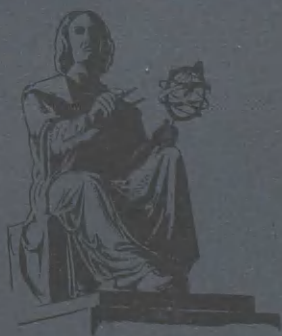


Polskie Towarzystwo Przyrodników
im. KOPERNIKA

KOSMOS

Seria B
PRZYRODA NIEOŻYWIONA



ROK II

ZESZYT 2 (6)

WARSZAWA 1956

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

POLSKIE TOWARZYSTWO PRZYRODNIKÓW
Im. KOPERNIKA

K O S M O S

Seria B: PRZYRODA NIEOŻYWIONA



ROK II

WARSZAWA 1956

ZESZYT 2(6)

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

Redaktor Naczelny
LEOPOLD INFELD

Zastępca Red. Naczelnego
KAZIMIERZ MAŚLANKIEWICZ

Członek Komitetu Redakcyjnego
JÓZEF HURWIC

Sekretarz Redakcji
WŁODZIMIERZ KOŁOS

Adres Redakcji: Warszawa, ul. Hoża 69

PANSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE — DZIAŁ CZASOPISM
Warszawa, Krakowskie Przedmieście 79

Nakład 1428 + 108	Oddano do składu 6.II.56
Ark. wyd. 8,9, ark. druk. 6,5	Podpisano do druku 10.IV.56
Pap. druk. sat. kl. V, 70 g 70 x 100/16	Druk ukończono w kwietniu 1956
Cena zł 12.—	Zam. 45 B-7-23871

— Stł. Drukarnia Naukowa, Warszawa, Sniadeckich 8



GEORGIUS AGRICOLA
(1494 — 1555)

Kazimierz Maślankiewicz

GEORGIUS AGRICOLA

1494 — 1555

400 lat minęło w listopadzie ubiegłego roku od śmierci Georgiusa Agricoli, wielkiego przyrodnika, mineraloga i geologa, pioniera górnictwa i hutnictwa, cenionego lekarza i pedagoga, znakomitego humanisty. W marcu br. mija 400 lat od chwili ukazania się jego największego dzieła *De re metallica*, które przyniosło mu nie przemijającą sławę. Wielu wydań w różnych językach doczekało się to dzieło, a o trwałości jego wartości świadczy fakt, że nowe wydania i tłumaczenia ukazują się nieprzerwanie aż do dnia dzisiejszego.

Wielu wybitnych ludzi współczesnych podnosiło znaczenie jego dzieł, nazywając go nieraz nowoczesnym Pliniuszem.

Nazwisko Agricoli cytowane jest przez tak wybitnych uczonych, jak Newtona i Łomonosowa. Zawierają je wszystkie leksykony i encyklopedie, wymieniają je słowniki lekarzy i przyrodników, wstępy historyczne podręczników mineralogii, geologii, górnictwa i hutnictwa.

„Ojcem mineralogii i górnictwa“ nazwał go w swej pracy o *Nowej teorii powstawania żył* (1791) znakomity mineralog z Freibergu Abraham Gottlob Werner. Był on przekonany, że sława Agricoli na polu nauk, które uprawiał, będzie tak długo trwała jak sława Arystotelesa w filozofii i Pliniusza w naukach przyrodniczych.

Zasługi Agricoli, zwłaszcza na polu nauki o kruszcach i skałach oraz górnictwa, wysoko stawia również Goethe, który w swym głównym, dwutomowym dziele przyrodniczym *Farbenlehre* (1810) każe podziwiać wszechstronność autora *De re metallica*.

Życie Jerzego Agricoli przypada na epokę rozpoczynającą nowożytnie dzieje Europy. To okres Renesansu, czyli Odrodzenia, a równocześnie okres Reformacji, która zrodziła się na tle dążeń renesansowych.

Powszechnie zaczęto wówczas domagać się wolności dla wszystkich dziedzin życia, religii, nauki i polityki. Jednostka chciała być sobą, uczony — indywidualnym badaczem, malarz i rzeźbiarz — nieskrępowanym artystą. Dojrzał czas zerwania ze sztucznymi i zawiłymi sposobami myślenia scholastycznego.

Georgius Agricola urodził się dnia 24 marca 1494 r. w Saksonii, w mieście Glauchau nad rzeką Muldą, dawnej osadzie słowiańskiej (Głuchów). Właściwie jego nazwisko brzmiało Bauer (niekiedy pisano je również Bawer lub Pawer, a nawet Pauwer), on sam jednak, jak i współcześni, używali zlatynizowanej formy Agricola. Z biegiem lat właściwe jego nazwisko uległo zapomnieniu i w niektórych

biografiach podaje się fałszywie jako rzekome jego właściwe nazwisko *L a n d m a n n* lub *A c k e r m a n n*, co powstało z tłumaczenia łacińskiego słowa *Agricola*.

Niewiele wiemy o rodzinie *Agricoli* i jego młodych latach, ponieważ wskutek licznych pożarów w *Glauchau* bardzo wiele dokumentów i ksiąg uległo zniszczeniu. Największego spustoszenia dokonał pożar w r. 1712, kiedy spłonęło niemal całe miasteczko wraz z archiwum miejskim. Tradycja miejscowa podaje, że ojciec jego był rzemieślnikiem i należał do cechu sukienników.

Do szkół podstawowych chodził *Agricola* w miejscu swego urodzenia, a przypuszczalnie także w *Zwickau*, na co wskazują jego późniejsze wspomnienia o pożarze w kopalni węgla w tej miejscowości. W wieku lat dwudziestu udaje się do Lipska, gdzie studiuje teologię, filologię i filozofię.

Uniwersytet w Lipsku należał za czasów *Agricoli* do tych uczelni, na których już zupełnie wyraźnie zaznaczał się wpływ zwycięsko kroczącego humanizmu. Coraz więcej uwagi poświęcano studiom języka greckiego, zachwycając się pismami starożytnych.

Trzy i pół roku trwały studia *Jerzego Agricoli*. Po uzyskaniu godności *Baccalaureus artium* opuścił uniwersytet lipski, by poświęcić się zawodowi nauczycielskiemu. Na zaproszenie rady miejskiej *Zwickau* udał się do tego miasta, aby objąć stanowisko zastępcy rektora w szkole miejskiej, która od połowy XV wieku stała na bardzo wysokim poziomie.

Rozwój miasta *Zwickau*, liczącego za czasów *Agricoli* około 10 000 mieszkańców, związany był z rozkwitającym górnictwem kruszczowym w *Schneeberg*, *Annaberg* i *Jachimowie*. Szczególnie silnie związane było z *Zwickau* górnictwo w *Schneeberg*, skąd pochodzili najbardziej doświadczeni górnicy. Aż do r. 1477 sąd górniczy kopalń w *Schneeberg* miał swą siedzibę w *Zwickau*, tutaj do r. 1500 znajdowała się mennica, tu czynna była również huta srebra. W licznych warsztatach wyrabiano przedmioty metalowe z żelaza, miedzi i mosiądzu. Mieszkańcy miasta prowadzili ożywiony handel, a burmistrz miasta *Michel R a n g* wyliczając (w r. 1511) kraje, z którymi nawiązano stosunki handlowe, wymienia i Polskę.

Zasługą *Agricoli* było opracowanie planu organizacyjnego nowej szkoły, zwanej Szkołą Grecką, której sława szybko rozniosła się szeroko, ściągając uczniów i z dalszych stron Saksonii.

Agricola okazał się doskonałym pedagogiem. W czasie pobytu w *Zwickau* napisał swą pierwszą pracę poświęconą gramatyce języka łacińskiego, która została wydana w r. 1520 w Lipsku. W przedmowie do tej pracy wypowiada *Agricola* opinię o obowiązkach nauczyciela. Zdaniem jego — nie wystarcza tylko osiągnięcie wiedzy. Sposób życia nauczyciela powinien stanowić przykład dla uczniów. *Agricola* domaga się zniesienia powszechnie stosowanej barbarzyńskiej kary chłosty, starając się o ściślejsze powiązanie szkolnego procesu wychowania z pozytywnymi wpływami domu rodzicielskiego. Całkiem nowe było także nałożenie na nauczyciela bezpośredniej odpowiedzialności za rozwijanie się osobowości ucznia stosownie do jego uzdolnień i indywidualności.

W r. 1523 został wydany dla szkół saskich regulamin szkolny, uważany za najwcześniejszy powstały pod wpływem humanizmu i reformacji; jest to regulamin szkolny ułożony w języku niemieckim, w którym całkowicie zerwano ze starą scholastyką i dawnym sposobem nauczania. Jest rzeczą bardzo prawdopodobną, że twórcą tego regulaminu, a przynajmniej jego duchowym ojcem był Agricola.

W r. 1522, po czterech latach pobytu w Zwickau, rezygnuje Agricola ze stanowiska rektora i na zaproszenie swego przyjaciela *Mosellanus* a udaje się do Lipska, by na tamtejszym uniwersytecie objąć stanowisko lektora języka łacińskiego i greckiego. Główną przyczyną tej decyzji była niewątpliwie dążność do uzyskania wyższego naukowego wykształcenia. Rada miejska w Zwickau wyraziła Agricoli opuszczającemu miasto wyrazy uznania i wdzięczności za owocną pracę. Wysoki poziom szkoły podnosił m. in. *Luter* mówiąc, że szkoła ta obok paru innych osiągnęła niemal poziom uniwersytetu. W niedługim jednak czasie straciła ona swe dominujące znaczenie.

Niewiele mamy wiadomości o drugim pobycie Agricoli w Lipsku. Wiemy tylko, że przebywał stale razem z *Mosellanus*em, który zaznajał go ze światem humanistów. Po jego przedwczesnej śmierci opuszcza Agricola w r. 1524 Lipsk udając się do Włoch.

Włochy były wówczas krajem o wysokiej kulturze humanistycznej i skupiały młodzież z wielu krajów Europy. Szczególnie wysoko stały tam medycyna i nauki przyrodnicze, ożywione duchem Odrodzenia. U progu rozkwitu znajdowało się wiele gałęzi nauk przyrodniczych, które poprzednio wskutek skrępowania autorytetami *Arystotelesa* i Kościoła nie mogły się rozwijać swobodnie. Do Włoch przybywają wybitni uczeni całego świata pragnący zerwać ze szkodliwą tradycją, że wymienić tylko matematyka *Jana Regiomontanus*a, czy *Mikołaja Kopernika*.

Pobyt Agricoli we Włoszech przypada na lata 1524—1526. Studiował on na uniwersytetach w Bolonii, Wenecji i w Padwie, gdzie szczególnie nauki lekarskie znajdowały się na wysokim poziomie.

Wiele zyskał on przez zetknięcie się z różnymi wybitnymi ludźmi w czasie pobytu w Wenecji, którą nazywa najpiękniejszym ze wszystkich miast Europy. Nie ograniczał się tylko do wiedzy książkowej w czasie swojego pobytu we Włoszech. W swym dziele górniczym daje opis sławnych hut szklanych na wyspie Murano na północ od Wenecji, które zwiedzał. W r. 1526 był również w Rzymie, o czym wspomina w pierwszej księdze dzieła *De veteribus et novis metallis*. Podaje on, że *Fuggerowie* na życzenie papieża *Klemensa VII* wysłali do Włoch z miejscowości Schwaz w Tyrolu dwóch rzeczoznawców górniczych, jednego dla założenia tam kopalni, drugiego dla topienia wydobytych kruszców. Badania ich jednak wykazały, że złoża srebra we Włoszech były zbyt ubogie, by pokryć koszty eksploatacji i przerobu.

Nie jest rzeczą pewną, gdzie Agricola uzyskał stopień doktorski. Nastąpiło to przypuszczalnie na uniwersytecie w Ferrarze.

