować na 74° szerokości południowej. Tutaj w zetknięciu z zimnymi wodami przykontynentalnymi (obecność gór lodowych!) tracą one ciepło, przyczyniając się m. in. do topnienia lodów, stają się dzięki oziębieniu i zetknięciu względnie zmieszaniu z wodami powierzchniowymi bogate w tlen i nie tracąc niemal zupełnie na słoności opadają ku głębi tworząc wokółantarktyczny prąd głęboki, skierowany również jak powierzchniowy z zachodu ku wschodowi. Duże znaczenie ma tu też domieszka zimnych wód powierzchniowych z płytkich partii szelfowych Antarktydy, np. z południowo-zachodniej części Morza Weddella oraz koło Pd. Szetlandów i Pd. Orkadów. Nic więc dziwnego, że w zachodniej części Morza Weddella spotyka się minimum temperatury wód głębinowych osiągające $-0,3^{\circ}\text{C}$. Również płytkie i zamknięte niewielkim progiem Morze Rossa zdaje się, wbrew niedawnym nawet poglądom, odgrywać pewną rolę w tym procesie powstawania zimnych wód głębokich.

Wspomniany wokółantarktyczny prąd powierzchniowy powoduje dużą różnicę właściwości fizykochemicznych wód na wschód i na zachód od Kraju Grahama, gdyż powstając w obszarze Morza Weddella, a więc koło wschodnich wybrzeży Kraju Grahama, powraca po okrążeniu całego kon-

tymentu do okolic zachodniego wybrzeża tego półwyspu jako nieco cieplejszy i mniej zasobny w tlen. Bardziej ku północy te zimne wody przypowierzchniowe jako lżejsze od bardziej słonych i cieplejszych głębinowych (podchodzących od północy), ale cięższe od ciepłych wód pasa subtropikalnego i umiarkowanego (troposfery oceanicznej), wciskają się pod nie na północ od antarktycznej linii konwergencji i na głębokości ok. 300—1200 m posuwają się na północ, tworząc znany we wszystkich oceanach zimny prąd subantarktyczny (który omawiamy przy każdym z oceanów).

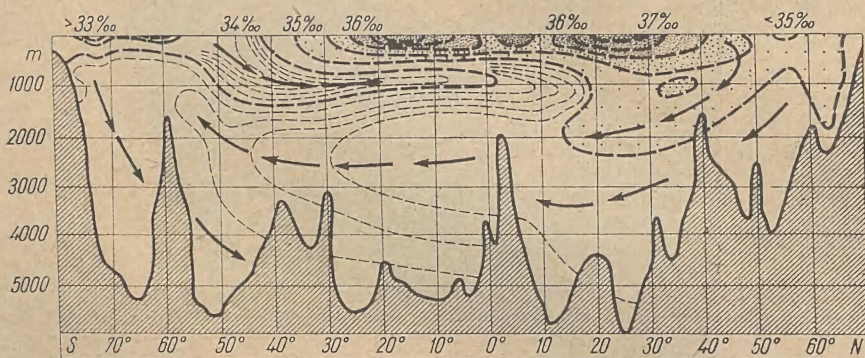


Rys. 6. Wędrowka antarktyczna wód dennych w poszczególnych oceanach. Strzałki wskazują kierunki ruchu wód dennych (wg Wüsta).

Część natomiast wód wokółantarktycznego prądu wgłębnego zostaje w dużej mierze odchylona przez wspomniany półwysep Kraju Grahama oraz przez pojawiające się na dnio progi poprzeczne, jeden na południe od W. Kerguelen, a drugi na południe od Tasmanii i Nw. Zelandii (W. Macquarie — W. Balleny) ku północy; kierują się one obniżeniami dna i w postaci siedmiu odnóg, trzech na Pacyfiku i po dwie na Atlantyku i Oceanie Indyjskim, przesuwają się w partiach przydennych w znacznej zależności od ukształtowania podłoża, a zwłaszcza progów podwodnych, daleko na północ, przy czym cztery z nich przekraczają równik (por. rys. 6). Z powyższych faktów uwydatnia się wyraźnie nader aktywna rola przyantarktycznego obszaru wód, gdzie biorą początek dwa wielkie prądy głębinowe — subantarktyczny i denny.

Cyrkulacja wgłębna Oceanu Atlantyckiego. Przypuszczenia M a u r y' e g o wyrażone jeszcze ok. połowy zeszłego stulecia, który sądził,

że prądy głębinowe, podobnie jak powierzchniowe Oceanu Atlantyckiego, są ułożone symetrycznie, wydawały się uzasadnione w świetle pierwszych badań prądów głębinowych tego oceanu. Zdawały się to potwierdzać sondowania termiczne i badania słoności, które wskazywały, że np. temperatury wód na głębokości ok. 700—1000 m są niższe na równiku w porównaniu z obszarami zwrotnikowymi. Dalsze jednak badania wykazały, że układ prądów głębinowych jest bardziej skomplikowany, niż to pierwotnie przypuszczano, oraz że o symetrycznym ułożeniu tych prądów analogicznie jak powierzchniowych w stosunku do równika nie może być mowy. M e r z w r. 1925 sprecyzował pewien ogólny schemat układu prądów głębinowych Atlantyku złożonych z t r z e c h głównych mas



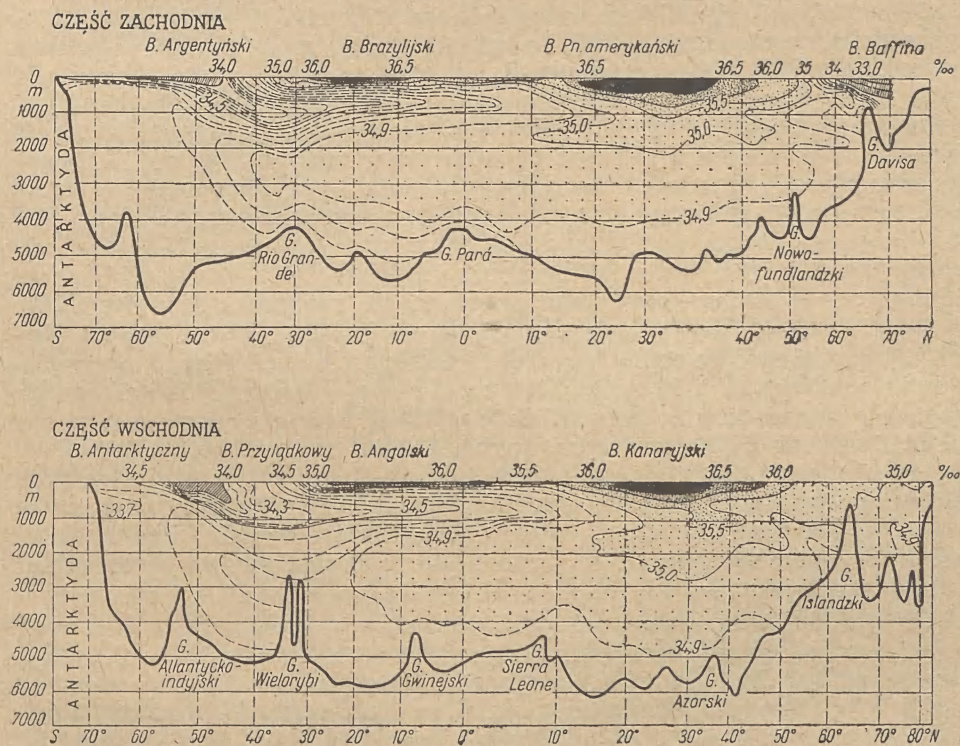
Rys. 7. Przekrój słoności Oceanu Atlantyckiego w ujęciu Merza (1925).

wody, a mianowicie: 1^o prądu subtroposferycznego na średniej głębokości 500—1200 m, cechującego się zimnymi i stosunkowo mało słonymi wodami, pochodzącymi z okolic pasa „frontu polarnego“ ok. 50° szer. południowej; 2^o prądu głębinowego północno-atlantyckiego, reprezentowanego przez wody słone i nieco cieplejsze; 3^o prądu przydennego poniżej głębokości 4000 m, złożonego z wód bardzo zimnych i mniej słonych, a pochodzącego z mórz wokół Antarktydy. Jak widzimy, układ ten przyjął istnienie cyrkulacji głębinowej całooceanicznej, złożonej z dwóch prądów płynących od Antarktydy przedzielonych prądem północno-atlantyckim o przeciwnym kierunku. Bliższe rozpracowanie tego schematu potwierdziło w zasadzie jego trafność, choć wykazało wiele różnic w szczegółach oraz konieczność dalszej jego rozbudowy i powiązania z innymi oceanami.

W ũ s t, który kilkanaście lat zajmował się tym problemem, wykazał, że układ prądów głębinowych na Atlantyku składa się z trzech grup przesuwających się mas wód. Są to kolejno:

1. Prąd s u b a n t a r k t y c z n y pośredni cechujący się niską temperaturą (ok. 2,2°) i małą słonością (ok. 33,8‰) skierowanych z południowych partii Atlantyku ku północnym. Bierze on — jak już wspomniano — początek w pasie antarktycznego frontu polarnego między 40—60° szerokości i jest wywołany pojawieniem się znacznych ilości opadów atmosferycznych (niż barometryczny) oraz topnieniem rozległych antarktycznych gór lodowych, które wysładzają na tym obszarze wodę

w oceanie. Staje się ona wskutek tego lżejszą od bogatych w sól wód głębinowych, ale ze względu na niską temperaturę (topnienie lodów) cięższą od rozgrzanych wód powierzchniowych (troposfery) obszarów podzwrotnikowych. Weiska się więc pod te ciepłe wody pasa umiarkowanego i gorącego i na głębokości od 500 do 1200 m przesuwają się na północ aż do ok. 20° szerokości północnej, gdzie zanika. Około 50° szerokości południowej prąd ten osiąga głębokość ok. 900 m, w okolicach zwrótnika Koziorożca schodzi do 1200 m, aby w pobliżu równika nieco się wynurzyć na głębokość blisko 600 m, po czym ponownie obniża się on ku północy i koło 15° szerokości północnej osiąga głębokość 900 m. Masa tych wód nie rozpościera się jednak równomiernie na całym obszarze południowego Atlantyku, lecz wykazuje znacznie większą grubość w zachodniej jego części — bliżej wybrzeży Pd. Ameryki, gdzie prąd ten najlepiej się zaznacza (por. rys. 8). Jest to z jednej strony wynik ukształtowania dna morskiego w tej



Rys. 8. Przekroje słoności Oceanu Atlantyckiego; a) przez zespół zagłębień zachodnich, b) przez zespół zagłębień wschodnich (wg Wüsta).

części Atlantyku — otwarcia basenu antarktycznego ku północy na stosunkowo szerokiej przestrzeni, a także skutek rotacji ziemskiej i siły Coriolisa, działającej na półkuli południowej na lewo. W części wschodniej ma pewne, choć nie tak wielkie jak dla prądu przydenne, znaczenie hamujące pojawianie się wielkiego podwodnego grzbietu tzw. Wielorybiego.

2. Poniżej tego prądu zaznacza się przeciwnie skierowany potężny głębinyowy prąd północno-atlantycki, obejmujący około połowę wód oceanu na głębokościach 1400—3500 m i przesuwający je powoli na południe aż do 60° szer. południowej. Prąd ten powstaje jako zupełne „przeobrażenie” prądu Zatokowego, którego wody zasilają swą masą obszerny basen Morza Arktycznego, gdzie zostają oziębione i częściowo wysłodzone oraz obficie nasycone tlenem; opuszczają one zagłębienie Morza Arktycznego jako powierzchniowe prądy zimne po obu stronach Grenlandii i opadając częściowo ku dołowi pod ciepłymi wodami prądu Zatokowego (P i l l s b u r y, Z u b o w) zasilają głębinyowy prąd ogromnymi masami wody.

W üst wydziela w masie wód skupiającej się w wyżej opisanym prądzie trzy dalsze jednostki, różniące się między sobą: a) górną, b) środkową i c) dolną masę wód północno-atlantyckich.

Górna masa wód północno-atlantyckich różni się od prądu subantarktycznego silną słonością (35‰) i sięga aż po Morze Weddella w pobliżu Antarktydy. Ten górny prąd układa się na głębokości wahającej się od 1000—2700 m, a ku Antarktydzie wyraźnie wyklinowuje się ku górze osiągając głębokość zaledwie 500 m; sondaże głębinyowe znaczą tu obecność temperatur nieco ponad 0° i słoność wód przenoszącą jeszcze 34,5‰. Dosyć znaczna słoność tej wody nasunęła już dawno przypuszczenie, że część wód tego prądu jest również pochodzenia subtropikalnego — z tzw. Morza Sargasso (na pd. od Bermudów), gdzie silne wyparowanie powoduje zwiększenie słoności wód i ich opadanie ku głębi. W üst jednak przypuszcza, że znaczna słoność tego prądu da się związać z dopływem słonych wód z prądu wgłębnego idącego przez Cieśninę Gibraltarską z Morza Śródziemnego. Te poglądy zostały jednak zachwiane przez nowsze badania i dowody (V a l l a u x, S v e r d r u p). Badania N i e l s e n a wykazały mianowicie, że przez Cieśninę Gibraltarską przedostaje się rocznie zaledwie ok. 56 000 km³ wody słonej (38‰), co jest ilością zbyt małą, aby spowodować silniejsze nasycenie solą ogromnej masy wód tego prądu; z drugiej znów strony krytyka słusznie zwróciła uwagę na pominięcie przez W üst a zjawiska rotacji ziemskiej, które w dużej mierze uniemożliwia rozprzestrzenianie się wód z Morza Śródziemnego w kierunku południowo-zachodnim i południowym.

Środkowa i dolna masa wód północno-atlantyckich różni się od wód innych prądów przede wszystkim silnym nasyceniem tlenem (maksimum tlenowe w głębokościach 2000—3500 m). Pochodzenie tych wód umieszcza W üst w obszarze Grenlandii, Labradoru i pd.-wschodniej Nowej Fundlandii (por. rys. 9). W świetle nowszej krytyki wydaje się, że mamy tu raczej do czynienia z j e d n ą masą wód północno-atlantyckich bogatą w tlen, gdyż rozdział jej na dwie części przez W üst a nie jest należyście uzasadniony (brak poważniejszych różnic w zawartości tlenu).

3. Przydenne partie południowej części Oceanu Atlantyckiego zajmuje prąd złożony z mas wód pochodzenia a n t a r k t y c z n e g o, różniący się od prądu północno-atlantyckiego, który przesuwa się ponad nim, niską temperaturą (ok. 0°), średnią słonością (34,8‰), a także małą zawartością tlenu. Jak już wspomniano poprzednio, prąd ten powstaje na skutek ochłodzenia przez kontakt z lodami Antarktydy części wód północno-

atlantyckich. Te ciężkie i zimne wody antarktyczne przesuwają się po dnie oceanu na północ; w partii wschodniej południowego Atlantyku zatrzymuje je wyraźny próg poprzeczny, a właściwie łańcuch gór podwodnych znany pod nazwą Grzbietu Wielorybiego, ciągnący się od Zatoki

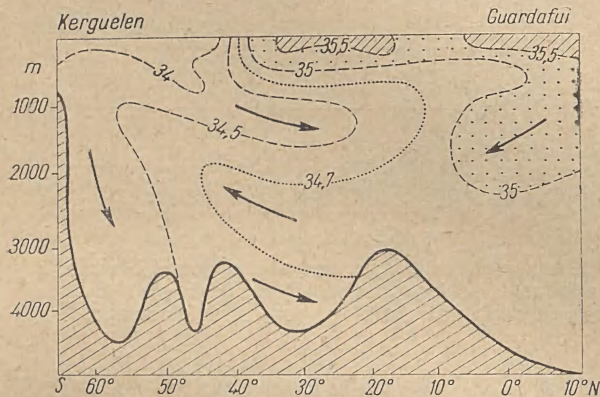


Rys. 9. Przekrój zawartości tlenu w wodach północnego Atlantyku („Meteor“ 1935). Zaznacza się wyraźnie opadanie wód powierzchniowych do głębokości 1500—2000 m i powstawanie północno-atlantyckiego prądu głębiny.

Wielorybiej w pd. Afryce (ok. 20° szer. pd.) ku południowemu-zachodowi do Wysp Tristan da Cunha. Próg ten, którego wysokość nie schodzi nigdzie poniżej 3000 m głębokości, nie przepuszcza oczywiście zupełnie przydennych wód na głębokości ok. 4000 m, stąd na południe od niego temperatura wód przydennych dochodzi do -1° , na północ zaś w basenie Angolskim jest już o 3° wyższa (por. rys. 2). Natomiast w zachodnich partiach Atlantyku zimne wody denne rozprzestrzeniają się bez przeszkód, pokonując tylko stosunkowo niewysoki grzbiet Rio Grande; na samym równiku przeciskają się one przez głębokie obniżenia w grzbiecie centralno-atlantyckim (głębia Romanche) do wschodnich basenów północnego Atlantyku (Gwinejski, Zielonego Przylądka, Kanaryjski) i pojawiają się w pobliżu powierzchni przy zachodnich brzegach północnej Afryki około Mazaganu (33° szer. pn.). Jak widać w cyrkulacji przydennej Oceanu Atlantyckiego wody pochodzenia arktycznego grają tylko bardzo niewielką rolę w porównaniu z niezwykle aktywną rolą wód antarktycznych. Powodem tego jest ich niemal zupełna izolacja od głębin środkowej i północnej części Atlantyku przez ogromny podwodny grzbiet biegnący od Grenlandii przez Islandię, W. Faerøerne ku Szkocji i Norwegii, znany pod nazwą grzbietu Thomsona, przeciętnej głębokości ok. 400 m, którego najniższy punkt nie przekracza nigdzie 600 m. Znaczna różnica temperatur

na północ i na południe od tego progu dochodząca do 6° , jest doskonałym przykładem wpływu ukształtowania podwodnego na krążenie wód głębinnych. Wody bardzo zimne znajdujące się na dnie Morza Arktycznego tylko z trudnością mogą się dostać do mórz Norweskiego i Północnego, przelizgując się przez obniżenia grzbietu. Powoduje to powstawanie wirów i pojawianie się obok siebie mas wód ciepłych i zimnych oraz różnej słoności, jak to już wykazały badania Nansena i Hellanda-Hansena na początku bieżącego stulecia. Ciężkie i zimne wody częściowo pochodzenia arktycznego a częściowo z mórz Grenlandzkiego i Norweskiego skonstatowano w kilku zagłębieniach północno-atlantycznych (na zach. od Nw. Fundlandii, koło Hiszpanii i in.). Słoność tych wód dochodzi niemal do 35‰ a temperatura potencjalna nie przekracza 2° .

Cyrkulacja głębina Oceanu Indyjskiego. Również w Oceanie Indyjskim, podobnie jak w Oceanie Atlantyckim, wyróżniono trzy grupy prądów głębinowych: dwa pochodzenia antarktycznego, przy czym jeden z nich jest przydenny, a drugi górny (subtroposferyczny); trzeci, pomiędzy nimi, pochodzi z północnych partii tego oceanu. Antarktyczna linia konwergencji przebiega na tym oceanie ok. 50° szer. południowej, przy czym jest cofnięta nieco bardziej na południe w jego partii wschodniej, natomiast w partii zachodniej przesuwają się nieco ponad 50° szer. południowej. Podobnie jak na Oceanie Atlantyckim, linia ta znaczący nam obszar powstawania prądu głębinowego, który na szerokości ok. 42° osiąga głębokość 800—1000 m i jest skierowany najpierw ku



Rys. 10. Cyrkulacja głębina w Oceanie Indyjskim. Przekrój słoności od W. Kerguelen do Przyl. Guardafui W (wg Möllera).

północnemu-wschodowi, a następnie skręca ku północy. Na istnienie tego prądu wskazują nam stosunki słoności (por. rys. 10), przy czym składa się on z wód stosunkowo mniej słonych — ok. 34—34,5‰. Natomiast w pobliżu partii dennych tego oceanu, mniej więcej od głębokości 3800 m, stwierdzono pojawienie się wód zimnych i słonych (34,7‰) przesuwających się zwolna w kierunku północnym, od zagłębień dennych mórz otaczających Antarktydę ku równikowi. W zachodnich partiach Oceanu Indyjskiego prąd ten sięga nieco poza równik (do ok. 10° szer. pn.), we wschodniej zaś części zasięgu jego ku północy jest znacznie mniejszy, gdyż dochodzi tylko do 20° szer. pd.; powód tej tak znacznej różnicy zasięgu upatruje Möller we wpływie rotacji ziemskiej oraz w stosunkach głębokościowych obu partii oceanu, gdzie partia zachodnia wykazuje na szerokości ok. 30° — na linii Afryka południowa — Australia południowa — o ok. 1000 m większe głębokości (ok. 5500 m) niż część wschodnia (tylko ok. 4500 m). Między tymi dwoma masami wód pochodzenia antarktycznego

zaznacza się analogicznie jak na Atlantyku, prąd głębinowy o przeciwnym kierunku, pochodzący jak się przypuszcza, z północno-zachodniej części oceanu (Zatoka Omańska). Tworzą go wody relatywnie cieplejsze oraz bardziej słone (ok. 34,8‰). Oś prądu pojawia się ok. głębokości 2500 m, a sam prąd dociera aż w pobliże lądu Antarktydy, powodując pojawianie się w szerokości ok. 55° wód wgłębnych o temperaturze nieco ponad 0°. Zatoka Bengalska, której wody są mniej słone, zdaje się nie uczestniczyć w tej cyrkulacji wgłębnej Oceanu Indyjskiego.

Na podstawie analizy dawniejszych obserwacji statków „Planet“, „Dana“ i „Snellius“ wyrażono przypuszczenie (H. T h o m s e n), że prąd ten jest słaby głównie z powodu niewielkiej słoności, a jego wpływy nie sięgają tak daleko, bo tylko do 20° szer. południowej. Nowsze badania statku „Discovery II“ potwierdziły te przypuszczenia i wykazały dalszy nader interesujący fakt, że uważane dawniej za dalszy ciąg tego prądu słone wody, pojawiające się dalej na południu, pochodzą z Atlantyku. Wskutek bowiem istnienia szerokiego i głębokiego połączenia oceanów Atlantyckiego i Indyjskiego między przylądkiem Dobrej Nadziei a Antarktydą za pośrednictwem basenu Agulhas i Atlantycko-antarktycznego część wód analogicznego prądu głębinowego Oceanu Atlantyckiego, zbaczając na lewo wskutek obrotu Ziemi, wciska się do Oceanu Indyjskiego i na szerokości ok. 40° na obszarze na południowy wschód od południowego krańca Afryki powoduje na głębokości ok. 1800—2000 m podniesienie się temperatury wód (o ok. 1,2°) i ich słoności (do 34,7‰).

Cyrkulacja wgłębna Oceanu Spokojnego. Cyrkulacja wgłębna Oceanu Spokojnego wykazuje w porównaniu ze stosunkami jakie obserwujemy w dwóch poprzednich oceanach, dość znaczne różnice. Polegają one na stwierdzonym fakcie istnienia w pewnym sensie symetrycznego układu prądów głębinowych po obu stronach równika od głębokości ok. 1000 m. Pozostaje to z jednej strony w związku ze znacznymi rozmiarami tego oceanu i zasięgiem jego ogromnego basenu w stosunkowo dalekie obszary arktyczne, przy zupełnej jednak niemal izolacji od Morza Arktycznego, z drugiej zaś, w związku z ukształtowaniem jego dna w południowych partiach (występowaniem we wschodnich i zachodnich partiach grzbietów Wielkanocnego i Nowozelandzko-Macquarie-Tasmańskiego, a istnieniem szerokiego zagłębienia centralno-pacyficznego), zaznacza się stosunkowo słabszy zasięg antarktycznych wód głębinowych (por. rys. 6) w jego części zachodniej i wschodniej.