W jesieni 1526 roku Agricola jest już z powrotem w Zwickau, przybywając następnie do Chemnitz. W roku następnym powołany zostaje na lekarza miejskiego w Jachimowie.

We wstępie do swego dzieła o starych i nowych metalach *Libri de veteribus et novis metallis*, ogłoszonego w r. 1546, sam o tym pisze

Agricola: „Gdy kiedyś wróciłem z Włoch, gdzie dobre lata studiowałem medycynę i filozofię, do Niemiec, nic nie leżało mi bardziej na sercu, jak udać się do gór kruszcowych, najbogatszych obecnie w srebro w całej Europie. Zaledwie tam przybyłem, zapaliłem się, by móc zaznajomić się z górnictwem... w rok później z porady mych przyjaciół osiedliłem się w Jachimowie jako lekarz“.

Również i w innych miejscach swych dzieł wspomina o swych zamiłowaniach poznania przyrody podziemnej i sztuki górniczej, co skłoniło go do osiedlenia się w ośrodku górniczym.

W wypowiedziach swoich żali się Agricola na małe fachowe przygotowanie kolegów lekarzy, którzy nawet nie bardzo rozumieli znaczenia przepisywanych greckich i łacińskich recept. Zdaniem jego, zapomniano również znanej już starożytnym sztuki stosowania z doskonałym skutkiem środków leczniczych ze świata mineralnego. To właśnie dążenie, aby tę lukę w ówczesnej sztuce medycznej wypełnić, było, zdaje się, głównym powodem wybrania na miejsce pobytu ośrodka górniczego i hutniczego. Zarówno w dziele *Bermannus*, jak i w pracy o starożytnych miarach i wagach nawiązuje on do zawodu lekarza, później jednak zainteresowania jego skierowują się niemal wyłącznie w stronę świata minerałów i sztuki górniczej. Lekarz z wykształcenia stał się mineralogiem, górnikiem i metalurgiem.

Jachimów (Joachimstal), który powstał dopiero w 1516 r., szybko stał się żywym ośrodkiem górniczym całego obszaru kruszcowego, otrzymując w r. 1520 przywileje wolnego miasta górniczego. Za czasów Agricoli liczył on już około 8000 górników oraz ponad 1000 sztygarów i urzędników górniczych.

W Jachimowie znalazł Agricola zajęcie, które mu odpowiadało. Tutaj mógł połączyć swój zawód lekarza z zainteresowaniami dla mineralogii i górnictwa oraz zając się nowym tym światem, w czym pomagali mu nowi przyjaciele. Do przyjaciół tych należał także hutnik Lorenz *Bermann*, któremu zawdzięczał wiele wiadomości i informacji. Z wdzięczności uwieczni jego nazwisko w tytule swej pierwszej pracy mineralogiczno-górnicznej *Bermannus, sive de re metallica dialogus* (*Bermannus, czyli Rozmowa o górnictwie*). Jest to pierwsza praca Agricoli o charakterze mineralogiczno-geologicznym, dająca również interesujący obraz ówczesnego niemieckiego górnictwa i metod w nim stosowanych.

Podstawą znajomości u Agricoli metali i ich naturalnych połączeń oraz sposobu występowania w przyrodzie były jego własne studia starożytnych autorów i późniejszej, bardzo skąpej zresztą, literatury mineralogicznej i metalurgicznej oraz bezpośrednie obserwacje i informacje uzyskane od górników i hutników. Podając w wielu swych późniejszych pracach obszerne wykazy autorów, na których się opierał, ogranicza się niemal wyłącznie do autorów starożytnych.

Nie poprzestawał Agricola na własnych obserwacjach i informacjach otrzymanych od miejscowych górników i hutników. Zawsze niezmiernie czynny i pełen zainteresowań dla mineralogii i górnictwa pozostawał w żywej korespondencji z górnikami i uczonymi, zarówno w kraju jak i za granicą. On sam w dedykacji do *De natura fossilium* opisywał, jak w jego

pracy pomagali mu zagraniczni górnicy, uczeni i kupcy przez przysyłanie okazów minerałów nawet z Azji i Afryki.

Opisy minerałów i ich występowanie przedstawia Agricola w sposób jasny, co ułatwia forma dialogów prowadzonych przez Bermannusa i jego rozmówców. Przy opisie poszczególnych minerałów omawia krytycz-



Rys. 1. Jachimów za czasów Agricoli.

nie dane starożytnych, porównując je z informacjami późniejszych autorów i własnymi obserwacjami. Wiele zajmuje się Agricola związkami ołowiu i ich występowaniem w przyrodzie także ze względów lekarskich, rozważając możliwość ich zastosowania.

Agricola unika podawania wiadomości niepewnych, pisząc w innym miejscu w *Bermannusie*: „O minerałach, które tu się nie znachodzą, nie chcę mówić, aby nie podać czegoś fałszywego“, dodając dalej skromnie: „Nawet to, co u nas występuje, znam tylko bardzo niedostatecznie“.

Chociaż najwięcej powołuje się na prace starożytnych, nieobce są mu i badania Arabów. Przy opisie minerałów stara się podać jak najwięcej szczegółów, podkreślając, że nieraz nieznaczne nawet różnice w zewnętrznych własnościach, a zwłaszcza w barwie, mogą stanowić ważną informację dla rozpoznania danego minerału.

Niektóre szczegółowe opisy minerałów Agricoli, jak np. siarczoków srebra, są pierwszymi w literaturze mineralogicznej. Również po raz pierwszy opisuje on występowanie bizmutu w przyrodzie.

Przy opisie metali podaje Agricola informacje o ich występowaniu, o charakterze geologiczno-górnictwym, opierając się niekiedy także na świeżo wydanej pracy freiberskiego lekarza miejskiego Kalbego¹.

Wiele trudu musiał zadawać sobie Agricola, starając się w możliwie właściwy sposób wysłowić po łacinie odpowiednie niemieckie wyrażenia górnicze. Wszystkie bowiem swe dzieła mineralogiczno-górnictwe pisał on po łacinie; dopiero w latach późniejszych tłumaczono je na język niemiecki.

Przy opisie minerałów miedziowych cytuje starożytnych autorów,

Ein nützlich bergbuchlêr



Rys. 2. Karta tytułowa książki o górnictwie Ulricha Rülein von Kalbe.

wymieniając również znane mu miejsca występowania. M. in. wymienia minerały miedzi występujące na Dolnym Śląsku w Złotej Górze (Goldberg).

Dzieło *Bermannus* doczekało się wielu wydań. W języku łacińskim wydawano je w latach 1531, 1541, 1546, 1558, 1612, 1657; tłumaczenie włoskie tego dzieła ukazało się w roku 1550, tłumaczenie niemieckie w r. 1778 i 1806, i wreszcie w r. 1955.

Niewiele wiemy o lekarskiej działalności Agricoli w czasie pobytu w Jachimowie. Już w *Bermannusie* wspomina on o zawodowych chorobach górnika i hutnika, zwracając również uwagę na zdarzające się nieszczęśliwe wypadki i higienę pracy, czym wyprzedza swą epokę. M. in. wspomina o „maskach ochronnych” przeciw trującym parom rtęci.

Jak to ówczesnie bywało, pełniąc obowiązki lekarza miejskiego czynny był on również jako aptekarz. W *Bermannusie* podnosi zasługi Arabów na polu farmacji i wymienia niektóre lekarstwa pochodzenia arabskiego.

Bezpośrednie zetknięcie się z pracą w aptece ujawniło Agricoli trudności, z jakimi spotykano się przy odmierzaniu i odważaniu środków lekarskich wchodzących w skład recept. Różne jednostki miar i wag, używane przez starożytnych, przez Arabów, w Niemczech, we Włoszech czy we Francji, powodowały nieraz wiele zamieszania i to zapewne było punktem wyjścia zainteresowania się jego tymi sprawami. Wśród różnorodnych późniejszych prac znajdują się i traktaty o miarach i wagach.

W r. 1530 rezygnuje Agricola ze stanowiska lekarza miejskiego, lecz jeszcze w roku następnym przebywa w Jachimowie. W r. 1533 obejmuje analogiczne stanowisko fizyka miejskiego w Chemnitz.

¹ Ulrich Rülein von Kalbe (Calbus Fribergius) był autorem pierwszej niemieckiej książki o górnictwie *Ein nützlich Bergbuchlêr*, której pierwsze wydanie ukazało się w r. 1505 w Augsburgu.

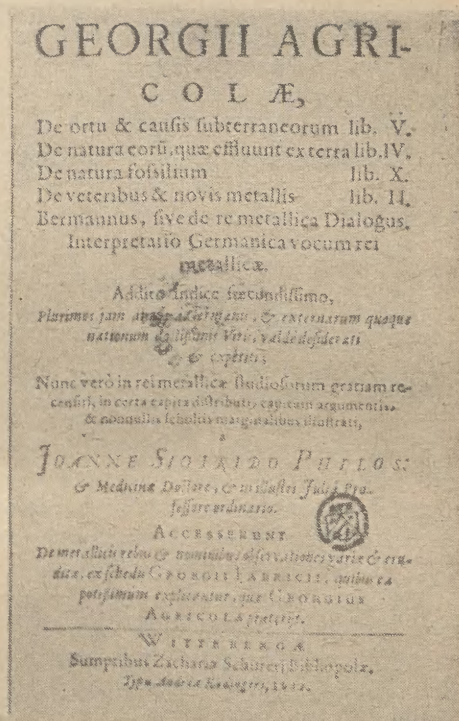
Na pobyt w Chemnitz przypada główny okres życia Agricoli (1533—1555). Rozwija on tu bardzo różnorodną działalność. Obok obowiązków lekarza piastuje również godność burmistrza miasta, ponadto czynny jest w służbie książęcego domu saskiego jako historiograf; używają go wreszcie do specjalnych misji o charakterze politycznym.

W r. 1533 ukazało się, równocześnie w dwóch wydaniach, a mianowicie w Bazylei i w Paryżu, dzieło o miarach i wagach *De mensuris et ponderibus*. Następne wydanie ukazało się w r. 1535, a trzecie, znacznie rozszerzone, zawierające m. in. pracę *O wartości metali i o monetach* — w r. 1550. Wyciąg z tej pracy w języku francuskim ukazał się kilkakrotnie w drugiej połowie wieku XVI i w wieku XVII jako dodatek do pism Plinius z a.

Główne jednak zainteresowania Agricoli szły w kierunku mineralogii i górnictwa. W r. 1536, jak dowiadujemy się z listu Fabriciusa de Maurera, „żyje całkowicie pogrążony w swych księgach nad metalami“. Jest rzeczą wysoce prawdopodobną, że zwiedził on nie tylko ośrodki górnicze gór kruszcowych i różne miejscowości w Turynii, lecz i najważniejsze na Morawach oraz na Śląsku. Sam o tym pisze w *Bermannusie* wymieniając różne górnicze miejscowości, m. in. Kutną Horę (Cottenberg) i Ząbkowice na Dolnym Śląsku (Reichenstein).

Wynikiem czteroletniej pracy oraz licznych korespondencji było obszerne dzieło, które ukazało się w Bazylei w r. 1546. Obejmuje ono prace: *Pochodzenie i przyczyny powstawania ciał kopalnych* — *De ortu et causis subterraneorum* (5 ksiąg), *O naturze ciał wypływających z ziemi* — *De natura eorum quae efluunt ex terra* (4 księgi), *O minerałach* — *De natura fossilium* (10 ksiąg) i *O starym i nowym górnictwie* — *De veteribus et novis metallis* (2 księgi).

Dzieło to ukazało się w 15 lat po wydaniu *Bermannusa*. Dawne zainteresowania lekarskie ustępują nowym i Agricola staje się coraz bardziej mineralogiem, geologiem i znawcą górnictwa. Omawia on tu wiele zagadnień z zakresu geologii dynamicznej, podaje ponadto opisy niektórych minerałów i ich występowania.



Rys. 3. Karta tytułowa dzieła Agricoli o ciałach kopalnych.

W pracy tej zajmuje się Agricola obszernie zagadnieniem pochodzenia wody podziemnej. Wyróżnia on wodę czystą i wodę mineralną. Głównie chodzi mu o rozstrzygnięcie, czy woda znajdująca się w ziemi w postaci wody gruntowej i źródeł pochodzi wyłącznie z opadów atmosferycznych, czy też może być także innego pochodzenia, zwłaszcza czy nie może powstawać drogą pewnych procesów chemicznych. Przytaczając poglądy różnych starożytnych autorów, jak *Arystotelesa* i *Seneki*, dochodzi on do przekonania, że woda deszczowa i zawarta w ziemi pochodzi z par wilgotnych, co w rezultacie sprowadza się do poglądu, że całkowita ilość wody znajdująca się w zewnętrznej skorupie ziemskiej pochodzi z opadów atmosferycznych.

Agricola zdaje sobie dobrze sprawę z ważności wody jako czynnika rzeźbotwórczego. Podaje on opisy jaskiń podziemnych i przedstawia ich tworzenie się; zajmuje się również znikaniem rzek pod ziemią, które następnie, po przepłynięciu pewnej przestrzeni, wypływają w innym miejscu.

Od czystej wody odróżnia on roztwory powstające przez działanie wody na substancje mineralne, nazywając je „*Succi*“. Szczegółowo zajmuje się wodami gorącymi, które na ogół zawierają znacznie większe ilości rozpuszczonych substancji mineralnych. Opisując zmiany, jakim ulegają skały pod wpływem niszczącego działania wody, omawia unoszenie przez wodę okruchów skalnych i mineralnych oraz tworzenie się gór i dolin. Słuszna jest jego obserwacja, że te procesy mogą być najłatwiej dostrzeżone w obszarach górskich. Agricola objaśnia również takie własności minerałów jak barwa, przezroczystość, połysk i ciężar właściwy, zajmując się również i powstawaniem minerałów. Warto zwrócić uwagę na to, że jeden z najważniejszych sposobów powstawania minerałów, tj. z roztworów wodnych, dobrze był mu znany.

Opisując własności niektórych wód i podając ich smak oraz zapach wymienia także Agricola ropę naftową „*Bitumen liquidum*“, pływającą w niektórych okolicach na wodzie.

Rozpuszczone w wodzie substancje mineralne pozostają przy jej destylacji i mogą być poddane bliższemu badaniu. Słusznie podaje Agricola, że ciężar właściwy wody morskiej jest większy od słodkiej, stwierdzając równocześnie, że nie wszędzie jest on jednakowy. Opisuje przy tym wypadek jakiegoś mnicha, który w Wenecji wypadł z gondoli do silnie zasolonej wody laguny, lecz wskutek wysokiego jej ciężaru właściwego nie utonął mimo nieumiejętności pływania. W dalszych rozdziałach udziela Agricola rad dla uzyskania dobrej wody do picia w miastach i osiedlach, przez jej filtrowanie. Rozważania nad podziemnymi gazami i parami oraz zjawiskami wulkanicznymi zamykają tę część dzieła.

Prawo stałości kątów zostało stwierdzone dopiero znacznie później, a mianowicie w roku 1669 przez duńskiego lekarza *Nielsa Stensena* (*Nicolaus Steno*). Już jednak Agricola zdaje sobie sprawę, że geometryczne własności minerałów, występujących w postaci kryształów, mogą mieć znaczenie dla ich rozpoznawania.

Ważnym problemem dla Agricoli jest klasyfikacja minerałów. Podaje on systemy *Arystotelesa*, *Avicenny* i *Alberta Wielkiego* oraz swój własny.

Mimo zawartych nieraz nieścisłości czy nawet błędnych ujęć, podziwiać można wszechstronność Agricoli i jego olbrzymi zasób wiadomości. To samo dotyczy i cytowanych przez niego miejsc występowania różnych minerałów. Przy dokładnej analizie tej części jego pracy okazuje się, że niemal wszystkie podane przez niego miejscowości są znane z późniejszej literatury jako rzeczywiste miejsca występowania opisywanych minerałów. Warto dodać, że wymienia on również polskie kopalnie w Olkuszu i w Wieliczce.

Praca Agricoli *De natura fossilium*, zawierająca nie tylko opisy poszczególnych minerałów, lecz także miejsca ich występowania i zastosowania, może być uważana za pierwszy podręcznik mineralogii.

W dalszej z kolei pracy *De veteribus et novis metallis* podaje Agricola zarys historii metali i zestawienie najważniejszych miejsc ich występowania, znanych w starożytności i w czasach późniejszych. Opisuując znane mu miejsca występowania kruszców zdaje sobie sprawę z ich znaczenia i wartości w porównaniu z niektórymi znacznie szerszymi złożami obcymi. I tak np. pisząc o nowym występowaniu rtęci w Landsberg podaje, że największe jednak złożę tego metalu znajduje się w Idrii. Kolejno opisuje występowanie złota, srebra, rtęci, miedzi, cyny, bizmutu, ołowiu i żelaza. Opisuując nie znany starożytnym bizmut nazywa go „Bisemutum“ lub „Plumbum cinereum“. Jako miejsca występowania tego pierwiastka wymienia Schneeberg i Altenberg, gdzie rzeczywiście bizmut i bizmutyn (siarczek bizmutu) występują².

Chociaż to dzieło Agricoli zawiera treść bardzo bogatą i interesującą, niewiele wzmianek o nim znaleźć można u późniejszych autorów historii nauk przyrodniczych. Jedną z niewątpliwych przyczyn to brak ilustracji, jak również niezbyt przejrzysty układ bez przeprowadzonego podziału na rozdziały czy ustępy. Należy dodać, że w latach 1930 i 1931 ukazała się w czasopiśmie „Hutnik“ praca S. Majewskiego — *Jerzego Agricoli o starożytnych i nowych kopalniach ksiąg dwoje*, w której autor podaje streszczenie tej pracy.

Zbiorowe dzieło Agricoli z r. 1546, obejmujące pracę *De ortu et causis subterraneorum* i dalsze, rozważane powyżej, zostało przetłumaczone na język włoski w r. 1550. Dalsze wydania po łacinie ukazały się w latach 1558, 1612, 1657 oraz w r. 1653 część odnosząca się do wód podziemnych. Tłumaczenie niemieckie pojawiło się dopiero w latach 1806—1810.

W r. 1549 ukazała się praca Agricoli o zwierzętach podziemnych *De animantibus subterraneis*. W pracy tej kolejno opisuje autor te zwierzęta, które chociażby część swego życia spędzają w jaskiniach lub w wykopanych przez siebie norach i kryjówkach, nie pomijając i pewnych gatunków ryb mogących przetrwać dłuższy czas w ziemi po wyschnięciu zbiorników wody.

Dzieło to nie ma tak wysokiej wartości jak prace z zakresu mineralogii czy górnictwa. Niewiele bowiem może autor dodać z własnych spostrzeżeń, a opiera się głównie na autorach starożytnych, każąc nieraz czytel-

² Dla uczczenia zasług Agricoli na polu mineralogii minerał bizmutowy (krzemian bizmutu), występujący w Schneeberg i Johannegeorgenstadt, został nazwany agrykolitem (agricolite).

nikowi wierzyć w fantastyczne baśnie zawarte u Pliniusza, np. o smokach i bazyliškach.

Z zakresu medycyny ukazała się praca Agricoli *De peste*, wydana w Bazylei w r. 1554, uchodząca za jedno z najwartościowszych pism bogatej z XVI wieku literatury traktującej o zarazie ówczesnych czasów. Bezpośrednią przyczyną wydania tej pracy była prawdopodobnie straszna zaraza w latach 1552 i 1553, która według listu Fabriciusa w samym mieście Miśni (Meissen) zabrała 2000 ofiar.

Głęboka wiedza Agricoli, jego różnorodne prace oraz osobiste zalety charakteru przyniosły mu powszechne poważanie i szacunek. Z r. 1541 zachowała się wierszowana pochwała Georga Fabriciusa, który pisał o szczytaniu się miastu Chemnitz tym, że Agricola przebywa w jego murach. Wyrazem powszechnego poważania był fakt wybrania go w r. 1546 burmistrzem Chemnitz. Stanowisko to zajmował i w roku następnym, a także w r. 1553.

Jerzy Agricola zmarł dnia 21 listopada 1555 roku w wieku lat 62. Śmierć wybitnego uczonego i humanisty nastąpiła dosyć niespodziewanie po zaledwie parodniowej chorobie. Powszechny żal zapanował nie tylko wśród najbliższych przyjaciół, lecz w szerokich kołach uczonych, w świecie górniczym i hutniczym. Zasługi Agricoli podnoszone były w wierszowanych epigramach, z których pewne zachowały się.

Gdyby Agricola ograniczył był swą działalność do omówionych dzieł, wystarczyłoby to, by uważać go za jednego z najwybitniejszych przyrodników XVI wieku, jak to słusznie podkreślają niektórzy biografowie.

Największą sławę przyniosło mu jednak dzieło, które ukazało się dopiero po jego śmierci. Praca *De re metallica* została przez



Rys. 4. Karta tytułowa najważniejszego dzieła Georgiusa Agricoli *De re metallica*.

niego ukończona już w r. 1550, lecz w druku ukazała się dopiero w r. 1556, w cztery miesiące po śmierci autora.

Było to dzieło jego życia, a rozpoczął je pisać na początku swego pobytu w Jachimowie. Zarys całości istniał już w r. 1533, kiedy to Agricola donosił, że chciałby wydać napisane przez siebie 12 ksiąg *De re metallica*. Opóźnienie ukazania się drukiem tego wielkiego dzieła spowo-

dowało przede wszystkim wykonanie licznych drzeworytów. Te drzeworyty, w ogólnej liczbie 273, przedstawiają procesy hutnicze oraz eksploatację górniczą i warunki występowania surowców kopalnych w przyrodzie (por. rys. 6—15). Stanowią one prawdziwą ozdobę *De re metallica*, w wysokim stopniu podnosząc jej wartość i niewątpliwie wpłynęły one na wielką popularność tego dzieła, które doczekało się wielu wydań. Ryunki bowiem zostały wykonane w niezmiernie przejrzysty i jasny sposób, dając dobre wyobrażenie o pracy górnika czy hutnika.

W roku następnym (1557) ukazał się niemiecki przekład tego dzieła pod tytułem *12 ksiąg o górnictwie i hutnictwie*.

Następne wydania (łacińskie) *De re metallica* pojawiły się w latach 1561, 1621, 1657, wydania niemieckie w r. 1580 i 1621, a następnie (na nowo opracowane) w r. 1928 i 1953. Tłumaczenie włoskie wydane zostało w r. 1563, tłumaczenie hiszpańskie (skrótowe) w 1569 r.; w języku angielskim, opracowane przez H. C. Hoovera, inżyniera górniczego z zawodu, długoletniego ministra handlu, a następnie prezydenta Stanów Zjednoczonych, w r. 1912 (w Londynie) oraz 1950 (w Nowym Jorku); wydanie czeskie pochodzi z r. 1933.