Przekroje słoności z południa na północ uwidaczniają wyraźnie na głębokości od ok. 1000 m pojawianie się masy wód o mniejszej słoności (poniżej 34,4‰) rozdzielonej na dwie części przez pojawiającą się w okolicach równika masę wód o znaczniejszej słoności (34,6‰). Podobnie jak w obydwu poprzednich oceanach w partii południowej mamy do czynienia z subantarktycznym prądem górnym (subtroposferycznym), znacznie jednak słabszym i o ograniczonym zasięgu. Natomiast na północy jest to analogiczny prąd, ale subarktyczny, którego brak w Oceanie Atlantyckim wskutek jego „zaryglowania“ od północy przez potężny grzbiet Thomsona, a tym bardziej na Oceanie Indyjskim o niewielkim zasięgu ku północy. Pochodzenie tego prądu nie jest związane oczywiście, jak to już poprzednio zaznaczono, z Morzem Arktycznym, z którym Ocean Spokojny komu-

nikuje się tylko za pomocą płytkiej i wąskiej Cieśniny Beringa, ale niewątpliwie z morzami Beringa i Ochockim. W ü s t przypisuje wodom tego drugiego morza wybitnie aktywną rolę, choć wydaje się, że podobnie jak w przypadku Morza Śródziemnego, nie liczy się on z niewielkimi rozmiarami Morza Ochockiego (1,5 mil. km² — dwa razy mniejsze od Morza Śródziemnego) i jego izolacją przez grzbiet Kurylski, silniejszą niż Morza Beringa. Warto również podkreślić, że głębiny wody arktyczne osiągają tu bardzo nieznaczny stopień słoności, daleko niższy niż np. na Atlantyku, gdzie na szerokości Azorów zaznacza się występowanie głębiny wód słonych i ciepłych. Przyczyną tego jest prawdopodobnie fakt, że wody powierzchniowe Oceanu Spokojnego nie osiągają tak wysokiej średnio słoności jak na Atlantyku, a specjalnie mało słone są wody północnego Pacyfiku, z czym jest związana oczywiście niewielka słoność wód arktycznych pojawiających się w głębi. Poniżej tych — subantarktycznego i subarktycznego — prądów pośrednich o głębokości ok. 1500—2000 m zaczyna się zaznaczać lekkie zwiększenie słoności, które poniżej 2000 m ustala się na 34,6—34,8‰ i utrzymuje się niemal bez zmian aż do znacznych głębokości, miejscami nawet do dna. Pochodzenie tej masy wodnej o znacznej stosunkowo jak na Pacyfik słoności, nie jest dotychczas ostatecznie jasno wyświetlone. S v e r d r u p na podstawie badań okrętu „Carnegie” doszedł do wniosku, że wody te wiążą się z analogicznymi wodami południowych partii Oceanu Indyjskiego, ale hipoteza ta nie jest jeszcze dostatecznie rozpracowana. Słoność tej wielkiej masy wodnej maleje nieznacznie ku północy, co zdaje się świadczyć o jej pochodzeniu południowym i o niewielkim ruchu całej tej masy ku północy, w jakich jednak rozmiarach i z jakimi regionalnymi różnicami, na te zagadnienia nie ma dotychczas z powodu małej ilości danych zadowalającej odpowiedzi. Z drugiej jednak strony z sondowań głębokości wiadomo o istnieniu licznych grzbietów w południowych partiach tego oceanu, których przebieg do tej pory nie jest zupełnie jasny, stąd nie wiadomo w jaki sposób mogą one oddziaływać tamującą, względnie kierującą, na przebieg prądów głębiny. Jeżeli W ü s t zwraca uwagę na związek zagłębienia Morza Bellinghousena z zagłębieniem środkowo-pacyficznym i na szerokie rozprzestrzenienie zimnych wód dennych pochodzenia antarktycznego w kierunku północnym aż po wyraźny próg Hawajski (ok. 25° szer. pn.), to B o u r c a r t w najnowszej (1948) mapce ukształtowania oceanów znaczy między tymi zagłębieniami wyraźny próg poprzeczny, tzw. południowo-pacyficzny, bez żadnego wyraźniejszego obniżenia czy przerwy. Przyjmując istnienie tego progu trudno przypuścić tak dalekie rozprzestrzenienie na północ zimnych wód dennych pochodzenia antarktycznego.

W zakresie zagadnień wzajemnej wymiany wód między oceanami warto podkreślić obserwacje C l e v e s a na statku „Discovery II”, świadczące, że wody głębiny Oceanu Spokojnego przesuwały się w poziomie ok. 2000 m ku Oceanowi Atlantycznemu. Ponieważ już poprzednio wspomnieliśmy o istnieniu wymiany wód między Oceanem Indyjskim a Spokojnym oraz Atlantycznym i Indyjskim, przeto nie ulega zdaje się wątpliwości istnienie prądu wokółantarktycznego, skierowanego z zachodu ku wschodowi na tej głębokości, prądu, który miałby zbliżony kierunek do prądu dennego, a także do prądów powierzchniowych w tym obszarze.

Z innych zagadnień wód głębinowych Oceanu Spokojnego warto podkreślić ważne spostrzeżenia, że są one stosunkowo bardzo ubogie w tlen. W porównaniu np. z wodami Oceanu Atlantyckiego na głębokości ok. 3000 m, które zawierają ok. 5—6 cm³ tlenu na litr, wody Oceanu Spokojnego wykazują na tej samej głębokości blisko dwa razy mniejszą zawartość tego gazu. Wskazuje to na fakt, że wody te są w znacznej mierze izolowane przez troposferę oceaniczną od bezpośredniego kontaktu z atmosferą, zwłaszcza w wyższych szerokościach geograficznych, ale szczegóły w tym zakresie nie są do tej pory dostatecznie jasno rozpracowane. Wiadomo również, że podobnie jak słoność tak i zawartość tlenu w tych wodach maleje dość wyraźnie ku północy, z czego można wnioskować o istnieniu pewnych przesunięć wód z południa na północ.

Wody przydenne silnie słone i zimne (ok. 1,2—1,5°C) wykazują niewątpliwy ruch w południowych i środkowych partiach tego oceanu, kierujący się od południa ku północy, i pozostają w ścisłym związku z wielkim przydennym prądem antarktycznym; część północna Oceanu Spokojnego cechuje się słabiej wykształconym od południowego analogicznym prądem pochodzącym prawdopodobnie z Morza Beringa oraz Ochockiego, z których pierwsze posiada niewątpliwie zarówno szerszy jak i bardziej otwarty (głębszy) kontakt z resztą oceanu. Prąd przydenny płynący od Antarktydy posiada wg W ü s t a na tym oceanie trzy główne gałęzie: zachodnio-pacyficzną, posuwającą się zwolna dnem zagłębienia Tasmańskiego ku progowi Koralowemu położonemu na 24° szer. pd., środkowo-pacyficzną sięgającą aż 25° szer. pn. (próg Hawajski), wreszcie wschodnio-pacyficzną, najslabiej wykształconą i zanikającą już koło 40° szer. pd. Wydaje się jednak, że w świetle nowszych badań nad ukształtowaniem tej części Pacyfiku należy zakwestionować tak ogromny, przypuszczany przez W ü s t a, zasięg środkowo-pacyficznego prądu dennego, jak to już wspomniano poprzednio.

Układ więc prądów głębinowych Oceanu Spokojnego nie jest identyczny jak dwu poprzednich oceanów. Zarówno układ pośredniego jak i słabe wykształcenie prądu wgłębnego, o innym zupełnie skierowaniu niż na Atlantyku, oraz trójdzielność prądu dennego świadczą o nieco innym „modelu” układu prądów głębinowych, jaki został wypracowany i skonstatowany na Atlantyku.

Przedstawiając powyższy stan badań nad układami prądów głębinowych w oceanach nie można nie podkreślić jednak ich niezwykle słabej podstawy obserwacyjnej, gdyż do tej pory posiadamy na wszystkich oceanach zaledwie ponad 3500 sondaży wgłębnych poniżej 4000 m odnośnie do temperatury, słoności i zawartości tlenu, z czego ponad 1500 na Pacyfiku, ok. 1000 na Atlantyku i poniżej 1000 na Oceanie Indyjskim. Jest to niewątpliwie cyfra bardzo skromna, skoro przeciętnie jeden pomiar wypada na około 100 000 km² powierzchni oceanów i mórz, nic więc dziwnego, że właściwie wyglądają one jakby całkowicie zagubione w bezmiarze powierzchni oceanicznej. Stąd wnioski, jakie na ich podstawie się wyciąga, są w dużej mierze hipotezami opierającymi się na chwilowym stanie obserwacji, które mogą być zmienione w miarę narastania zarówno liczniej-

szego jak i bardziej precyzyjnego materiału. Przykład, jaki podawaliśmy dla zachodnich partii Oceanu Indyjskiego w zakresie zmian układu prądów głębinowych na podstawie nowszych sondaży termicznych i chemicznych, jest bardzo znamieny. Z drugiej strony trzeba podkreślić, że nauka krok po kroku zdobywa coraz pełniejszy wgląd w dotychczas zdawałoby się zupełnie niedostępne obszary i niezwykle trudne zagadnienia, wypracowując coraz lepsze metody poznania głębin oceanów.

Z zagadnień, które dotychczas poruszaliśmy tylko marginesowo, gdyż nie są one na razie należycie przebadane, ale co do których należy się spodziewać, że zostaną rozwiązane w niedalekiej przyszłości, należy wymienić trzy zasadnicze. Pierwszym z nich jest niewątpliwie problem wymiany wód między poszczególnymi oceanami w ich partiach południowych — zagadnienie, którego rozwiązanie mogłoby postawić ujęcie cyrkulacji wgłębnej na zupełnie innym, bo globalnym poziomie. Dotychczasowe bowiem prace obejmowały przeważnie poszczególne oceany, a nawet ich części, a na postawienie zagadnienia w sposób zasadniczy brakło dotychczas dostatecznego materiału obserwacyjnego. Drugim ważnym problemem jest zagadnienie jednolitości wymienionych prądów głębinowych, w jakim stopniu są one wielkimi, jednolitymi ruchami wody, czy nie mamy w tych głębokościach do czynienia z szeroko zakrojonym zjawiskiem „wewnętrzznego mieszania się” wód, wpływu ruchów krętych (turbulencji), których wykształcenie i rola na tych głębokościach jest zupełnie nie zbadana, wreszcie wpływu ukształtowania dennego, które, jak wynika z nowszych badań, nie ogranicza się tylko do wód przydennych, ale zdaje się sięga znacznie wyżej, powodując obok pewnych zbroceń prądów głębinowych także przemieszczenia pionowe wód i ich mieszanie za pośrednictwem wirów brzeżnych (drugorzędnych), pojawiających się w partiach zetknięcia się prądów. Trzecią grupę zagadnień stanowi istnienie ruchów pionowych w stratosferze oceanicznej, pozostające w ścisłym związku z chemizmem oraz biologią oceanów, a także tworzeniem się osadów morskich, mające także poważne znaczenie dla poruszanego poprzednio zagadnienia krętych ruchów (turbulencji) we wgłębnych partiach oceanów.

Z zagadnień specjalnych o charakterze regionalnym wymienić należy problem istnienia i układu prądów głębinowych w Morzu Arktycznym. Z dotychczasowego stanu badań, głównie radzieckich, wynika, że morze to posiada własną odrębną cyrkulację głębinową z okołobiegunowym obiegiem prądów na głębokości ok. 1000 m basenu arktycznego, na którą niewątpliwie ma pewien wpływ świeżo odkryty przez badaczy radzieckich grzbiet Łomonosowa, ciągnący się w poprzek basenu tego morza na linii Wyspy Nowosyberyjskie — zach. Grenlandia, który wznosząc się z głębi 3000—4000 m osiąga miejscami głębokości 800—1000 m. Wobec tak ogromnej zmiany konfiguracji dna tego morza wymaga dalszych badań kwestia prądów okołodennych i wzajemnego stosunku cyrkulacji głębinowej do powierzchniowej oraz do krążenia atlantyckiego przez grzbiet Thomsona.

Nie poruszaliśmy dotychczas problemu szybkości prądów głębinowych, zagadnienia bardzo ważnego dla całości cyrkulacji oceanicznej. Chodzi mianowicie o to, czy są to ruchy powolne, ale mierzalne, czy zaliczyć je należy do ruchów wiekowych, w których przesunięcia cząsteczek wody

nawet na niewielką odległość trwałyby wiele lat. Wobec trudności uzyskania pewnych danych z pomiarów instrumentalnych, a także obliczenia ich z wzorów *Bjerknesa*, liczni badacze usiłowali rozwiązać to zagadnienie w specjalnych wypadkach (prądy wynurzające się) czy punktach (na progach podwodnych), czy wreszcie posiłkując się specjalnymi metodami, np. zmian chemicznych prądu w toku jego przesuwania (*Defant*, *Wattenberg* i in.). Z badań tych wynika, że szybkość prądu głębinowego w zagłębieniach zachodnio-atlantyckich wynosi ok. 0,5—1 cm na sec, natomiast na rozdzielających je progach jest blisko dwukrotnie większa, w partiach brzeżnych prądu spada do 0,3—0,5 cm/sec, podczas gdy na głównych liniach (osi czy osiach) prądu może dochodzić do 4 cm/sec. Z danych tych wynika, że są to niewątpliwie ruchy powolne, ale bynajmniej nie wiekowe, skoro wędrowka cząstki wody z basenu Argentynskiego do Brazylijskiego, a więc od ok. 48° szer. pd. do 5° tejże szerokości na odcinku ok. 5000 km trwałaby przy przyjęciu szybkości średniej 2 cm/sec. ok. 9 lat. Może jeszcze lepiej uzmysłowimy sobie szybkość tego ruchu, jeżeli podamy, że w ciągu doby cząstka ta przesuwa się przeciętnie o 1,5 km. Są to w chwili obecnej dopiero pierwsze próby obliczeń orientacyjnych, które jednak wskazują na ogrom przemieszczeń mas wodnych w głębiach oceanicznych.