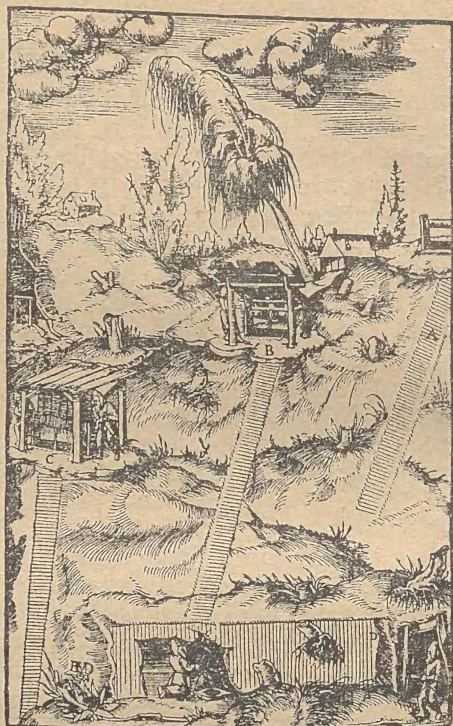
Materiały i bezpośrednie obserwacje do tego wielkiego dzieła zaczął zbierać Agricola przypuszczalnie niedługo po osiedleniu się w Jachimowie. Jak sam pisze we wstępie, podając treść całego dzieła, opisy czerpał z własnego doświadczenia, nieraz tylko korzystając ze źródeł, których było bardzo niewiele. Obok cytowanych autorów starożytnych wymienia również i prace współczesne. Z prac pisanych po łacinie wspomina nieznanego autora *De experimento materiae metallicae et metallorum*, nie przypisując jej większej wartości, oraz pracę o żyłach kruszcowych Pandulusa Anglusa. Ponadto wymienia autora niemieckiej książki, bez podania jej tytułu, lekarza Kalbego z Freibergu i książkę włoską *De la pirotechnia, Libri X* (1540), której autorem był Vannoccio Biringuccio ze Sieny. Zdaniem Agricoli ani Pandulus Anglus, ani Kalbe nie opracowali podjętych tematów w sposób wyczerpujący. Biringuccio, według Agricoli, opisał tylko metody „topienia, oddzielania i lutowania metali“, dając również opisy sporządzania niektórych soli, a nie zajmując się niemal zupełnie innymi zagadnieniami, które stanowią treść *De re metallica*.



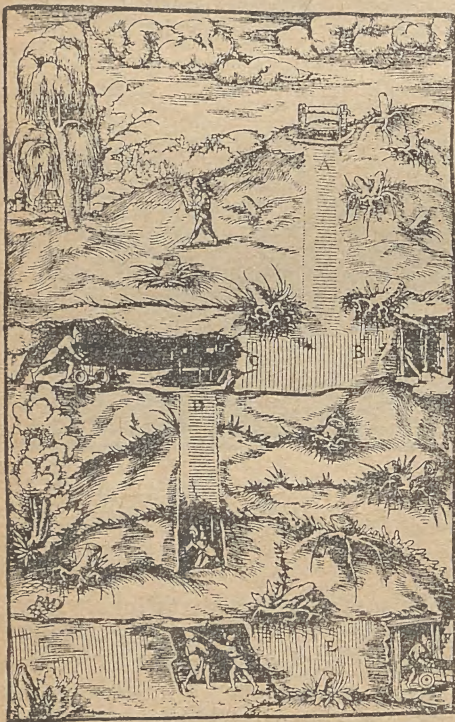
Rys. 5. Karta tytułowa książki V. Biringuccia *De la pirotechnia, Libri X* (1540).



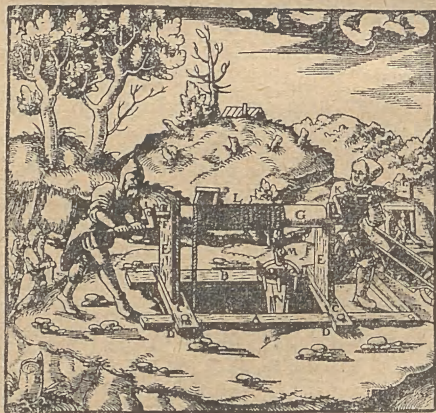
Rys. 6. Poszukiwanie żył kruszczowych za pomocą różdżki.



Rys. 7. Podziemne szyby i sztolnie.



Rys. 8. Przekrój przez kopalnię kruszczów.



Rys. 9. Wydobywanie urobku górniczego.

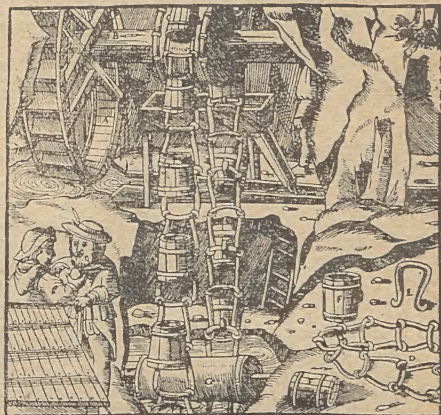
Agricola pisze, że nie zna innych autorów, którzy by pisali o górnictwie. Tym bardziej wydaje mu się dziwne, że tylu ich zajmuje się alchemią, tj. sztuką — jak sam pisze — „przemiany jednych metali w drugie“.

W przemianę metali w metale szlachetne Agricola nie wierzy, chociażby z tego powodu, że żaden z alchemików nie doszedł do wielkich bogactw. Niektórzy nawet wprost popełniają oszustwa, barwiąc bezwartościowe metale barwą złota lub srebra, tj. złocąc je lub srebrząc.

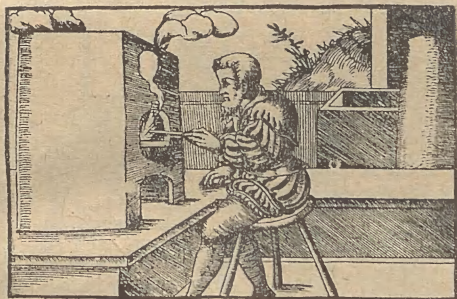
Poszczególne księgi *De re metallica* obejmują następujące zagadnienia:

W pierwszej księdze wymienia Agricola umiejętności, jakie górnik powinien posiadać. Ma on znać się nie tylko dobrze na górnictwie, mineralogii i sztuce probierczej, lecz także powinien mieć pewne wiadomości z medycyny, ażeby w razie potrzeby mógł nieść pomoc pracującym pod ziemią. Astronomia i miernictwo ułatwią górnikowi poszukiwania kruszców, a matematyka pomoże mu przy stosowaniu maszyn górniczych. Znajomość architektury i rysunku przydadzą się przy wznoszeniu zabudowań górniczo-hutniczych i zabezpieczaniu kopalń. Wreszcie powinien górnik posiadać znajomość prawa górniczego.

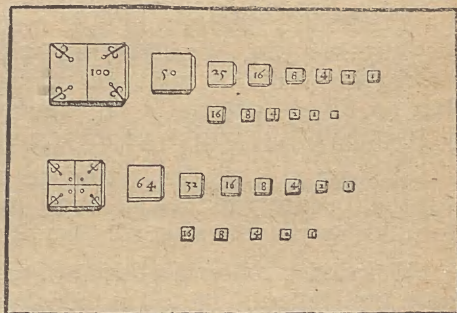
W księdze drugiej omawia Agricola obowiązki właściciela kopalni, który powinien troszczyć się o swą kopalnię. Nie wystarcza znajomość górnictwa, powinien on sam pracować pod ziemią, dając w ten sposób przykład zachęcający górników. Przed rozpoczęciem prac ziemnych trze-



Rys. 10. Wyczerpywanie wody z kopalni.



Rys. 11. Oznaczanie zawartości metali szlachetnych w piecu probierczym.

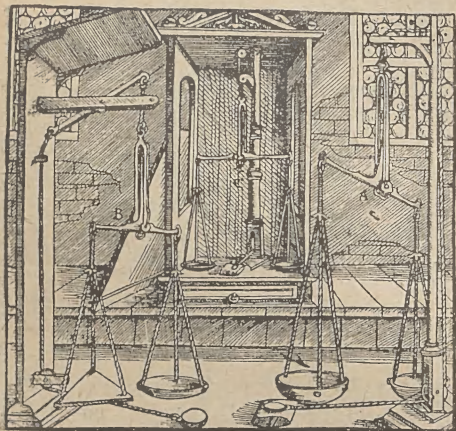


Rys. 12. Odważniki wagowe za czasów Agricoli (jednostka probiercza = 36,50 mg).

ba zbadać dobrze stosunki powierzchniowe, a zwłaszcza wodne. Wiele uwagi poświęca także różdżkarstwu, którym powszechnie posługiwano się za czasów Agricoli przy poszukiwaniu kopalni. Po opisaniu rozmaitych rodzajów stosowanych różdżek dochodzi on wreszcie do przekonania, że doświadczony górnik jej nie potrzebuje, obserwując wszystkie oznaki występowania użytecznych kopalni w przyrodzie.

W księdze trzeciej daje Agricola opis żył kruszcowych. Jest to pierwsze dokładniejsze opisanie tego zagadnienia, które dopiero po 250 latach zostanie gruntowniej przedstawione przez A. G. Wernera.

W księdze czwartej autor przedstawił wykonywanie pomiarów w kopalniach, jak również i działalność władz górniczych, i wszelkie czynności związane z odkryciem surowca kopalnego.



Rys. 13. Wagi za czasów Agricoli.

W księdze siódmej przedstawia szczegółowo sztukę probierczą. Opisuje on badanie metali szlachetnych na kamieniu probierczym oraz metodę kupelacyjną, dodając tak wiele szczegółowych ilustracji, że rozdział ten na długie dziesiątki lat stanowił podręcznik tej sztuki analitycznej.

W ósmej księdze zajmuje się Agricola, dalszymi losami rudy metalu, który pragnie się z niej uzyskać.

W księdze dziewiątej znajdujemy opis wydzielania metali z kruszców drogą topienia oraz opisy pieców hutniczych. Po szczegółowym omówieniu metod topienia autor kolejno poucza, jak należy postępować ze złotem, srebrem, miedzią i żelazem, a ponadto rtęcią, antymonem i bizmutem.

W księdze dziesiątej zajmuje się oddzielaniem poszczególnych metali. Agricola wie dobrze, że srebro zawiera zwykle domieszki złota oraz że złoto i miedź zawierają pewne ilości srebra. Używa on dla rozdzielania

W następnej księdze opisuje podziemne sztolnie i chodniki oraz urządzenia, którymi wyczerpuje się wodę z kopalni, jak również i podziemne urządzenia wentylacyjne.

W księdze szóstej omawia urządzenia górnicze i narzędzia, którymi górnik posługuje się przy kopaniu podziemnych sztolni i chodników oraz przy wydobywaniu urobku.



Rys. 14. Hutniczy piec szybowy.

tych metali kwasu azotowego i wody królewskiej, wskazując również na możliwość rozdzielania ich na drodze suchej.

Z kolei w księdze jedenastej omawia oddzielanie srebra od miedzi.

W ostatniej księdze zajmuje się Agricola takimi substancjami, jak sól kamienna, soda, siarka, aluny i witriole, siarka, bituminy i arszenik oraz naturalne połączenia miedzi i żelaza. W rozdziale tym opisuje sposoby warzenia soli, udzielając również wskazówek, w jaki sposób przyrządzać alun czy inne substancje.



Rys. 15. Destylacja siarki.



Rys. 16. Otrzymywanie soli kuchennej przez odparowywanie wody morskiej w dużych żelaznych garnkach.

Aż do początku XIX wieku dzieło Agricoli stanowiło najlepsze i najobszerniejsze kompendium górnictwa i hutnictwa; również ustępy dotyczące metod probierczych zachowały swą aktualność.

Dzięki temu, że *De re metallica* pisane było po łacinie, mogło być ono dostępne i poza ojczyzną Agricoli.

Dotarło również do Polski, jak o tym świadczą zachowane w naszych bibliotekach egzemplarze. Jeden z nich pochodzi z biblioteki króla Zygmunta Augusta. Na egzemplarzu znajdującym się w Bibliotece Jagiellońskiej figurują podpisy trzech kolejnych właścicieli: R e t y k a, S c h n e e b e r g a i B r o s c i u s a.

De re metallica stanowi pierwszą obszerną pracę o charakterze syntezy w zakresie górnictwa i hutnictwa, a zarazem powiązania naukowych podstaw teoretycznych z praktyką opartą na doświadczeniu. W nielicznych pracach dawniejszych ograniczano się do przekazywania zdobytego doświadczenia czy to na polu górnictwa, czy hutnictwa, nie podejmując prób opisywania zachodzących zjawisk i procesów. A i te prace jakże były nieliczne i niewielkie! Rozprawy znowu z dziedziny chemii, ograniczone przeważnie do drobnych zagadnień, przedstawiane były w taki sposób, że wprost niezrozumiałe były dla przeciętnego czytelnika. Niezwykle jasny sposób przedstawiania zagadnień i opisów zjawisk przyrody oraz procesów chemicznych i metalurgicznych u Agricoli odbija wyraźnie od opracowań poprzedników. Nic też dziwnego, że przez dwa wieki pełną ręką

czepano z wielkich zasobów wiedzy i doświadczenia Agricoli, a i dzisiaj to dzieło obok innych jego prac stanowi podstawowe źródło dla historii rozwoju tych dziedzin, którymi zajmował się autor *De re metallica*.

Techniczne doświadczenia górniczo-hutnicze były na ogół niechętnie przekazywane innym, stanowiąc rodzaj tajemnicy zawodowej. Dotyczyło to zarówno małych zakładów pracy jak i większych kopalń i hut, które coraz częściej kierowane były przez przedsiębiorców skupiających w swym ręku duże kapitały.

Ogłoszenie przez Agricolę dokładnych opisów procesów i urządzeń górniczo-hutniczych pozwoliło na stosowanie wielu nie znanych ulepszeń i stanowiło podstawę rozwoju tych podstawowych gałęzi przemysłu.

Napisania tak wielkiego syntetycznego dzieła mógł podjąć się tylko człowiek o rozległej, głębokiej wiedzy z różnych dziedzin nauki. Nie mógł bowiem ograniczyć się tylko do nauk geologicznych, górnictwa i hutnictwa; dla rozwiązywania problemów związanych z tymi gałęziami przemysłu trzeba nieraz zwrócić się do matematyki, astronomii, fizyki i chemii.

Agricola opisał szczegółowo sposoby wydobywania rud i wytapiania metali oraz używane maszyny i urządzenia. Oddzielnie zajmuje się on problemami wydobywania i wzbogacania rudy, przygotowywania paliwa i materiałów pomocniczych, wytapiania i rafinowania metalu oraz oddzielania metali szlachetnych. Szczegółowo opisane zostały zwłaszcza huty miedzi i ołowiu, przerabiające surowce mineralne, które często zawierały domieszki srebra, a nawet złoto. Podaje również opisy otrzymywania rtęci, antymonu i bizmutu oraz żelaza. Wiele uwagi poświęcił autor metalurgii metali szlachetnych. Przy oddzielaniu złota od srebra podaje cztery sposoby: przy pomocy kwasu azotowego (metoda inkwartacji), antymonu, siarki i chlorku.

Z opisów Agricoli widoczny jest niemały wkład polskich hutników w rozwój metalurgii ołowiu³. Podaje on polskie metody płukania rud ołowiu oraz wytapiania i kupelacji tego metalu.

Największe znaczenie dla metalurgii i jej rozwoju miało zastosowanie w XVI wieku badawczych metod laboratoryjnych. Właśnie wprowadzenie i stosowanie tych metod umożliwiło dalszy postęp na polu metalurgii. Agricola był pierwszym, który zwracał uwagę na staranne posługiwanie się metodami laboratoryjnymi.

Na polu chemii znaczenie prac Agricoli jest również niemałe. W przeciwieństwie do licznych przedstawicieli alchemii, zajmuje się on konkretnymi zagadnieniami z zakresu analizy metali. Zasługi jego na tym polu przeważnie poszły w niepamięć lub nieraz przypisuje się je innym autorom. Niekiedy zostały one przypomniane dopiero po wielu latach, jak o tym pisze w swej pracy o Agricoli radziecki uczony prof. C. B. Szučardin odnośnie rtęci.

Priorytet stwierdzenia, że rtęć jest samodzielnym metalem, należy do Agricoli. Ten pogląd jednak został dopiero uznany po pracach rosyjskich uczonych I. A. Brauna i M. W. Łomonosowa. Pierwszy z nich zaobserwował w r. 1759 zjawisko zamarzania rtęci w czasie badań wspólnie

³ Zagadnienie to stanowi temat pracy prof. A. Krupkowskiego, zamieszczonej w zbiorowym wydawnictwie Niemieckiej Akademii Nauk w Berlinie: *Georg Agricola und die polnische Metallherzeugung im XVI Jahrhundert* (1955).

prowadzonych z Ł o m o n o s o w e m. Rok później wygłosił referat *O zdumiewającym zimnie, które było sztucznie wytworzone i przy którym rtęć zamarzała*. Na tych badaniach oparta była również późniejsza praca Ł o m o n o s o w a o ciałach w stanie stałym i ciekłym: *Rozważania o stałości i płynności ciał* (1760).

Agricolę możemy uważać za jednego z pierwszych przedstawicieli chemii stosowanej i za właściwego twórcę technologii chemicznej.

Wiele rozdziałów odnoszących się do górnictwa w dziele *De re metallica* opiera się na geologii, mineralogii i petrografii, którymi w dawniejszych swych pracach zajmował się żywo Agricola. Został on nazwany ojcem mineralogii przez A. G. Wernera, nie zapomnijmy jednak, że mineralogia ówczesnie obejmowała wszystkie nauki geologiczne i dopiero ten badacz podzielił je na: oryktognozę (tj. mineralogię w dzisiejszym znaczeniu), petrografię, geognozę (tj. dzisiejszą geologię) i paleontologię. I rzeczywiście niemałe są zasługi Agricoli na wielu polach nauk geologicznych, m. in. w dziedzinie nauki o złożach, na co ostatnio zwrócił uwagę amerykański badacz złóż A. M. B a t e m a n.

Również w dziedzinie paleontologii zajmuje Agricola pionierskie stanowisko. Opisując resztki organiczne wyraża opinię, że skamieniałości są organicznymi resztkami świata roślin i zwierząt, gdy na ogół przed nim i współcześnie uważano je za „igraszki natury“ i twory jakiejś tajemniczej i twórczej siły mieszczącej się we wnętrzu ziemi.

Dla umiłowanej dziedziny nauk przyrodniczych — mineralogii i geologii, dla górnictwa i hutnictwa wyrzekł się Georgius Agricola teologii, filologii i medycyny. Chociaż często opiera się na pracach starożytnych, umie jednak uwolnić się od autorytetu A r y s t o t e l e s a i innych, polegając na własnych obserwacjach, którym przypisuje największe znaczenie. Stałym podkreśleniem ich ważności i odważną walką z różnymi przesądami staje on w szeregu nowoczesnych szermierzy o prawdę, zajmując na ogół materialistyczne stanowisko poznawcze.

Na jednym z drzeworytów zamieszczonych w *De re metallica* widzimy mężczyznę w sile wieku z otwartym notatnikiem. To zapewne sam Agricola przeprowadzający i zapisujący swe obserwacje. Spokojne i poważne spojrzenie wielkiego badacza pozostawałoby w pełnej harmonii z wszystkimi jego dziełami, przepełnionymi tęsknotą za pokojowym uprawianiem gospodarczego i kulturalnego życia. Jak mądre i jak aktualne w 400 rocznicę jego śmierci są słowa zamieszczone w liście do elektora Augusta na parę miesięcy przed śmiercią (18.III.1555 r.): „Cóż bowiem jest smutniejszego, szkodliwszego i przynoszącego większe nieszczęścia niż wojna? Cóż natomiast weselszego, bardziej owocnego i zdrowszego niż pokój“.

ANTONI BOLESŁAW DOBROWOLSKI

1872 — 1954

Podjmując napisanie artykułu o Antonim Bolesławie Dobrowolskim, najtrudniejszą decyzją, jaką należało powziąć, była sprawa wyboru: co z tego bogatego skarbcza myśli, prac, działalności, obejmującego niemal wszystkie najważniejsze problemy ludzkiej cywilizacji, podać czytelnikowi, a co pominąć — bo pominąć musiałem, aby zmieścić się w ramach artykułu. A więc nie podam ani pełnego przeglądu publikacji geograficznych, ani nie omówię wszystkich prac pedagogicznych; nie będę kreślił wyczerpującego obrazu prac naukowych ani rozważań o sztuce i literaturze, ani nie przedstawię też wyczerpującej listy działalności organizacyjnej. Ale z całości tej postaram się wydostać charakterystyczne przykłady ukazujące — choć w wielkim skrócie — człowieka, dla którego najwyższymi wartościami były nauka i sztuka.

*

Przez ostatnie półtora roku ukazała się w różnych czasopismach pewna ilość artykułów, które z różnych stron oświeślały postać A. B. Dobrowolskiego: akcję polarną przedstawił Cz. Centkiewicz (*Wybitny znawca krain podbiegunowych*, „Problemy“ 416, 1954) oraz A. de Barbur — redaktor czasopisma belgijskiego „Marine“ (*Polski badacz polarny*, „Morze“ Nr 8, 1954); naukową i organizacyjną działalność na terenie geofizyki przedstawił E. Gold („Nature“ 173, 1121, 1954) oraz T. Kopciewicz, 50-lecie pracy naukowej A. B. Dobrowolskiego, „Acta geoph. Pol.“ 2, 1954); pełniej ujęta została działalność Dobrowolskiego w artykułach T. Kopciewicza (*O życiu i działalności naukowej prof. A. B. Dobrowolskiego*, „Problemy“ 412, 1954; *Człowiek — działacz — uczony*, „Trybuna Ludu“ 26, 1954), a przede wszystkim przez I. Bóbr-Mordrąkowską (*Antoni Bolesław Dobrowolski*, „Nauka Polska“ Nr 2/6, 1954); krótką, ale zwięzłą notatkę zawiadamiającą o zgonie skreślił R. Matusewski („Nowa Kultura“ 2.V.1954), a również E. Sten z, („Życie Warszawy“ 10.V.1954). O działalności na polu pedagogiki skreślił krótkie wspomnienie, zawierające niestety kilka nieścisłych informacji J. Szaniawski (*Antoni Bolesław Dobrowolski — pedagog i działacz oświatowy*, „Nowa Szkoła“ nr 3, 1954).

Starałem się, aby mój artykuł nie był tylko jeszcze jednym powtórzeniem opublikowanych już, bogatych i nieraz świetnie przedstawionych danych biograficznych; starałem się, aby wniósł coś nowego, coś, czego nie znajdzie Czytelnik w poprzednich artykułach.

Mając dostęp do nie publikowanych prac humanistycznych Dobrowolskiego przedstawiłem krótko charakterystykę tych prac, a szczególnie — z konieczności pominiętą w cytowanych artykułach — prac naukoznawczych, rozważań o sztuce oraz z innej nieco strony starałem się spojrzeć na problem stworzonego przez Dobrowolskiego systemu oświatowego.

Mając do dyspozycji najpełniejszy materiał biograficzny, jakim nie rozporządzali autorzy poprzednich artykułów, w niezwykle różnorodnej działalności życiowej Dobrowolskiego starałem się uchwycić jakąś spójność, jakieś wewnętrzne uorganizowanie, busolę, która całym jego życiem kierowała. Zadanie miałem o tyle ułatwione, że profesor Dobrowolski w rozmowach ze mną nieraz ten temat poruszał — pozostawało tylko zilustrować to konkretnymi danymi.