Zachodzi wreszcie pytanie, czy ogromnie długie, mozolne i kosztowne badania prądów głębinowych mają tylko znaczenie czysto teoretyczne, czy można im przypisać także pewną rolę praktyczną. Otóż dziś na pewno nikt nie neguje znaczenia badań prądów powierzchniowych mających tak ogromną rolę w komunikacji morskiej, klimacie przyległych obszarów lądowych, w przemieszczeniach i zaniku gór lodowych, rybności itp.; a tymczasem, jak się okazało z nowszych badań oceanograficznych, rola prądów głębinowych jest równie ważna jak powierzchniowych. Prądy te przesuwały zimne wody podbiegunowe, bogate w tlen i sprzyjające rozwojowi życia, do strefy gorącej, podobnie jak przemieszczają ku powierzchni masy wód przydennych, obfitujących w związki azotowe i fosforowe; jest to ich podstawowa rola w biologii morza. Poza tym prądy głębinowe na skutek ciągłego mieszania wód o różnej temperaturze łagodzą kontrasty termiczne zarówno samych oceanów jak i znajdujących się pod ich wpływem przybrzeżnych obszarów lądowych. Nic więc dziwnego, że badaniom prądów głębinowych na oceanach i ich związkom z prądami powierzchniowymi poświęca się ostatnio coraz więcej uwagi.

JUBILEUSZ PROFESORA W. ŚWIĘTOSŁAWSKIEGO

Pięćdziesiąt lat pracy naukowej ma w swym dorobku profesor doktor Wojciech Świętosławski, członek rzeczywisty Polskiej Akademii Nauk. Pięćdziesiąt lat pracy, która stanowi wielki wkład w dziedzinę fizykochemii.

W dniu 29 czerwca br. chemicy polscy na uroczystym zebraniu zorganizowanym w Warszawie przez Polską Akademię Nauk i Polskie Towarzystwo Chemiczne wyrazili wielkie uznanie dla ogromu pracy i osiągnięć naukowych prof. dra Świętosławskiego. W uroczystości udział wzięli m. in. zastępca przewodniczącego PKPG min. A. Wang, wiceprezes PAN prof. dr W. Sierpiński, wicemin. Szkolnictwa Wyższego prof. dr O. Achmatowicz, sekretarz III Wydziału PAN prof. dr M. Śmiałowski, wicemin. Przemysłu Chemicznego F. Ułak, prezes PTCh prof. dr W. Kemula oraz liczni przyjaciele, współpracownicy i uczniowie Jubilata. W kilku przemówieniach przepełnionych serdecznością uczestnicy zebrania nakreślili sylwetkę uczonego, entuzjasty pracy, ofiarnego budowniczego i organizatora polskiej fizykochemii, wychowawcy współczesnego pokolenia fizykochemików polskich.

Studia chemiczne odbył prof. Świętosławski w Kijowie. W latach 1911—1918 pracuje w gronie wybitnych uczonych na Uniwersytecie Moskiewskim. Po pierwszej wojnie światowej przyjeżdża do Warszawy i podejmuje pionierską pracę jako profesor Politechniki Warszawskiej. Otacza się gronem zdolnej i zapalanej młodzieży, wiele swego czasu poświęca wychowaniu jej na pełnowartościowych, samodzielnych naukowców. Ofiarnie i często z wyrzeczeniem się zasłużonego odpoczynku przekazuje swe bogate doświadczenie naukowe, kieruje pracą swych uczniów, udziela im cennych rad, razem z nimi cieszy się ich osiągnięciami, zawsze gotów pomóc i naprowadzić na właściwą drogę. Ofiarność i jednocześnie skromność osobista — oto główne cechy profesora Świętosławskiego jako człowieka.

O plonie pracy wychowawczej jubilata niech świadczy fakt, że spośród jego uczniów piętnastu jest dziś profesorami wyższych uczelni w Polsce, a wielu zajmuje odpowiedzialne stanowiska w świecie naukowym i przemysłowym.

Druga wojna światowa przerwała działalność profesora Świętosławskiego w Polsce. Na zaproszenie kolegów chemików wyjeżdża do Stanów Zjednoczonych. Początkowo jest profesorem-gościeniem Uniwersytetu w Pittsburghu, następnie wykłada na Uniwersytecie w Iowa i obejmuje stanowisko „senior fellow“ w Instytucie Badań Przemysłowych Mellona w Pittsburghu.

W roku 1946 powraca do Polski i wzbogacony doświadczeniem pracy za granicą przystępuje do nowego etapu badań naukowych w organizowanym przez siebie Zakładzie Chemii Fizycznej Uniwersytetu Warszawskiego. Jednocześnie kieruje Katedrą Chemii Fizycznej Stosowanej na Politechnice Warszawskiej oraz Działem Fizykochemicznym Głównego Instytutu Chemii Przemysłowej przemianowanego później na Instytut Chemii Ogólnej.

Z chwilą powołania do życia Polskiej Akademii Nauk obejmuje kierownictwo zorganizowanego przez siebie Zakładu Fizykochemii Podstawowych Surowców Or-

ganicznych PAN. Po utworzeniu Instytutu Chemii Fizycznej PAN zostaje mianowany jego dyrektorem.

Badania naukowe profesora Świętosławskiego cechuje dążenie do maksymalnej ścisłości i precyzji oraz powiązanie z potrzebami gospodarczymi i problemami technologicznymi. Chęć służenia społeczeństwu jest cechą Jubilata jako naukowca. Początkowo prowadzi profesor Świętosławski badania w dziedzinie termochemii, ebuliometrii i kriometrii. Opracowuje wiele własnych metod badawczych i aparatów. Dążenie do wysokiej precyzji pomiarów znajduje swój wyraz w wysuniętej na forum światowym idei pomiarów porównawczych w fizykochemii. Jego propozycja wprowadzenia podstawowych wzorców w dziedzinie termochemii i ebuliometrii została zrealizowana przez Międzynarodową Unię Chemiczną i zyskała powszechne uznanie. Jubilat zostaje wybrany w roku 1939 na wiceprezesa Unii i funkcję tę pełni przez osiem lat. Przez szereg lat jest też przewodniczącym Międzynarodowej Stałej Komisji Termochemicznej oraz Komisji Danych Fizykochemicznych.

Po powrocie ze Stanów Zjednoczonych profesor Świętosławski podejmuje nowy zainicjowany przez siebie kierunek badań fizykochemicznych dotyczący rozdzielania poliazeotropów. W tej dziedzinie szkoła Jubilata wysuwa się na czołowe miejsce w świecie. Dążąc do opracowania teorii mieszanin ciekłych profesor Świętosławski w oparciu o kierowane przez siebie badania współpracowników zbiera dane doświadczalne i teoretyczne dotyczące azeotropów wieloskładnikowych, eutektyków, polieutektyków, stanu krytycznego i in. Jednocześnie wiele uwagi poświęca zastosowaniu wyników swych badań w przemyśle. Opracowuje metody rozdzielania i oczyszczania substancji, a w szczególności metody destylacji i przerobu smoły węglowej, dążąc do zwiększenia wydajności i opłacalności procesów technologicznych. Miara osiągnięć na tym polu jest liczba 42 patentów uzyskanych w kraju i za granicą.

Bibliografia prac profesora Świętosławskiego obejmuje ponad 400 pozycji, w tym wiele monografii¹.

Wyrazem uznania polskiego świata nauki dla całokształtu działalności naukowej profesora Świętosławskiego jest przyznana w roku 1951 indywidualna nagroda naukowa pierwszego stopnia. Osiągnięcia szkoły Jubilata w przemyśle chemicznym zostały wyróżnione w roku 1953 nagrodą zespołową drugiego stopnia przyznaną za zwiększenie uzysku naftalenu i opracowanie metody rozdzielania zasad pirydynowych.

W roku 1954 profesor Świętosławski został odznaczony krzyżem komandorskim z gwiazdą orderu Odrodzenia Polski, a w roku bieżącym orderem Sztandaru Pracy pierwszej klasy.

Profesor Świętosławski nadal z młodzieńczą energią kontynuuje swe prace. W uroczystym dniu jubileuszu zebrani przedstawiciele chemii polskiej złożyli mu w imieniu polskiej nauki i całego społeczeństwa wyrazy wdzięczności i życzenia dalszej owocnej pracy.

Zbigniew Kęcki

¹ Patrz artykuły biograficzne: Dorabialska A., „Roczniki Chem.” 18, 289 (1938), Kling K., „Przemysł Chem.” 22, 251 (1938), Kemula W., „Rocznik Chem.” 29, 151 (1955).

ROZWÓJ CHEMII NIEORGANICZNEJ WE WROCŁAWIU

10-lecie istnienia polskich szkół akademickich we Wrocławiu jest odpowiednią chwilą dla zapoznania się z rozwojem niektórych placówek naukowych na tym terenie. Dlatego idąc za życzeniem Redakcji „Kosmosu” czuję się upoważnionym przedstawić zarys organizacji i działalności dwu katedr chemii nieorganicznej I i II (kier. prof. dr W. Trzebiatowski i prof. dr B. Jeżowska-Trzebiatowska), czynnych na tym terenie.

Katedry chemiczne we Wrocławiu były w ciągu pierwszych 6 lat związane organizacyjnie z Uniwersytetem i Politechniką wchodząc w skład wspólnego Wydziału Matematyki, Fizyki i Chemii. Z kolei znalazły się one od roku 1951 na Wydziale Chemicznym Politechniki, w dalszym ciągu spełniając swoje zobowiązania wobec Uniwersytetu, który w b. roku znów powołał do życia Katedrę Chemii Nieorganicznej, organizacyjnie ściśle związaną z Katedrą II.

Zasadniczą cechą współczesnej chemii nieorganicznej jest stosowanie na szeroką skalę fizyko-chemicznych metod badawczych, które zapewniają możliwie ścisłe ujęcie aktualnych problemów i wielostronną kontrolę otrzymanych wyników. Powstała nieorganiczna chemia strukturalna. W tym kierunku polska chemia nieorganiczna tylko z trudem postępowała za ogólnym rozwojem. Konieczność bowiem opanowania nowych, nieraz trudnych metod badawczych, brak odpowiednio wykwalifikowanych kadr z jednej strony i wyposażenia aparaturowego z drugiej, wytworzył dotkliwą lukę, której wypełnienie stało się jednak koniecznością i nakazem chwili.

Zadania chemii strukturalnej określić można najogólniej jako poszukiwania relacji między budową (strukturą) substancji a jej właściwościami fizycznymi i chemicznymi. Tak postawione zagadnienie jest pojęte bardzo szeroko i należy je ograniczyć do bardziej szczegółowych problemów. Wynikają z niego jednak metody badawcze, które z jednej strony muszą umożliwić określenie struktury, a więc układu składowych atomów pierwiastka czy związku w przestrzeni kryształu, ich konfiguracji elektronowych i sposobów wzajemnego powiązania, a z drugiej strony ustalić także własności fizyczne i chemiczne rozpatrywanej substancji, jak np. przewodnictwo elektryczne, własności dielektryczne, magnetyczne, optyczne a także jej zdolności do reagowania chemicznego.

Zagadnienia opracowywane w dwu katedrach obejmować mogą tylko pewne dziedziny tak pojętej problematyki. W Katedrze I przeważają badania nad strukturą ciał stałych z kategorii metali i prostych połączeń tlenowych i nad ich reakcjami w fazie stałej, a uwaga Katedry II zwrócona jest na związki kompleksowe i mechanizm reakcji utleniania i redukcji w roztworach.

W zakresie substancji metalicznych tematyka Katedry I obejmowała kilka aktualnych problemów. Należy tu wymienić badania nad zachowaniem się wodoru w związkach z metalami przejściowymi w rodzaju tytanu, cyrkonu, niobu, tantalą, lantanu i uranu. Wodorki tych metali stanowią związki o charakterze metalicznym i przewodzą doskonale prąd elektryczny. Została szczegółowo zbadana struktura tych układów w całym przedziale zawartości wodoru od ilości najmniejszych do maksymalnych, co

pozwoło skorygować wiele nieścisłych do tej pory poglądów na rodzaj i budowę tych substancji. Właściwym i ostatecznym celem tych badań jest stwierdzenie sposobu powiązania wodoru przez powyższe metale zaliczane do tzw. przejściowych, a zatem odznaczających się zawartością wewnętrznych nie dopełnionych powłok d-elektronów. Dla wyjaśnienia tych zagadnień zastosowano tu po raz pierwszy badania podatności magnetycznej w szerszym zakresie temperatur. W ten sposób zdołano stwierdzić u wodorków tytanu osobliwy przebieg podatności magnetycznej wraz ze składem lub temperaturą, który upodabnia powyższe substancje do antyferromagnetyków. U wodorku i deuterku uranu wykryty został również anormalny przebieg podatności magnetycznej, która przy temperaturze -100° skokowo wielokrotnie wzrasta, upodabniając się w swym przebiegu do przemiany ferromagnetycznej. Te własności rzucają pewne światło na zagadnienie wiązania wodoru przez metal, zarazem jednak komplikują je w porównaniu do prostego modelu, jakim jest dobrze opracowany układ pallad — wodór. Podobne zagadnienie opracowywane jest na przykładzie związków węgla i azotu z torem i uranem, do których metale te mają również duże powinowactwo.