*

Kim naprawdę był Antoni Bolesław Dobrowolski? Wśród jednych — zwłaszcza na terenie międzynarodowym — znany jest jako kriolog, inni zetknęli się z nim przede wszystkim jako z wskrzesicielem i organizatorem polskiej geofizyki, a też jako z inicjatorem i organizatorem polskich wypraw polarnych; wśród jeszcze innych znany jest bądź jako pedagog, bądź jako twórca i propagator idei 10-klasowego gimnazjum powszechnego oraz instytutów wyższej kultury umysłowej; są środowiska, w których Dobrowolski to przede wszystkim badacz nauki i badacz kultury; a są i tacy, którzy znali go jako miłośnika i badacza piękna przyrody i sztuki, a też jako świetnego znawcę literatury. A gdybyśmy zapytali kogoś w roku np. 1896, to usłyszelibyśmy, że jest on obiecującym zoologiem, który zajmuje się poza tym zagadnieniami natury filozoficznej.

Otóż Antoni Bolesław Dobrowolski był wszystkim tym jednocześnie, ale — rzecz zniemienna — suma wszystkich tych „specjalności“ nie tylko nie wyczerpuje, ale nawet nie uchwycy rzeczy najważniejszej w jego życiu; otwartym bowiem zostawia pytanie: jaki był motor wewnętrzny będący źródłem tak szerokiego zasięgu zainteresowań, nakazający zająć się każdym zagadnieniem gruntownie, poświęcając na każdą z tych dziedzin znaczną część czasu? Bo nie jakieś encyklopedyczne kolekcjonerstwo wiadomości czy hipertrofia ciekawości — jak można by sądzić — pchała go do gruntownych studiów i badań w nie powiązanych i odległych od siebie dziedzinach. Całe życie Dobrowolskiego kierowane było, organizowane i w jedno łączone przez naczelne — nieprzerwane działające od czasów gimnazjalnych — dwa pytania podstawowe:

Pierwsze, poznawcze — w początkowym sformułowaniu — brzmiało: jaki jest „naprawdę“ wszechświat, jaka jest istota świata, kosmosu, „bytu“ oraz jaką metodą da się to poznać, uchwycić? Rozwiązania, a nawet sposób samego stawiania tego zagadnienia przez wszelkie „specjalistki“ od tych problemów: filozofie i religie, już od początku nie wystarczały Dobrowolskiemu; czuł, że nie tędy droga, że nie jest tak, jak one mówią, choć sam początkowo jeszcze nie wiedział, którędy droga ani jakie jest rozwiązanie problemu. — Pytanie to nazywał zagadką świata.

Drugie pytanie, normatywne, może ważniejsze i pilniejsze — mające znaczenie praktyczne — nazwane przez niego zagadką życia, brzmiało — również w swym początkowym sformułowaniu: co robić w życiu, jaki ma

być sens i cel życia, jaki główny cel ma postawić przed sobą ludzka cywilizacja (kultura). I tu również nie odpowiadały Dobrowolskiemu wszystkie dotychczasowe ideały, światopoglądy, filozofie życia, religie; i tu czuł, że to wszystko jeszcze na pewno nie to, o co jemu chodzi. Obie te „zagadki“ ulegały z biegiem lat znacznym modyfikacjom i sprecyzowaniom w samym swym sformułowaniu i coraz dalszym i pełniejszym rozwiązaniom. Szukanie odpowiedzi na te główne pytania, a w szczególności na pytanie normatywne, najważniejsze — jak uważał — z pytań stojących obecnie przed ludzkością, stanowi klucz do zrozumienia całej różnorodności życia i całej bogatej gamy zainteresowań.

MŁODOŚĆ

W 11 roku życia rozstrzygały się dalsze losy młodego Dobrowolskiego: ojciec — wędrowny samouk — zastanawiał się, czy po ukończeniu szkółki elementarnej Antoni ma zacząć zarabiać — a nadarzała się okazja dobrego zarobku — czy też, licząc na obiecaną pomoc starszego syna rozpocząć dalszą naukę w gimnazjum w Warszawie. Decyzja padła na to drugie. Pomoc brata trwała cały pierwszy rok nauki — natomiast od 12 roku życia młody uczeń zaczyna sam zarabiać korepetycjami na swoje utrzymanie.

Ciężkie to były lata, ale hartujące. Będąc w 5 klasie gimnazjum, bierze już Dobrowolski udział w organizowaniu konspiracyjnych kół samokształcenia. „Sieć kółek miała wyraźne dwa cele. Jeden, to zdobyć wykształcenie lepsze od tego, jakie dawała nam szkoła. Drugi — to sposobić się do działalności społecznej i politycznej“¹. A oto jak Dobrowolski charakteryzuje wpływ kółek na ówczesną młodzież: „Obowiązek, już od wczesnej młodości, ciągłego zdobywania jak najszerszego i jak najgruntowniejszego «wykształcenia ogólnego», orientowania się «na naukowych podstawach» w świecie natury, zwłaszcza zaś w świecie ludzkim. Obowiązek już od wczesnej młodości szukania «swej drogi», by «coś zrobić na tym świecie». Obowiązek, już od wczesnej młodości, brania żywego udziału myślą, sercem i czynem w zagadnieniach Człowieka, w wielkich sprawach Ludzkości oraz w życiu realnym swego Społeczeństwa. Wiedz, myśl i służ Idei: odwieczne przykazanie prawdziwego Inteligenta. I w tym wszystkim — wymaganie, już od wczesnej młodości, oddania się pełnego tym sprawom, nieszczerdzenia wysiłków, napięcia pracy do granic możliwości.

Pracowaliśmy, my «gorliwi», za dużo — aż do przemęczenia: czyż nie tak pracować się powinno? Rozwijaliśmy się za szybko — «przedwcześnie»: czyż może być coś pożądaniejszego? Gdyby to tak można było rozwijać się «przedwcześnie» — przez całe swe życie. Gdyby to tak można było wiecznie «przemęczać się» — swą pracą umiłowaną...“.

Przytoczony urywek dostatecznie charakteryzuje ten okres życia, ówczesną osobowość i środowisko młodego Dobrowolskiego.

W parę miesięcy po maturze — zdanej ze złotym medalem — Dobrowolski — już wówczas członek partii rewolucyjnej „Proletariat“, zostaje aresztowany i uwięziony na prawie 3 lata. Był to ostatni proces

¹ Wszystkie cytaty, których źródło nie jest podane, pochodzą z *Mojego życiorysu naukowego* A. B. Dobrowolskiego, przygotowywanego obecnie do druku.

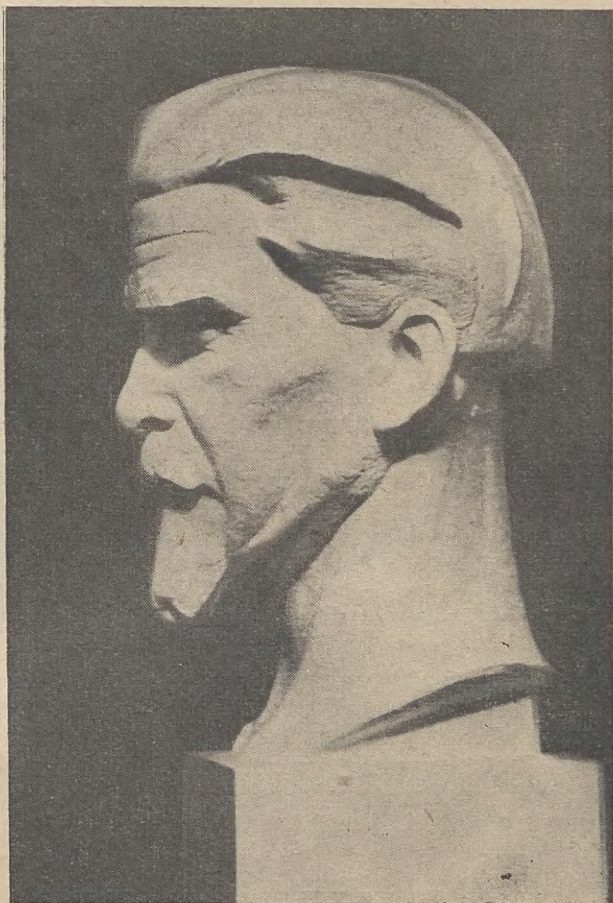
„Proletariatu“, „ogólna wyspa całego stronnictwa“. Następuje zasadniczy zwrot w stylu życia: „wolny od wiecznej troski materialnej... za darmo mieszkanie i utrzymanie“, zamiast ciągłego życia w gromadzie, myślenia w gromadzie — samotność absolutna, przymusowa; zamiast działalności — bezczynność, „24 godziny do rozporządzenia, czytać, uczyć się, myśleć — ile się chce, nikt i nic nie przeszkadza, czasami tylko żandarm i seans śledczy — drobiazg“. W więzieniu rozpoczyna intensywne studia matematyczne, filozoficzne, psychologiczne, socjologiczne. W więziennej samotności powstają pierwsze prace z psychologii. Wtedy też przybiera na sile, już w gimnazjum powstały, strumień filozoficzny; następuje dalsza i już poważniejsza obróbka myślowa dwóch — wspomnianych wyżej — podstawowych „zagadek“. Te więzienne rozprawy, nie przeznaczone do publikacji, nie były też nigdy drukowane; jak zresztą i znaczna część późniejszych prac Dobrowolskiego z dziedziny humanistyki. Po dwóch i pół latach więzienia zostaje Dobrowolski zesłany pod dozór policji do Tyflisu, gdzie znów rozpoczyna się harówka zarobkowa, w cięższych jednak niż za czasów gimnazjalnych warunkach. Perspektywa dalszego życia była dość ponura: dwa lata zesłania w nędzy materialnej, w braku bibliotek i intelektualnego środowiska, a później nieograniczenie długi czas w carskim wojsku „wśród nieprawdopodobnych szykan“, jakie czekały przepęć politycznego.

Ktoś „lepszy“ z rodaków szepnął Dobrowolskiemu: „Młody człowieku, idealisto, tutaj, pośród tych ludzi, zostaniesz taką świnią jak ja — uymkaj stąd!“ — zetknął go zaraz z tajną organizacją ormiańską, która ułatwiła mu ucieczkę, dając paszport perski (zachowany do dzisiaj) pisany pismem idealnie konspiracyjnym, bo klinowym.

Po dość niezwykłych przygodach znalazł się Dobrowolski w Zurychu, gdzie zetknął się zaraz z tłumem młodzieży polskiej, wśród której rej wodzili, oczywiście, dawni kółkowicze, po pewnym zaś czasie wśród kółkowiczów „Antek znad Wisły“ — jak koledzy nazywali wówczas Dobrowolskiego. Rok pobytu w Zurychu zużytkowany zostaje po pierwsze na studia przyrodnicze u zoologa A. L a n g e g o; w pracowni tego uczonego Dobrowolski zapoznaje się z pracą laboratoryjną, po raz pierwszy styka się bezpośrednio z warsztatem nauk przyrodniczych; po drugie — na kontynuowaniu swych studiów filozoficznych i psychologicznych pod bokiem stojącego wówczas u szczytu sławy A v e n a r i u s a, którego jednak empiriokrytycznej filozofii nie tylko nie przejął, ale krytyka tej filozofii zaprowadziła go do zapoczątkowania krytyki wszelkiej filozofii, filozoficznej problematyki i filozoficznej metody poznania. Z trzech powstałych wówczas prac z filozofii i psychologii ostatnia, pomimo że dotyczyła tematu par excellence filozoficznego, bo odwiecznego problemu „materii i ducha“, nosiła już w samej zastosowanej w niej metodzie krytykę metody filozoficznej. „...spróbowałem sięgnąć po głębszy ... powód, po empiryczny powód i ewolucję zwykłego podziału składników doświadczenia na «zewewnętrzne», «materialne» i «wewnętrzne», «duchowe». Na jakiej podstawie empirycznej właściwie robimy taki podział, po czym naprawdę rozpoznajemy «materialność» lub «duchowość» składników doświadczenia i jak — z pomocą jakiego kryterium — to sprawdzamy? Przez takie zaś postawienie pytania odbiegłem od platformy A v e n a r i u s a — od filozofii w zwykłym słowa znaczeniu i musiałem zbudować sobie inną:

czysto empiryczną raczej niż empiriokrytyczną; przednaukową niż pretendującą do naukowej².