W zakresie struktur metali prowadzone były dalsze prace. Nader aktualnym zagadnieniem jest ustalenie przyczyn, dla których w stopach różnych metali pojawiają się przy różnych składach chemicznych związki o identycznych typach struktur sieciowych. Dla niektórych prostszych przykładów już dawno wykryta została zależność od nowego czynnika, nie znanego w związkach niemetalicznych, a mianowicie od tzw. „steżenia elektronowego” stopu, zastępującego w tym przypadku normalne pojęcia wartościowości chemicznej. Dotychczas nie wiadomo jednak dobrze, czy reguły te można i jak je można stosować do stopów metali przejściowych.

W poszukiwaniu nowych związków tego typu można tu zanotować niespodziewane wykrycie przykładu rzadkiej struktury typu α -manganu w stopach renu z tytanem a także z niobem i tantalum. Podobnie stwierdzono wiele nowych przypadków pojawienia się tetragonalnych σ -faz, zbliżonych swą budową do β -uranu w stopach chromu, molibdenu czy wolframu z renem. Te nowe i ciekawe przykłady izotypowych a może nawet izomorficznych struktur w stopach metali przejściowych, być może, pozwolą rzucić światło na powyższe zagadnienie.

Gdy dla powyższych badań decydujące znaczenie ma analiza rentgenograficzna, to o właściwościach termodynamicznych niektórych stopów można także wnioskować z pomiaru ich potencjałów elektrochemicznych w ogniach z roztopionymi solami jako elektrolitem. Na tej drodze prowadzone były badania nad stopami srebra i złota, zmierzające do uchwycenia różnic energetycznych między dwoma typami faz międzymetalicznych, określanych mianem „daltonidów” i „bertolidów”. Stwierdzono, że w obrębie granic egzystencji tych faz zmiany wyznaczonego powyższymi pomiarami cząsteczkowego potencjału termodynamicznego, entalpii i entropii składnika nieszlachetnego różnią się między sobą w charakterystyczny sposób.

Sporo uwagi poświęcono również strukturze stopów tytanu, metalu wkraczającego obecnie na arenę jako nowe niezwykle cenne tworzywo. Zbadano równowagi fazowe jego stopów z miedzią, ściśle oznaczono strukturę sieciową arsenku tytanu $TiAs$, wykazującego nowy typ sieci przestrzennej, co stanowi pierwszą tego rodzaju pozycję w literaturze polskiej w okresie powojennym. Ciekawe i zarazem cenne własności tego pierwiastka nie objawiają się wyłącznie w jego stopach. W swych związkach tytanianach ziem alkalicznych, np. metatytanianach baru i strontu, objawiają się niezmiernie cenne własności dielektryczne i piezoelektryczne, co czyni je cennymi tworzywami dla radioceramiki przy budowie kondensatorów elektrycznych, a także generatorów ultra dźwiękowych fal. Dążąc do powiązania tematyki naukowej z prak-

tyką przeprowadzono systematyczne prace nad równowagami fazowymi w układach dwutlenek tytanu z tlenkiem berylu, tlenkiem baru a ostatnio tlenkiem strontu. Zadanie to bynajmniej nie błahe, zważywszy, że temperatury topnienia w tych układach dochodzą do 2000°, co wymaga opanowania eksperymentalnie szczególnie trudnej techniki wysokotemperaturowej. Nawiązując do tych prac rozpoczęto dalsze, związane z aktualnymi problemami otrzymywania nawozów fosforowych z krajowych fosforytów na drodze termicznej. Miarodajne dla tego procesu równowagi fazowe w układzie: tlenek wapnia — pięciotlenek fosforu — kwarc, kryją w sobie dużo zasadniczych wątpliwości i sprzeczności. Usunięcie ich jest przedmiotem obecnie prowadzonych badań z tego zakresu.

Poruszając problemy związane z wykorzystaniem krajowych baz surowców mineralnych należy na tym miejscu przytoczyć prace nad zawartością mikroelementów w fosforytach krajowych i znajdujące się w toku prace nad węglami kamiennymi. Zawartość mikroelementów w fosforytach krajowych ma znaczenie przede wszystkim biologiczne, gdyż mikroelementy stanowią nieodzowne dla rozrostu roślin składniki gleb, a ich zawartość w naszych surowcach fosforowych dotychczas zupełnie nie była badana. Zawartość natomiast mikroelementów w węglach kamiennych może mieć nie tylko znaczenie geochemiczne, ale również praktyczne, z uwagi na koncentrowanie się tu takich cennych pierwiastków jak np. germanu czy galu. Oznaczanie tych pierwiastków odbywa się przy pomocy analizy spektralnej, do czego opracowane zostały odpowiednie metody.

Powiązanie Katedry z praktyką dobrze jest widoczne na dalszym odcinku, a mianowicie w pracach nad mechanizmem reakcji chemicznych przebiegających w fazie stałej. Pierwsze z nich dotyczyły tytanianu barowego i strontowego. Obecnie opracowuje się przebieg reakcji między anhydrytem a krzemionką, to jest procesu, który jest podstawowy dla otrzymania bezwodnika siarkowego a tym samym i kwasu siarkowego z surowca, którego Polska posiada duże złoża. Szczegółowe badania prowadzone w tym kierunku zajmują się kinetyką powyższego procesu w szerokim zakresie temperatur a także jej zależności od ziarnistości materiałów.

Kończąc przegląd ważniejszych prac prowadzonych w Katedrze I należy jeszcze nadmienić, że rozpoczęte zostały ostatnio prace z dziedziny struktury i aktywności katalitycznej warstw metalicznych na nośnikach. Badania te mają na celu wykazanie związku zachodzącego między własnościami magnetycznymi, a więc strukturą elektronową metali — a ich katalitycznymi zdolnościami.

Tematyka prac Katedry II obejmowała dwa zasadnicze kierunki: budowę i właściwości związków kompleksowych oraz kinetykę i mechanizm reakcji nieorganicznych w roztworach, a szczególnie reakcji utleniania i redukcji. Na czoło problematyki chemii kompleksów wysuwają się zagadnienia wiązania chemicznego działającego pomiędzy atomami czy grupami składowymi zespołu oraz odpowiadająca im konfiguracja elektronowa i przestrzenna a także trwałość powstawania tych zespołów. Do ważniejszych prac w tej dziedzinie należy otrzymanie i zbadanie grupy kompleksów renu czterowartościowego, potwierdzającej jego analogie z platynowcami. Zbadano mechanizm powstawania kompleksów dwurdzeniowych z mostkiem tlenowym i stwierdzono tu zasadniczą rolę sprzężenia spinowego dwu paramagnetycznych jonów centralnych. Obecnie prowadzone badania mają na celu rozszerzenie tej teorii na inne kompleksy.

Badanie nad kompleksotwórczością wanadu, pierwiastka o dużym znaczeniu technicznym, doprowadziły do stwierdzenia, że jony trójwartościowego wanadu zespolone z resztami kwasów karboksylowych wykazują zdolność do polimeryzacji i tworzenia jonów polikompleksowych. Powstawanie trójrdzeniowych kompleksów śledzono

w roztworze metodami fizyko-chemicznymi oraz wydzielono je i określono ich budowę w fazie stałej — rozszerzając w ten sposób tę rzadką grupę kompleksów, znaną dotychczas tylko u żelaza i chromu.

Metale przejściowe, szczególnie ren i mangan, stanowią specjalnie dogodny obiekt dla śledzenia mechanizmu procesów oksydacyjno-redukcyjnych. Badania redukcji związków renu siedmiowartościowego wykazały jej wielostopniowy przebieg, wskazały na rolę kompleksotwórczości w tym procesie oraz pozwoliły na wyodrębnienie poszczególnych stadiów redukcji w postaci związków kompleksowych renu pięciowartościowego i kilku typów kompleksów renu czterowartościowego. Badania nad oksydacyjno-redukcyjnymi procesami u związków manganu wykazały, że mangan pięciowartościowy — niemal nie znany dotychczas stopień utlenienia manganu — pojawia się nader często w równowagach oksydacyjno-redukcyjnych tego pierwiastka. Związki manganu pięciowartościowego wydzielono w fazie stałej, opracowano łatwą metodę ich otrzymywania i opisano ich własności.

Reakcje utleniania i redukcji są w istocie swej związane z przeniesieniem elektronu. Mogą one polegać na przeniesieniu bezpośrednim lub pośrednim. W tym drugim przypadku może być ono związane z przeniesieniem atomów lub grup atomowych, lub też z przejściowym tworzeniem kompleksów reduktora z utleniaczem jako pośrednich stadiów w reakcji przeniesienia elektronu. Miało to miejsce w reakcji utleniania dwurdzeniowych kompleksów renu, gdzie jako stadia pośrednie wydzielono kompleksy nadtlenowe. Poznanie subtelnego mechanizmu tych procesów mogą dać jedynie badania kinetyki tych reakcji. Kinetyka reakcji nieorganicznych do niedawna była zaniedbana, stanowi ona bowiem wyjątkowo trudny teren badań ze względu na skomplikowane reakcje wtórne, jakim często ulegają jony w roztworze. W badaniach podjętych w tej dziedzinie udało się rozwiązać problem mechanizmu redukcji nadmanganianu — utleniacza ważnego w chemii analitycznej i technologii chemicznej — za pośrednictwem jonów hydroksylowych. Wykazano stopniowy przebieg redukcji poprzez mangan sześć- i pięciowartościowy aż do czterowartościowego. Wykazano doświadczalnie, że wolne rodniki hydroksylowe grają rolę aktywnych pośredników w reakcji, co wraz z ustaloną kinetyką reakcji w jej poszczególnych stadiach pozwoliło na podanie mechanizmu całego procesu. Dalsze badania nad mechanizmem redukującego działania jonów hydroksylowych na inne utleniacze o dużym potencjale oksydacyjno-redukcyjnym (np. żelaziany) pozwolą na wyjaśnienie przejściowej roli kompleksotwórczości w procesie.

Dla badania mechanizmu procesów utleniania i redukcji zastosowano też metodę polarograficzną. Redukcja na nie polaryzującej się katodzie rtęciowej pozwala niekiedy na rozpoznanie poszczególnych stadiów i określenie ilo-elektronowe są poszczególne z nich. W ten sposób rozwiązana została redukcja manganianów i podmanganianów na katodzie rtęciowej.

Dla pełnej charakterystyki katedr prowadzących powyższą tematykę konieczne jest również podanie zasad organizacji pracy naukowej. Pracownie naukowe katedr zostały zorganizowane w latach powojennych, po części korzystając z pozostałości aparatury niemieckiej, a zasadniczo dzięki dużemu wysiłkowi całego personelu naukowego i pracowniczego katedr, który za cel swojej ambicji postawił sobie zorganizowanie nowoczesnych pracowni chemii nieorganicznej. W tej pracy katedry korzystały wydatnie z pomocy Wydziału III Polskiej Akademii Nauk, gdyż w ich obrębie znajduje się również tymczasowa siedziba Zakładu Badań Strukturalnych Instytutu Chemii Fizycznej PAN.

Przy opracowaniu tematyki w Katedrze I można na ogół wyraźnie zróżnicować trzy stadia. Są nimi:

- 1) przygotowanie obiektów badań,
- 2) kontrola składu surowców i produktów,
- 3) pomiary fizyko-chemiczne.

Ad 1) Uzależnione jest ono od przyszłych obiektów badań, tj. metali czy tlenków metalicznych. W pierwszym przypadku, najczęściej metali przejściowych odznaczających się dużą aktywnością chemiczną, nie tylko wobec tlenu, ale także azotu, wodoru i węgla, zachodzi potrzeba posługiwania się przy wytopie wysoką próżnią lub obojętnymi gazami szlachetnymi. Służą do tego celu 3 pracownie wysokich temperatur. Ich wyposażenie składa się z pieców Tammana różnej wielkości oraz pieca próżniowego typu Ruffa. Prócz tego skonstruowano dalsze typy, jak np. piec o rurze molibdenowej oraz piec wysokopróżniowy o spirali wolframowej. Niezależnie od nich zbudowany został próżniowy piec wysokiej frekwencji z radiatorem wolframowym, zasilanym generatorem wysokiej frekwencji o mocy 20 kW (typ PIS 10 krajowej produkcji).