Z Zurychu przenosi się Dobrowolski do Liège i rozpoczyna pracę u słynnego zoologa E. V a n B e n e d e n a. Nim jednak zdecydował się na badania w dziedzinie zoologii, przeszedł kryzys duchowy: „To, co dotąd



A. B. DOBROWOLSKI
(rzeźba dłuta Józefa Gardeckiego).

robiłem, wydało mi się czymś bezcelowym, niepoważnym, jakąś zabawą. Spostrzegłem, że nie mam busoli, że gdzieś ją zagubiłem, że zapomniałem, o co właściwie mi chodzi. Przecież mnie zawsze i wyłącznie chodziło tylko o jedno: o zagadkę świata i zagadkę życia...”. Chodziło więc o roz-

² Praca ta ukazała się drukiem dopiero w roku 1897 w miesięczniku „Ateneum“ pt. *Przyczynek do rozbioru problemu materii i ducha* pod pseudonimem A. D. Wolski.

strzygnięcie co robić, aby zbliżyć się do rozwiązania obu tych głównych „znaków pytania“. Rezultaty, do których wówczas doszedł, w wielkim skrócie i uproszczeniu wyglądały następująco: Nauka jest najmłodszą i najskuteczniejszą drogą poznania, drogą, która dała już ludzkości o wiele więcej wartości i możliwości realizacji niż wszystkie inne, „...w pomysłach, robocie, wynikach, a zwłaszcza poziomem wymagań — nauka nowoczesna wyglądała mi bez porównania poważniej od filozofii...“³. A zatem tak dla zagadki kosmosu, jak i dla zagadki normatywnej niezbędne wydało się Dobrowolskiemu poznanie nauki, ale poznanie nie „z drugiej ręki“, jak to czynili i czynią filozofowie — ale bezpośrednio, tzn. samemu zacząć w niej pracować. Wybór padł na nauki biologiczne, jako najbliższe — jak wydawało się wówczas Dobrowolskiemu — stojące nurtujących go zagadnień.

Pracę w biologii rozpoczyna badaniami osierdzia u sprzągli. Dalej podejmuje szereg prac z biologii ogólnej, zajmuje się analizą podstawowych pojęć biologicznych oraz bada czynności przystosowawcze organizmów, a w szczególności celowość różnych układów w organizmach — te ostatnie zagadnienia próbuje rozwiązywać wspólnie z inżynierami. Z pracy w biologii wysnuwa Dobrowolski jeden ważny dla siebie wniosek: nauki biologiczne to nie są jeszcze nauki właściwe (zważmy, że był to rok 1897), że są one w stadium zbyt początkowym, pojęcia są zbyt mało sprecyzowane, a na uściślenie ich nie ma się dostatecznych danych; są to więc nauki jeszcze nie typowe, stosowane metody zbyt prymitywne, że więc tu nie pozna się nauki tak, jak to jest jemu potrzebne, że trzeba więc pracować w nauce bardziej rozwiniętej, a zwłaszcza typowej. Najbardziej ciągnęły go, bo najbardziej mu imponowały swymi metodami i wynikami, matematyka i fizyka. Matematyka jednak jako nauka formalna i zupełnie nie typowa została prędko wyłączona. Natomiast fizyka, jako nauka abstrakcyjna, tzn. nauka o sztucznie wyodrębnianych elementach, a nie o naturalnych konkretach rzeczywistości, będąca więc ze swej natury nauką pomocniczą — nie dającą bezpośrednio, lecz dopiero poprzez stosowanie, poznania konkretnej rzeczywistości, a więc znów nie typowa, też nie odpowiadała celowi: poznania typowej nauki. Wybór padł na konkretne nauki przyrody martwej, w szczególności na geofizykę — w niej znajduje węższy warsztat: kriologię i tej nie opuszcza już do końca życia.

OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA PRAC

Całą działalność Dobrowolskiego, tak badawczą jak i organizacyjną, cechowała gruntowność i silnie rozwinięty „zmysł“ całości; starał się każde zagadnienie umiejscowić w odpowiednim zagadnieniu ogólniejszym i nieraz zająć się tym zagadnieniem ogólniejszym, zagadnienie wyjściowe zaś traktować wtedy jako szczególny przypadek; starał się zagospodarować całość problemów — robota wskutek tego rozrastała się w trakcie pracy; z małych zamierzeń powstawały duże. Łączyła się z tymi cechami niezwykła pracowitość; (doprowadziła go ona cztery razy w życiu do ciężkich zachorowań z przepracowania).

³ W sprawie terminu „filozofia“ — vide str. 140.

Jeśli na przykład, będąc na Antarktydzie, zauważył określoną strukturę paru obłoków, powziął ogólniejszą myśl obserwacji chmur, czy aby i w innych przypadkach nie da się zauważyć prawidłowości strukturalnych; następnie w trakcie obserwacji przypuszcza — jakkolwiek ma jeszcze bardzo mało danych faktycznych — istnienie układów chmur jako większych obszarów kondensacji pary wodnej, a wreszcie stawia i sprawdza ogólniejszą hipotezę układu układów chmur. Obserwacje przeprowadza uparczywie i systematycznie, jak nikt przed nim, nie opuszcza „ani jednego“ obłoku, obserwując jego życie — o ile się da — od powstania do zaniku. Badanie świata chmur umieszcza w ogólniejszym zagadnieniu meteorologii i badań atmosfery: „...chmury, rodzące się w atmosferze, przekształcające się w niej i umierające, są tym samym widomymi znakami niewidzialnego zróżnicowania oceanu powietrza, hieroglifami tych rozmaitych procesów fizycznych i mechanicznych, jakie bez przerwy zachodzą w jego otchłani, że są to majestatyczne księgi niebios, z których wtajemniczony umiałby wyczytać skryte przed naszym okiem tajniki budowy i życia atmosfery“.

Jeśli rozpoczął badanie — również na Antarktydzie — kryształków lodu, to wyzyskuje każdy niemal spadek śniegu, gradu, każdy zamróz, szron, sadz czy gołoledź. Bada zmianę składników opadu w trakcie śnieżyc; w poszczególnych kryształkach stara się prześledzić historię każdego niemal zauważonego elementu struktury, szukając podobnych w innych kryształkach, w których ów element w innym byłby stadium rozwoju. Pragnie doprowadzić do poznania wszystkich istniejących rodzajów kryształków lodowych i ustalić już wreszcie ogólną i szczegółową kryształografię lodu oraz określić warunki powstawania wszystkich tych rodzajów i odmian. Udaje mu się to dopiero w 18 lat później w Szwecji. Nic więc dziwnego, że obserwacje kryształków lodowych, mimo że prowadzone bez możliwości fotografowania, a więc utrwalane odręcznymi rysunkami, zostały jednak uznane za najpełniejsze i najbardziej systematyczne, a praca na nich oparta za najbardziej wyczerpującą monografię o atmosferycznych kryształkach lodu.

Będąc w Szwecji (lata 1914—1917), pracuje nad ogólną i szczegółową kryształografią lodu. W trakcie rozczytywania się w literaturze przedmiotu podejmuje zamiar wyodrębnienia, zagospodarowania i usystematyzowania całości badań nad lodem. Powstaje w ten sposób monografia encyklopedyczna, słynna *Historia naturalna lodu*, w której zawarta jest całość ówczesnych wiadomości i metod badawczych dotyczących się lodu we wszelkiej postaci. W ten sposób stworzył on podstawę do wyodrębnienia osobnej nauki — kriologii, o której zorganizowanie w postaci odpowiednich stowarzyszeń i organów wydawniczych walczył na terenie międzynarodowym, osiągając wprawdzie nie całkowity, ale jednak poważny sukces. W trakcie pracy nad *Historią naturalną lodu* napotykał Dobrowolski na liczne luki, brak danych, nie dokończone teorie, nie zestawiane ze sobą wyniki (wskutek rozproszenia prac nad lodem po bardzo różnych czasopismach jedni badacze często nie wiedzieli o wynikach innych). „Zmysł“ całości kazał mu więc szukać uzupełnień lub wręcz zastępować nowymi koncepcjami; powstała w ten sposób pokaźna liczba własnych przyczynków, które sklejały encyklopedię w zwartą mniej więcej całość. *Historia naturalna lodu*, napisana — ku utrapieniu specjalistów — w języku pol-

skim, więc mało dostępnym dla większości badaczy, została mimo to oceniona jako wydarzenie o doniosłym znaczeniu w rozwoju kriologii. Dzieło to, mimo że wydane 33 lata temu, jest jeszcze teraz pożądane na rynku światowym (o czym świadczą między innymi listy z instytucji zagranicznych do dziś dnia nadchodzące z prośbą o przysłanie książki).

Niestety, tak przed wojną, jak i obecnie sprawa drugiego wydania *Historii naturalnej lodu*, stawiana parokrotnie, nie doczekała się dotychczas realizacji. Zostały jedynie w 1949 r. wydane w tłumaczeniu na język angielski dwa rozdziały: o strukturze i ruchu lodowców. W Związku Radzieckim w roku 1940 wydana została pod redakcją B. P. Weinberga praca pt. *Led*, która zawiera obszerne streszczenia i tłumaczenia *Historii naturalnej lodu*. Warto wspomnieć, że kriologowie i meteorologowie radzieccy pierwsi uznali Dobrowolskiego jako odkrywcę układu chmur oraz pierwsi uznali i wprowadzili do podręczników podaną przez niego klasyfikację skał lodowych.

*

To samo widzimy w dziedzinie pedagogiki. Jeśli rozpoczął (po powrocie do kraju w 1907 r.) nauczanie w ówczesnych gimnazjach polskich, to „musiał” już zacząć od podstaw: wypróbowuje najważniejsze metody dydaktyczne, ucząc we wszystkich klasach — od podwstępnej począwszy — wszystkich przedmiotów szkolnych. Zdobyty w ten sposób materiał posłużył mu później do stworzenia własnych metod dydaktycznych i dalej, po dodaniu materiałów zbieranych przez następnych 30 lat, do opracowania od nowa podstaw pedagogiki.

To samo zauważymy w działalności organizacyjnej na terenie geofizyki. Kiedy w 1927 r. został dyrektorem PIM-u, to nie tylko wskrzesił go z „pozornego przez 9 lat istnienia”, ale zabrał się do zagospodarowania całej polskiej geofizyki, stwarzając nowe organy wydawnicze, budując nowe obserwatoria, organizując wyprawy polarne, wreszcie inicjując stworzenie Towarzystwa Geofizyków. A przecież i *Wyprawy Polarne* — monografia zawierająca historię ważniejszych wypraw i ich znaczenie, podająca wyniki badań krajów polarnych i ich problematykę, powstała również jako rozwinięcie skromniejszego zamierzenia w trakcie spisywania swych wspomnień z wyprawy „Belgiki”.