Tego rodzaju urządzenia umożliwiają prace w szerokim przedziale temperatur do 2500° przy zachowaniu próżni lub kontrolowanej atmosfery. Pomiary temperaturowe przeprowadza się w normalny sposób termoparami lub też przy pomocy pirometrów optycznych.

Źródłem prądu dla niektórych z powyższych pieców jest generator prądu stałego niskiego napięcia o mocy 40 kW (0—1000 Amp) lub też transformatory niskiego napięcia o mocy regulowanej przy pomocy autotransformatorów.

Ad 2) Kontrola czystości substratów lub obiektów badań stanowi nader istotny czynnik. Ponieważ naczelną zasadą jest stosowanie możliwie najczystszych preparatów, gdyż tylko takie są dostatecznie fizycznie i chemicznie zdefiniowane, przeto kontrolę prowadzi się przede wszystkim analizą spektralną, tak jakościową jak ilościową, która umożliwia ustalenie domieszek na ogół do zawartości 10^{-3} — 10^{-4} %.

Laboratorium spektrograficzne dysponuje odpowiednimi spektrografami o dużej dyspersji w całym zakresie widma widzialnego i pozafioletu. Składa się na nie kwarcowy spektrograf radziecki typu ISP 22 średniej dyspersji oraz spektrograf autokolimacyjny typu Littrowa produkcji Hilgera o zakresie od 1910 — 12 000 Å. Uzupełniają wyposażenie odpowiednie generatory łuku i iskry oraz urządzenia odczytowe, jak precyzyjny komparator i spektroprojektor. Urządzenia powyższe umożliwiły opanowanie techniki oznaczeń małych ilości składników w metalach jak i substancjach mineralnych. Duże braki odczuwa natomiast pracownia w zakresie absorpcyjnej analizy spektralnej, gdyż dotąd mimo usilnych starań nie zdołano uzyskać spektrofotometru, który umożliwia dokonanie analizy także wśród pierwiastków ziem rzadkich, jakie posiadają obecnie duże znaczenie.

Ad 3) Obejmuje ono właściwe badania fizyko-chemiczne, których wyniki umożliwiają zasadnicze wnioski o składzie fazowym, strukturze krystalicznej czy elektronowej badanych substancji. Do tego celu czynne są:

- pracownia rentgenograficznej analizy strukturalnej,
- „ magnetochemiczna,
- „ termograficzna,
- „ tenzymetryczna,
- „ struktury katalizatorów kontaktowych (w toku org.).

Badania rentgenograficzne stanowią jedną z najważniejszych metod stosowanych w katedrze, z której korzysta się niemal przy wszystkich pracach. Uposażenie pracowni umożliwia wykonanie większości zadań z tego zakresu. Dwie aparatury wytwarzają potrzebne rodzaje promieniowań. Jedna z nich posiada otwartą rurę rentgenowską o wymienialnych antykataodach i została skonstruowana we własnym zakresie ze stali nierdzewnej; druga posługuje się handlowymi rurami

zamkniętymi. W skład wyposażenia wchodzi liczne komory rentgenowskie (typu Debye'a, Prestona, Westgrena i inne), przeważnie wykonane we własnym warsztacie. Uzupełnia je goniometr rentgenowski typu Weissenberga. Przy ich pomocy wykonywane są badania na obiektach tak mono- jak i polikrystalicznych, określające typ sieci i rozkład atomów w elementarnej komórce sieciowej, skład fazowy, rozpuszczalności i inne cechy charakterystyczne ciał stałych. Rozpoczęto prace nad oznaczaniem rozkładu gęstości elektronowych w komórce sieciowej, lecz napotyka ją one na poważne trudności, gdyż brak dotąd właściwych środków pomocniczych w postaci specjalnych maszyn rachunkowych do wykonywania ogromnej liczby działań matematycznych potrzebnych przy przeprowadzaniu syntezy fourierowskiej na podstawie obrazu interferencyjnego kryształu. Plany katedry i zakładu zmierzają w kierunku budowy takiej maszyny.

Pracownia magnetochemiczna została urządzona niemal całkowicie własnym wysiłkiem. Skonstruowano elektromagnes o średnicy biegunów 10 cm, który przy 39 520 amperozwojach daje w odstępnie biegunów 2 cm natężenie pola rzędu 14 000 oe. Służy on do metody Gouya wyznaczania podatności magnetycznych, a odpowiednie urządzenia umożliwiają dokonanie pomiarów w zakresie od temperatury skroplonego powietrza -192° do $+200^{\circ}$, co z kolei dostarcza danych do wyliczenia momentów magnetycznych substancji paramagnetycznych, a na tej podstawie określenia ich struktury elektronowej.

Do badań termomagnetycznych substancji ferromagnetycznych służy aparatura Sucksmitha, posługująca się mniejszym elektromagnesem. Jej działanie polega na optycznym pomiarze deformacji pierścienia z taśmy brązowej wywołanej oddziaływaniem pola magnetycznego na badaną substancję zawieszoną. Przy pomocy tego urządzenia możliwe są badania w zakresie do 800° na obiektach metalicznych jak i związkach chemicznych.

Pracownia termograficzna wyposażona jest w termograf Kurnakowa (własnej konstrukcji) i termograf Saladina. Spełniają one swoje zadania rejestrując na drodze fotograficznej wszystkie efekty cieplne zachodzące przy ogrzewaniu lub studzeniu badanych substancji. W ten sposób uzyskuje się wgląd w przemiany jakim ulegają badane substancje w szerokim przedziale temperatur. Do podobnych celów służą również badania tężymetryczne. Skonstruowana w ostatnich czasach aparatura umożliwia pomiary wysokotemperaturowe prężności par przy pomocy spiralnego manometru kwarcowego, a tym samym badania wszelkiego rodzaju równowag, w których udział bierze chociażby jeden składnik lotny. W toku organizacji znajduje się pracownia badania katalizatorów kontaktowych. Uruchomiona została aparatura typu BET, służąca do wyznaczania powierzchni właściwej ciał porowatych przez adsorpcję gazów w niskich temperaturach. Najczęściej stosuje się azot w temperaturze jego wrzenia (-196°). W stadium początkowym znajdują się urządzenia służące do określania zdolności katalitycznych kontaktów przy pomocy standardowych reakcji w rodzaju uwodorniania benzenu.

Metodyka badawcza stosowana w Katedrze II jest z uwagi na przedmiot badań, to jest roztwory i reakcje jonowe, odmienna niż w Katedrze I. Stąd podstawowe znaczenie mają elektrochemiczne i optyczne metody badawcze. Pracownia elektrochemiczna zakładu jest zaopatrzona w aparaturę do oznaczania przewodnictwa elektrolitów oraz stężeń jonów wodorowych (PH-metry) oraz w polarograf Heyrowskiego. Pracownia optyczna jest jeszcze bardzo skromna, gdyż posiada tylko fotometr Pulfricha oraz refraktometr Abbego. W zakresie spektrografii wykorzystuje się pracownię Katedry I, odczuwając niemniej dotkliwie brak spektrofotometru absorpcyjnego, który umożliwiłby szersze prowadzenie wielu prac z budowy i równowag jonowych

w roztworach, w oparciu o doświadczenia szkoły radzieckiej, szczególnie aktywnej w dziedzinie badań kompleksów.

Opis katedr nie byłby kompletny, gdyby pominąć nader ważną aparaturę do skraplania powietrza. Wyposażona w klasyczne urządzenia Olszewskiego dostarcza ona ok. 5 litrów powietrza na godzinę. Niestety z różnych powodów nie udało się dotychczas uruchomić właściwej pracowni niskich temperatur, która dysponuje dużym agregatem dającym ok. 30 l pow./godz. z równoczesną rektyfikacją na skroplony azot i tlen. Uruchomienie tej pracowni posiadałoby istotne znaczenie tak dla chemii jak i fizyki, gdyż umożliwiłoby z kolei skraplanie wodoru, a więc osiągnięcie temperatury — 260°, tj. tylko 13° powyżej absolutnego zera. Oznacza to poważne uchybienie, na które złożyło się wiele niekorzystnych okoliczności, tym bardziej przykrych, że dotąd w Polsce w ogóle możliwość w takiej skali nie istnieje. Jest jednak nadzieja, że przy poparciu właściwych czynników i ten problem zostanie w bliskiej przyszłości rozwiązany.

Włodzimierz Trzebiatowski

BIBLIOGRAFIA PRAC NAUKOWYCH I MONOGRAFII

1. W. Trzebiatowski, H. Płoszek i J. Łobzowski, *Analiza rentgenograficzna układów chrom-molibden i chrom-wolfram*, „Roczniki Chemii” 21, 22/8 (1947), i „Analytical Chemistry” 19, 93/6 (1947).
2. W. Trzebiatowski, J. Wojciechowska i J. Damm, *Mechanizm syntezy tytanianu barowego*, „Experientia” 6, 137 (1950); „Roczniki Chemii”.
3. W. Trzebiatowski i P. W. Selwood, *Magnetic Susceptibilities of Thoria-Urania Solid Solutions*, „J. Am. Chem. Soc.” 72, 4504/6 (1950).
4. B. Jeżowska-Trzebiatowska, *Chemia renu*, „Prace Wrocł. Tow. Nauk” Ser. B, Nr 36 (1952).
5. W. Trzebiatowski, *Zarys rentgenograficznej analizy strukturalnej*, Str. 258, PWT, Katowice 1950.
6. W. Trzebiatowski, A. Śliwa i B. Staliński, *Własności magnetyczne uranu i wodorku uranu*, „Roczniki Chemii” 26, 1/52/110/12.
7. W. Trzebiatowski i K. Pigoń, *Przewodnictwo elektryczne tytanianu barowego*, „Roczniki Chemii” 26, 494 (1952).
8. W. Trzebiatowski i B. Staliński, *Magnetic Susceptibilities of titanium hydrides*, „Bull. Ac. Sc. Pol.” 1, 131/35 (1953).
9. B. Jeżowska-Trzebiatowska, J. Nowojska i M. Wronska, *O manganie V-wart.*, „Roczniki Chemii” 25, 405 (1951).
10. B. Jeżowska-Trzebiatowska, *Związki kompleksowe renu IV- i V-wart.*, „Prace Wrocł. Tow. Nauk.” Ser. B, Nr 39 (1953).
11. B. Jeżowska-Trzebiatowska, J. Nowojska i M. Wronska, *The Mechanism of Reduction by conc. KOH Solution*, „Bul. Ac. Sc. Pol.” 1, 311/15 (1953).
12. W. Trzebiatowski i B. Staliński, *Magnetic properties of niobium hydrides*, „Bull. Ac. Sc. Pol.” 1, 317/8 (1953).
13. J. Wojciechowska, *Przebieg reakcji syntezy tytanianu strontu*, „Roczniki Chemii” 27, 216/31 (1953).
14. W. Trzebiatowski, *Struktura metali*, Str. 195, PWN, Warszawa 1953.

15. W. Trzebiatowski i J. Berak, *The Platinum-Rhenium System*, „Bull. Ac. Sc. Pol.” 2, 37/40 (1954).
16. W. Trzebiatowski, J. Berak i T. Romotowski, *Układ miedź-tytan*, „Roczniki Chemii” 27, 426 (1953).
17. W. Trzebiatowski, M. Drys i W. Baran, *Układ tlenek berylu-dwutlenek tytanu*, „Roczniki Chemii” 27, 438/442 (1953).
18. W. Trzebiatowski, A. Śliwa i B. Staliński, *Własności magnetyczne wodoru i deuterku uranu*, „Roczniki Chemii” 28, 12/20 (1954).
19. W. Trzebiatowski, M. Drys i J. Berak, *Układ tlenek baru-dwutlenek tytanu*, „Roczniki Chemii” 28, 21/28 (1954).
20. B. Jeżowska-Trzebiatowska i S. Wajda, *The Behaviour and Constitution of active Rhenium (IV) Complexes*, „Bull. Ac. Sc. Pol.” 2, 249/52 (1954).
21. B. Staliński, *X-ray Analysis and Magnetic Susceptibilities of Tantalum Hydrides*, „Bull. Ac. Sc. Pol.” 2, 245/7 (1954).
22. B. Jeżowska-Trzebiatowska, J. Nawojńska i M. Wrońska, *Kinetics of Permanganate Reduction by OH-Ions*, „Bull. Ac. Sc. Pol.” 2, 447/50 (1954).
23. M. Łukaszewicz i W. Trzebiatowski, *Crystal Structure of Titanium Arsenide*, „Bull. Ac. Sc. Pol.” 2, 277/9 (1954).
24. W. Trzebiatowski i J. Niemiec, *Struktura Re_2Ti_5* , „Roczniki Chemii” 29, 277/86 (1955).
25. B. Jeżowska-Trzebiatowska i L. Pajdowski, *Dreikernige Vanadin (III) Komplexe*, „Leipziger Chemiker Tagung 1954”, w druku.
26. B. Jeżowska-Trzebiatowska i J. Biernat, *Polarograficzna redukcja podmanganianów*, „Roczniki Chemii”, 29, 182/191 (1955).
27. J. Berak, *Układ żelazo — fosforów — kobalt*, „Hutnik” 18, 6/13 (1951).
28. B. Jeżowska-Trzebiatowska, J. Nawojńska, i M. Wrońska, *Kinetyka i mechanizm reakcji następczych w redukcji Mn(VII) — Mn(IV) jonami OH^-* , „Roczniki Chemii” 29, 259/276 (1955).
29. W. Trzebiatowski i J. Terpiłowski, *Thermodynamic Properties of Silver — Zinc Alloys and the related $\beta\text{-Ag-Mg}$ Phase*, „Bull. Ac. Sc. Pol.”, w druku.
30. W. Trzebiatowski i M. Dryś, *Układ tlenek strontu-dwutlenek tytanu*, „Roczniki Chemii” 29, 964 (1955).
31. W. Trzebiatowski i P. Rozdział, *O zawartości niektórych mikroelementów w krajowych fosforach*, „Przemysł Chemiczny” XI (1955) 613/16.
32. B. Staliński, *X-Ray Analysis of Lanthanum Hydrides* — „Bull. Ac. Sc. Pol.” — w druku.

KOMPLEKSOWE OBSERWACJE ZAĆMIENIA SŁOŃCA
dokonane 30.VI.1954 w Nadleśnictwie Zielonka koło Poznania

W dniu 30.VI.1954 przeprowadzono w Nadleśnictwie Doświadczalnym WSR w Poznaniu w Zielonce (szerokość geograficzna $52^{\circ} 31' 00''$, długość geograficzna $17^{\circ} 01' 50''$) kompleksowe badania zjawisk towarzyszących zaćmieniu Słońca, którego największa faza na badanym terenie wynosiła 0,91 o godz. 13,56.

W badaniach wzięto pod uwagę zjawiska meteorologiczne, magnetyczne i biologiczne. Ze zjawisk biologicznych obserwowano zachowanie się pszczół, mrówek i ptaków oraz reakcję roślin i zmiany ciśnienia krwi w organizmie ludzkim. Wyniki poszczególnych obserwacji naniesiono na wykres. Niektóre momenty kontrolowano w przeddzień zaćmienia i dzień po zaćmieniu. Ze względu na lekkie zachmurzenie w czasie zaćmienia trudno było ustalić skalę porównawczą, zwłaszcza w odniesieniu do światłomierzy i spektroskopu.

Poniżej podajemy skład osobowy ekipy, do której weszli pracownicy naukowcy WSR oraz członkowie Koła Poznańskiego Polskiego Towarzystwa Miłośników Astronomii:

doc. dr B. Kiełczewski	—	kierownik ekipy
L. Adamczak	—	obserwacja pszczół
I. Berent	—	" "
E. Folda	—	światłomierz
dr J. Gruszczyńska	—	ciśnienie krwi
mgr W. Kadłubowski	—	obserwacja mrówek
mgr M. Karliński	—	psychrometr
W. Piniewski	—	obserwacja ptaków
inż. J. Siejkowski	—	spektroskop
mgr A. Stankiewicz	—	elektroskop
mgr A. Szmidt	—	obserwacja pszczół
mgr E. Wiatrolik	—	komórka fotoelektryczna
inż. J. Wośicki	—	wiatromierz
mgr B. Wszołek	—	busola
mgr T. Zielińska	—	obserwacja roślin.

Niektóre szczegóły, zwłaszcza dotyczące obserwacji biologicznych, przedstawiają się następująco:

1) Igła magnetyczna około godz. 12,55 ulegała wyraźnym wahaniom; drgania igły ustąpiły całkowicie o godz. 13,50.

2) Pszczoły obserwowane były przez dwóch obserwatorów przy okienkach wlotowych dwóch uli. Metoda obserwacji odnosiła się do liczenia pszczół wlatujących do ula i wylatujących z niego w odstępie czasu dwuminutowym. W celach porównawczych tą samą metodą badano pszczoły o tej samej porze w dniu poprzedzającym zaćmienie. Przyloty i wyloty pszczół w dniu 29.VI były przez okres obserwacji od godz. 13 do 15 dość równomierne i wahały się w granicach 73 — 196 przy

wlatujących, a 25 — 71 przy wylatujących, gdy natomiast w dniu zaćmienia w okresie największej fazy przyłot był jeszcze dość duży i wynosił 154 pszczoły, natomiast wylot zmalał w jednym ulu do 2 — 3 pszczoł, w drugim 7 — 8 pszczoł. Przyłot od godz. 14,02 zaczął spadać i w tym czasie wynosił 62 pszczoły, a w następnych dwóch minutach — 16. Przyłoty, aż do zakończenia obserwacji, tzn. do godz. 15,16, były bardzo nieznaczne i wynosiły najwyżej 59 sztuk. Wyloty również aż do zakończenia badań były ograniczone i dopiero w ostatnich minutach dochodziły do liczby 59 sztuk w jednym, a 66 w drugim ulu. Liczba pszczoł na koniczyźnie wahała się normalnie w przeddzień zaćmienia i w dniu zaćmienia do godziny 12,42 przeciętnie 6 — 12 sztuk; od 13,41 do 14,26 nie obserwowano na koniczyźnie pszczoł.

3) Obserwacje ilościowe mrówek nie dały wyraźnych korelacji ich zachowania się z zaćmieniem, natomiast inne owady zachowywały się bardziej charakterystycznie. I tak np. motyle od godz. 14,25 do godz. 14,30 wykazywały duży spadek aktywności i dość łatwo pozwalały łapać się ręką.

Gąsienice barczatki, żerujące na sośnie, przerwały żer około godz. 13,10 i o godz. 14,00 żerowały normalnie. Larwy borecznika częściowo przerywały żerowanie od godz. 13,10 i jeszcze o godz. 14,55 tylko część larw żerowała normalnie.

4) Ptaki do godz. 13,34 odzywały się rzadko, natomiast o godz. 13,34 zaobserwowano wyższe nasilenie śpiewu ptaków, przy czym ptaki śpiewające na drzewach nie przenosiły się z miejsca na miejsce. Skowronki nader intensywnie śpiewały około godz. 13,41.

5) Obserwowano następujące gatunki roślin: *Robinia pseudoacacia*, *Hieracium* sp., *Convolvulus* sp., *Potentilla* sp., *Elscholtzia* i *Petunia* sp.

Robinia pseudoacacia o godz. 12,40 do 13,35 — blaszki liściowe podniesione do góry i nie zmieniają swego położenia w momentach zakrycia słońca przez chmury. O godz. 13,35 — blaszki liściowe zaczynają się rozchyłać. O godz. 13,40 blaszki liściowe całkowicie się rozchyliły, tworząc kąt 180°. Godz. 14,05 — blaszki liściowe przyjęły kąt rozwarty w stosunku do osi głównej. Godz. 14,45 — blaszki liściowe podnoszą się, powierzchnie zewnętrzne blaszek zwracają się ku sobie. Godz. 15,00 — blaszki liściowe przybierają układ początkowy, taki sam jak przed zaćmieniem.

Hieracium: godz. 12,40 koszyczki kwiatowe całkowicie zamknięte i nie otworzyły się wcale.

Convolvulus: godz. 12,45 kielichy kwiatowe rozwinięte i zwrócone w stronę południową aż do godz. 13,40. O tej godzinie kielichy zaczynają się lekko przymykać. Godz. 14,00 — zamknięte są do połowy. Godz. 14,40 niektóre kwiaty posiadają kielichy zamknięte prawie całkowicie. O godz. 15,27 kielichy zaczynają się powoli rozchyłać.

Potentilla: godz. 12,40 — kwiaty całkowicie otwarte. Godz. 14,20 płatki kielicha lekko się przymykają. Godz. 14,30 płatki kielicha przybrały położenie kąta prostego i do godz. 15,00 nie zmieniły położenia.

Elscholtzia: w czasie zaćmienia posiadała zamknięte kwiaty i już do przyszłego dnia ich nie otworzyła.

6) Ciśnienie krwi w organizmie ludzkim przeprowadzono w warunkach szpitalnych na badaniach 4 pacjentów: trzech mężczyzn w wieku lat 20, 29 i 45 i kobiety lat 43. Ciśnienie mierzono w odstępach 15-minutowych w dniach 29. i 30.VI. oraz 1.VII.54 od godz. 12,32 do godz. 14,03. Zbyt mała liczba obserwacji nie pozwala na wyciągnięcie jakichkolwiek pewnych wniosków, można jednak sądzić, że liczba wahań ciśnienia, zarówno granicy górnej jak i dolnej, jest większa w dniu zaćmienia i to w okolicy największej fazy niż w dniach kontrolnych.

Wnioski:

O ile obserwacje meteorologiczne nie dają zbyt wyraźnego obrazu korelacji z zaćmieniem, to jednak igła magnetyczna wykazywała pewne charakterystyczne odchylenia, zwłaszcza że i porównawczy magnetogram wykazuje również pewne odchylenia od magnetogramów dni poprzedzających zaćmienie i następujących po nich. Bardzo wyraźny wpływ zaćmienia można było zaobserwować na etologii zwierząt oraz na reakcji roślin wykazujących ruchy neklinastyczne. Owady kryją się do swych gniazd lub innych kryjówek i reagują zahamowaniem aktywności. Ptaki wydają się bardziej pobudzone do śpiewu. Rośliny reagują bardzo specyficznie zależnie od gatunku. U niektórych reakcja zamknięcia kwiatu stała się dla danego dnia nieodwracalna. Nasuwa się pytanie, czy wyłącznie tylko natężenie światła jest tutaj czynnikiem decydującym o takiej czy innej reakcji? Na razie trudno jest na podstawie zbyt małej jeszcze liczby obserwacji, a zwłaszcza obserwacji kontrolnej, zająć w tym zagadnieniu jakieś stanowisko. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że już sam rozkład widma promieniowania słonecznego ulega pewnym zmianom w czasie najwyższej fazy. Szerokość pasma widma zielonego i czerwonego nieco maleje, gdy natomiast barwa niebieska ulegała poszerzeniu. Być może, że w związku z różnym rozkładem promieniowania wrażenie subiektywne oświetlenia różniło się wyrazem dość znacznie od oświetlenia o zmierzchu czy poranku lub przy silnym zachmurzeniu, odpowiadającym mniej więcej takiemu samemu natężeniu w luksach, jakie zachodziło podczas zaćmienia. Oprócz jednak promieniowania świetlnego, radiowego, korpuskularnego, słońce wydziela jeszcze inne rodzaje energii, które w specyficzny sposób działają na organizmy żywe, aczkolwiek natura ich nie została jeszcze należycie zbadana. Mamy tu na myśli przede wszystkim tzw. liczbę „F” odkrytą przez M. Takatę, będącą wyrazem reakcji dobowej krwi organizmu ludzkiego. Liczba „F” w ciągu dnia podnosi się i zaraz po zachodzie słońca opada niezależnie od tego, czy człowiek znajduje się bezpośrednio pod działaniem promieni słonecznych, czy jest całkowicie od nich odizolowany.

Liczba „F” ponadto zmniejsza się znacznie w czasie zaćmień oraz w czasie przesuwania się plam słonecznych. Według Kiepenheuera przyczyną reakcji fizjologicznej są nie znane dotąd składowe części promieniowania słonecznego i możliwe, że one decydują o opisanych wyżej reakcjach zwierząt i roślin na zaćmienie, jak również powodują zmiany fizjologiczne ustroju.

Bohdan Kielczewski i Bohdan Wszolek

ZJAZD POLSKIEGO TOWARZYSTWA GLEBOZNAWCZEZGO

W dniach 16—20 września 1954 r. odbył się we Wrocławiu doroczny Naukowy Zjazd Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego, zorganizowany pod hasłem: „Podniesienie produktywności gleb piaszkowych”. Otwarcia Zjazdu, w którym wzięło ponad 200 członków Towarzystwa, dokonał przewodniczący Wrocławskiego Oddziału Pol. Tow. Gleboznawczego prof. J. Tomaszewski, który następnie przewodnictwo oddał prezesowi Towarzystwa prof. M. Górskiemu.

W ramach Zjazdu zostały wygłoszone referaty: J. Tomaszewski: *Dynamizm żyzności gleb jako podstawa produkcji rolniczej*, S. Bac i S. Marcilonek: *Przebieg kondensacji pary wodnej w żwirze i piaskach na podstawie badań lizymetrycznych*, B. Świętochowski: *Podniesienie produktywności gleb piaszkowych*, M. Strzemiński: *Problemy rejonizacji rolnictwa i leśnictwa polskiego oraz rola map glebowych w skali 1:300 000 jako podstawa dla akcji rejonizacyjnej*, następnie referaty dotyczące zagadnień regionalnych Śląska: M. Różycki: *Budowa geologiczna Śląska*, A. Schmuck: *Warunki klimatyczne Śląska* i J. Tomaszewski: *Ogólna charakterystyka gleb Śląska*, wreszcie referaty o charakterze komunikatów, informujące o osiągnięciach i pracach badawczych z zakresu gleboznawstwa i chemii rolnej: M. Górski: *Organizacja powstających stacji chemiczno-rolniczych w Polsce*, R. Schillak: *O kompleksowym oznaczaniu składników pokarmowych w materiale roślinnym*, M. Górski: *Amoniak jako nawóz azotowy*, J. Michajluk i K. Mucha: *Dynamika związków próchnicznych w różnych okresach wegetacji*, J. Tokarski: *Oznaczanie składu mechanicznego gleby metodą termiczną*, A. Musierowicz: *Wpływ solenia śniegu na ulicach Warszawy przyczyną zamierania drzew przydrożnych*, A. Czekalski: *Wpływ człowieka na stan wody gruntowej w glebie*, M. Kwinichidze i K. Marcilonek: *Wpływ jonu glinowego na rozwój roślin i pobieranie fosforu w różnych warunkach glebowych*. Poruszane zagadnienia wywołały ożywioną dyskusję, w której zabierało głos ponad 40 uczestników Zjazdu.

W trzecim dniu Zjazdu odbyło się Walne Zgromadzenie T-wa, na którym omówiono bieżące sprawy. Sprawozdanie Zarządu Głównego zostało przyjęte przez Zjazd. Szczególne zainteresowanie wzbudziła zapowiedź wydawania czasopisma referatowego, zawierającego streszczenia obcych prac z zakresu gleboznawstwa i chemii rolnej.

W dalszych dwóch dniach odbyła się terenowa kurso-konferencja. W pierwszym dniu uczestnicy zwiedzili obszary położone na północny wschód od Odry pomiędzy Wrocławiem a Opolem, w drugim okolice Strzelina i obszary położone na południowy zachód od powyższego odcinka Odry. W czasie oglądania lekkich gleb piaszkowych, ziem czarnych, rędzin, lessów i gleb brunatnych nieprzerwanie trwała ożywiona dyskusja.

Podsumowania Zjazdu dokonał prof. M. Strzemiński, po czym Zjazd uchwalił wnioski, przygotowane przez komisję wnioskową. Z najważniejszych należy wymienić:

W badaniach nad podniesieniem produktywności tzw. gleb lekkich należy przede wszystkim zwrócić uwagę na piaski całkowite, tj. piaski, których miąższość przekracza 150 cm.

Należy przystąpić do rozstrzygnięcia zagadnienia delimitacji piasków, które powinny podlegać zalesieniu, i piasków nadających się jeszcze pod uprawę rolną.

Dla przyspieszenia prac zdążających do podniesienia produktywności lekkich gleb piaszkowych należy stworzyć przynajmniej dwie stacje doświadczalne na tego rodzaju glebach i przystąpić do zorganizowania prac zespołowych.

W badaniach nad podniesieniem produktywności gleb lekkich należy zwrócić uwagę na następujące zagadnienia:

- a) dynamika wody w glebie oraz powiększenie jej zasobów w glebach piaszkowych,
- b) pochodzenie geologiczne i skład mineralny piasków,
- c) własności fizyczne, chemiczne i biologiczne gleb piaszkowych,
- d) własności i zawartość koloidów w glebach lekkich,
- e) strukturalność gleb lekkich.

Za najważniejsze środki zdążające do uproduktywnienia piasków należy uważać:

- a) sztuczne nawadnianie i zraszanie piasków,
- b) opracowanie najwłaściwszych metod wzbogacania piasków w substancje organiczne,
- c) opracowanie sposobów odkwaszania gleb piaszkowych,
- d) opracowanie metod agrotechnicznych do utworzenia najwłaściwszej struktury.

Kazimierz Maślankiewicz

„Archiwum Mineralogiczne“ tom XVIII, zesz. 2, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1955.

W 2 zesz. XVIII tomu „Archiwum Mineralogicznego“, wydawanego staraniem Komitetu Geologicznego PAN, ukazały się prace: Z. Skrzatówna: *Przyczynek do morfologii kryształów gipsu z Dobrzymia i ich luminescencji*, K. Skoczyńska-Ciszewska i T. Tyniec: *O pegmatycie turmalinowym z fliszu okolicy Żegociny*, A. Polański: *Studia nad metamorfozą formacji krystalicznych Gór Sowich*, M. Turnau-Morawska: *Orientacja optyczna wydłużonych ziarn kwarcu w piaskach*, Z. Walenczak: *Metody biogeochemiczne w badaniu zawartości niklu w serpentynitach dolnośląskich*, ponadto komunikaty: St. J. Thugutt: *Rola wody w zeolitach*, J. Ansilewski: *Fengit z okolic Gorzanowic koło Bolkowa*. Kilkanaście stron tekstu zajmuje dział recenzji z obcych prac geochemicznych, mineralogicznych i petrograficznych.

W nawiązaniu do tradycji „Archiwum Mineralogicznego“ z lat przedwojennych został wznowiony dział Polskiej Bibliografii Mineralogicznej, obejmujący 10-lecie 1940—1950. Redakcja przejrzała 46 czasopism i wydawnictw ciągłych, podając 244 pozycje bibliograficzne. W następnym tomie (XIX, 1955) zamierzone jest podanie bibliografii mineralogicznej za okres 1951—1954, w dalszych zaś tomach bibliografia ma być podawana bieżąco, za każdy rok poprzedzający wydanie danego tomu „Archiwum“, ewentualnie z uzupełnieniami z lat wcześniejszych.

Kazimierz Maślankiewicz

T R E Ś Ć

<i>Marek Fisz</i> — Uwagi o rachunku prawdopodobieństwa	285
<i>Yasushi Nishiwaki</i> — Popiół z Bikini	248
<i>Kazimierz Maślankiewicz</i> — Stanisław Staszic	311
<i>Alfons Krause</i> — O doniosłym znaczeniu jonów w katalizie	320
<i>Józef Szaflarski</i> — Prądy głębinowe w oceanach	329

KRONIKA NAUKOWA

<i>Zbigniew Kęcki</i> — Jubileusz profesora W. Świętosławskiego	346
<i>Włodzimierz Trzebiatowski</i> — Rozwój chemii nieorganicznej we Wrocławiu	348
<i>Bohdan Kietczewski i Bohdan Wszolek</i> — Kompleksowe obserwacje zaćmienia Słońca	356
<i>Kazimierz Maślankiewicz</i> — Zjazd Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego	359

RECENZJE

<i>Kazimierz Maślankiewicz</i> — Archiwum Mineralogiczne	361
--	-----

CZASOPISMA NAUKOWE I POPULARNONAUKOWE

PRENUMERATA NA ROK 1956

Prenumerata zapewnia czytelnikom stałą i systematyczną dostawę czasopism. Prenumeratę na I półrocze 1956 lub na cały rok należy zgłaszać do 15 grudnia 1955 r. Wpłaty na prenumeratę przyjmuje Centrala Kolportażu „Ruch”, Warszawa, ul. Srebrna 12, konto PKO Nr 1-6-100.020.

Prenumeratę przyjmują również Oddziały „Ruchu” oraz urzędy pocztowe. W poniższym wykazie czasopism Polskiej Akademii Nauk, towarzystw i instytutów naukowych oraz Min. Szkolnictwa Wyższego ukazujących się nakładem PWN podano przy każdym z tytułów cenę prenumeraty całorocznej.

Filozofia — ekonomia

MYŚL FILOZOFICZNA, dwumies. — zł 90
MYŚL FILOZOFICZNA — Przekł., kwart. — zł 20
EKONOMISTA, dwumies. — zł 60
EKONOMISTA, Przekłady, kwart. — zł 20
PRZEGŁĄD STATYSTYCZNY, kwart. — zł 48

Historia i nauki pomocnicze historii

KWARTALNIK HISTORII NAUKI I TECHNIKI, kwart. — zł 100
KWARTALNIK HISTORYCZNY, dwumies. — zł 90
KWART. HIST. — Przekłady, kwart. — zł 20
PRZEGŁĄD HISTORYCZNY, kwart. — zł 60
KWARTALNIK HISTORII KULTURY MATERIALNEJ, kwart. — zł 80
WIADOMOŚCI ARCHEOLOG., kwart. — zł 76

Filologia

KWARTALNIK NEOFILOLOG., kwart. — zł 60
MEANDER, mies. — zł 60
PRZEGŁĄD ORIENTALIST, kwart. — zł 60

Fizyka — astronomia

ACTA PHYSICA POLONICA, dwumies. — zł 90
POSTĘPY FIZYKI, dwumies. — zł 66
ACTA ASTRONOMICA POL., kwart. — zł 60
POSTĘPY ASTRONOMII, kwart. — zł 32
URANIA, mies. — zł 24

Chemia

ROCZNIKI CHEMII, kwart. — zł 100
WIADOMOŚCI CHEMICZNE, mies. — zł 72

Nauki o Ziemi

ACTA GEOPHYSICA POLONICA, kwart. — zł 48
ACTA GEOLOGICA POLONICA, kwart. — zł 80
CZASOPISMO GEOGRAFICZNE, kwart. — zł 40
PRZEGŁĄD GEOGRAFICZNY, kwart. — zł 60
PRZEG. GEOGR. — Przekłady, kwart. — zł 48
POZNAJ ŚWIAT, mies. — zł 36
PRZEGŁĄD METEOROLOGICZNY I HYDROLOGICZNY, kwart. — zł 36

Nauki biologiczne

ACTA BIOCHIMICA POLONICA, kwart. — zł 80
ACTA MICROBIOLOGICA POL., kwart. — zł 40

ACTA PALEONTOLOGICA POL., kwart. — zł 80
ACTA SOCIETATIS BOTANICORUM POLONIAE, kwart. — zł 92
CHRONMY PRZYRODĘ OJCZYSTĄ, dwumies. — zł 24
EKOLOGIA POLSKA (SERIA B), kwart. — zł 36
FOLIA BIOLOGICA, kwart. — zł 80
KOSMOS (seria A — Biologia), dwumies. — zł 60
KOSMOS (seria B — Przyroda nieożywiona), kwart. — zł 48
POSTĘPY BIOCHEMII, kwart. — zł 60
WIADOMOŚCI PARAZYTOLOG., dwumies. — zł 48
WSZECHŚWIAT, mies. — zł 48

Nauki techniczne

ARCHIWUM AUTOMATYKI I TELEMECHANIKI, kwart. — zł 48
ARCHIWUM BUDOWY MASZYN, kwart. — zł 80
ARCHIWUM ELEKTROTECHN., kwart. — zł 80
ARCHIWUM GÓRNICZWA, kwart. — zł 60
ARCHIWUM HUTNICTWA, kwart. — zł 60
ARCHIWUM HYDROTECHNIKI, kwart. — zł 80
ARCHIWUM INŻYNIERII ŁĄD., kwart. — zł 80
ARCHIWUM MECH. STOSOW., kwart. — zł 100
GEODEZJA I KARTOGRAFIA, kwart. — zł 48
KWARTALNIK ARCHITEKTURY I URBANISTYKI, kwart. — zł 80
ROZPRAWY INŻYNIERSKIE, kwart. — zł 80
ROZPRAWY ELEKTROTECHN., kwart. — zł 80

Organizacja nauki i ogólne

NAUKA POLSKA, kwart. — zł 80
SPRAWOZDANIA Z CZYNNOŚCI I PRAC PAN, kwart. — 60 zł
BIULETYN POLSKIEJ AKADEMII NAUK
Wydział II, mies. — zł 120
Wydział III, mies. — zł 120
Wydział IV, kwart. — zł 40
ŻYCIE SZKOŁY WYŻSZEJ, mies. — zł 60

Czasopisma Instytutu Polsko-Radzieckiego
KWARTALNIK INSTYTUTU POLSKO-RADZIECKIEGO, kwart. — zł 60
SOVIETICA W POLSCE — KWARTALNY PRZEGŁĄD BIBLIOGRAFICZNY, kwart. — zł 60