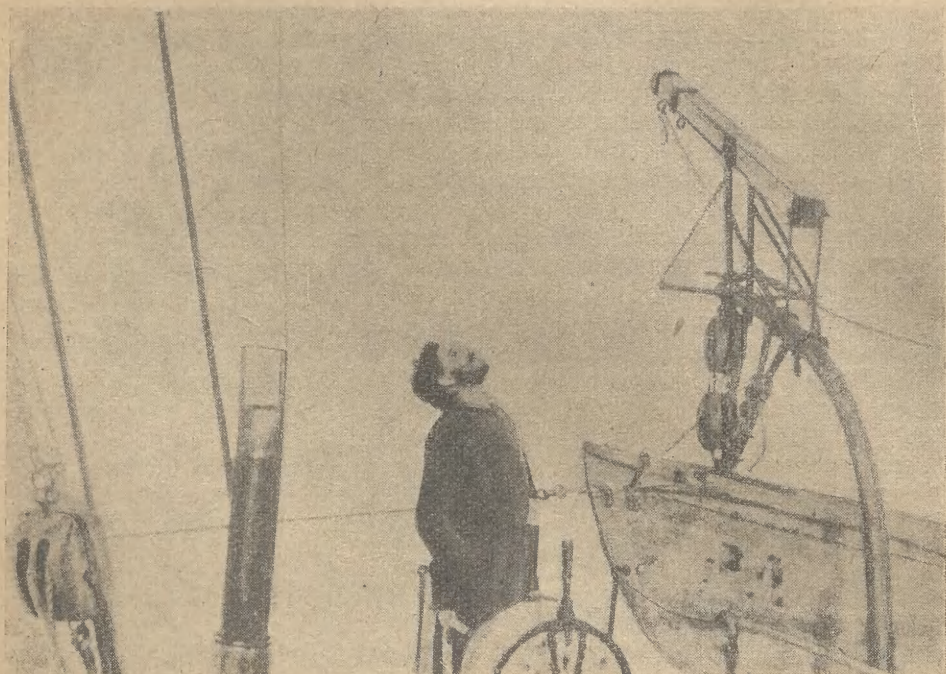
PRACE GEOFIZYCZNE

Podam krótką charakterystykę prac geofizycznych Dobrowolskiego, streszczoną przez niego w swym życiorysie: „Prace moje z dziedziny fizyki ziemskiej dotyczą czterech różnych tematów: chmur, lodu we wszelkiej postaci, zjawisk «halo», wreszcie ruchu powietrza i wody po nierównościach gruntu. Te różne tematy są jednak związane ze sobą tym, że każdy ma do czynienia całkowicie lub w części z wytworami kondensacji pary wodnej w atmosferze... Mówiąc dokładniej, wszystkie moje tematy trzymają się lodu... Istotniejszym jednak, bo wewnętrzniejszym tych prac moich piętnem wspólnym jest charakter morfologiczny... W świecie chmur idzie mi o znalezienie jego jednostek porównywalnych: zadaję so-

bie pytanie, czy istnieją określone «układy obłoczne» — pytanie na wskroś morfologiczne; metodą moją jest notowanie struktury obszarów kondensacji pary wodnej — metoda morfologiczna. W zjawiskach «halo» idzie mi o «materialne przesłanki» teorii, tzn. ostatecznie o pytanie, jakie kryształki składowe chmur lodowych są podłożem tych zjawisk — pytanie morfologiczne. W badaniach lodu i zjawisk lodowych chodzi mi wprawdzie o całą powłokę lodową globu, o «kriosferę», o jej życie, nie tylko strukturę; w szczególności jednak przeważnie o kwestie kształtów: o ustalenie krystalografii ogólnej i szczegółowej tego ciała, o definicję i klasyfikację skał lodowych, o wykazanie charakteru rekrytalizacyjnego tych wszystkich skał, o klasyfikację form zamrozu i szronów, o ich porównanie z formami składników śniegu itp... Wreszcie nie tylko morfologiczne są same zagadnienia górskich chmur, a nawet wiatrów (chodzi o ich zróżnicowanie w układzie wzniesień i dolów), zarówno jak wydm i zasp, namulisk i mielizn, ale nawet zagadnienie ogólne, które leży u podstawy tych różnych zagadnień szczegółowych, zagadnienie hydrodynamiki, ma również charakter raczej morfologiczny, gdyż idzie mi w nim nie tyle o czysto dynamiczną kwestię oporu, ile właśnie o strukturę, o rozkład kierunków i szybkości w prądzie powietrza lub wody, natrafiającym na nierówności powierzchni⁴.

Jedną z ciekawszych dla fizyków prac kriologicznych Dobrowolskiego jest chyba jego praca o materialnych podłożach zjawisk „halo“⁴. Teoria zjawisk „halo“ jest „jedną z najwytworniejszych budowli fizyki stosowanej; zafundował ją sam Mariotte, rozwinął zaś Bravais“. Jedną miała lukę istotną: teoria konkretnego zjawiska fizycznego musi opierać się nie tylko na ogólnych prawach fizyki — w tym przypadku optyki — ale i na danych konkretnych — w tym przypadku na optycznych i krystalograficznych właściwościach chmury lodowej; teoria zakłada istnienie w chmurze pewnych rodzajów kryształków lodowych, które, opadając, przyjmują pewne określone położenie. „W dziejach nauki aż nazbyt często zdarzają się we wszystkich niemal dziedzinach badań okresy panowania przesądów...“. Typowym tego „przykładem jest długotrwałe panowanie tzw. «zasady najmniejszego oporu» w dziedzinie przesłanek materialnych teorii halo... przypuszczali mianowicie, że ciała w spadku swym przybierać mają to położenie, w którym opór byłby najmniejszy, igielki zatem, słupki i blaszki ... ustawiać się powinny pionowo największą swą średnicą“. Otóż Dobrowolski wykazał, że kryształki lodu, jak zresztą i inne ciała, wcale tak nie ustawiają się, że więc nie wszystkie one mogą być podłożem zjawisk „halo“; przebadał pod względem mechanicznym (w jaki sposób ustawiają się przy spadku) i optycznym wszelkie występujące w chmurach kryształki lodowe i wykazał, że sam jeden, wykryty przez niego, „ćwieczek“ wystarczy do wyjaśnienia wszystkich rodzajów zjawisk „halo“, igielki i słupki — do niektórych, blaszki zaś — do żadnych.

⁴ Koła, łuki i plamy malowane przez słońce lub księżyc na chmurach lodowych; bywają białe (z odbicia promieni) lub tęczowo barwne (z załamania); najczęściej występuje koło z kolorami tęczy (w odwróconym porządku) o promieniu 22° pozornej półkuli firmamentu.



Dobrowolski obserwuje chmury na Antarktydzie z pokładu Belgiki.

WYPRAWA NA ANTARKTYDĘ

Osobliwe i silne piętno na życiu Dobrowolskiego wywarła wyprawa na Antarktydę na statku belgijskim „Belgica“ w latach 1897-99. W swych *Wyprawach polarnych* tak pisze: „Gdy szesnaście lat temu z walizką podróżną w rękę wstąpiłem na pokład „Belgiki“ ... poczułem w sobie rój lotnych myśli, a serce zabiło weselem: pęd ku zagadce, tęsknota ku nieznanemu rozsadzały pierś młodą. Naprawdę więc jadę tam, do białego Sfinksa Południa, na odsłonięcie odwiecznej, ostatniej tajemnicy globu?“. Do wyprawy przystąpił bez namysłu, jako marynarz, do ostatniej godziny siedząc na spakowanej walizce i nie będąc pewnym, czy go wezmą. Podczas drogi wertuje — w wolnych od służby marynarskiej chwilach — niemal całą fachową literaturę w świetnie zaopatrzonej bibliotece okrętowej. Na Antarktydzie ląduje już jako członek ekipy naukowej z własnym planem badań i przez pierwszy rok — pierwszy w dziejach rok zimowania w lodach Południa — wykonuje swoje pierwsze prace geofizyczne; zbiera wyteżoną pracę, po 14 godzin na dobę, bogaty zbiór obserwacji, które posłużą mu jako materiał do późniejszych publikacji.

BADANIA PIĘKNA

O dwa ważne i trwałe elementy — oprócz oczywiście badań naukowych — wzbogaciła życie Dobrowolskiego wyprawa na Antarktydę.

Pierwszym jest poznanie dość niezwykłych ludzi — towarzyszy podróży — w nieprzeciętnych warunkach wspólnego bytowania. Wystarczy wspomnieć, że towarzyszem wyprawy był młody wówczas Roald A m u n d s e n, ten z wielkich zdobywców polarnych geniusz największy. To obserwowanie ludzi: ich charakterów, osobliwości; ich pragnień i tęsknot, ce-



R. Amundsen (z lewej) i A. B. Dobrowolski rozsuwają przepiętowany lód, aby utorować drogę widocznej w oddali Belgice.

łów, do których dążą, ich sposobów wartościowań — stało się trwałym nawykiem, a materiał w ten sposób uzbierany, wyzyskał później przy rozwiązywaniu swej „odwiecznej“ zagadki normatywnej.

Drugim niezwykle ważnym — bodaj ważniejszym — skarbem znalezionym w łodach i morzach Południa, było „niewysłowione w swym majestacie i wspaniałości“ piękno przyrody.

„...zbudziła ona (wyprawa) i rozwinęła uśpiony dotąd «zmysł» piękna, który odtąd zaczyna grać coraz to większą rolę w mym życiu, zdwajając je i wplatając się w jego prąd naukowy. To wszystko zrobiło morze. Już po pierwszym miesiącu żeglugi zaczęło mi się ono «odkrywać», wyzwalać się stopniowo z tego kompleksu zupełnie nieodpowiednich antropopatyzmów... zarówno jak z tego konwencjonalnego, urzędowego «piękna».

które zasłania jego piękno prawdziwe, a zanim jeszcze z «Kanału Atlantyckiego» okręt wypłynął na bezbrzeżny naprawdę ocean Południa, morze było dla mnie już tylko żywiołem; potęgą kosmiczną; przestworem ciekłego przezrocza; mechanizmem kształtków i ruchów, będącym wiatrów wyrazem i w jeden układ z wiatrami sprzężonym; mechanizmem światła i barw, będącym wyrazem nieba i z niebem jedno tworzącym; piękno jego «niewypowiedziane» było już dla mnie tylko majestatyczną harmonią zespołu praw fizycznych i mechanicznych, rządzących wiatrem, niebem i falą oraz ich wzajemnym stosunkiem. Odtąd je pokochałem naprawdę... Morze jednak nie tylko własne odśloniło mi piękno... otwarło mi bramę na wszystkie światy piękna... Ten mój «estetyzm» miał dwie osobliwości. Pierwsza — to branie piękna bardzo na serio: przeżycia estetyczne były to dla mnie ważne w życiu zdarzenia... Drugą osobliwością było ścisłe połączenie spostrzegania estetycznego ze spostrzeganiem poznawczym... przedmiot piękny czułem potrzebę poznać — «umieć na pamięć» i «rozumieć» w całej jego konkretności...". Od tych osobliwych badań piękna przyrody przeszedł Dobrowolski do podobnych badań piękna w sztuce. Stał się nie tylko zapalonym miłośnikiem sztuki, znającym na pamięć wybrane najświetniejsze utwory muzyki, malarstwa, rzeźby, ale i nieprzeciętnym znawcą i krytykiem, od którego poszczególni specjaliści niemało skorzystali; nigdy nie szczędził czasu nie tylko na obcowanie ze światem sztuki, ale i na rozmowy z artystami. Swoich rozważań na temat sztuki Dobrowolski nie ogłaszał drukiem, poza ilustracją niektórych swych poglądów w broszurze: *Najpiękniejsze klejnoty natury — kryształy śniegu i zagadnienie piękna*, — reszta czeka na wydobywanie z rękopisów, w których między innymi podana jest ogólna charakterystyka istoty sztuki oraz zawarte są rozważania nad jej wartością i znaczeniem w cywilizacji.

ORGANIZATOR GEOFIZYKI

Dobrowolski był jednym z pierwszych na świecie geofizyków, którzy już w pierwszych latach XX wieku zrozumieli, że geofizykowi nie wystarczy wykształcenie typu geograficznego, że musi on zdobyć rzetelne podstawy matematyczne i fizyczne, że geofizyka coraz bardziej w istotny już sposób zaczyna stosować fizykę, że rozwój geofizyki w coraz bardziej istotny sposób zaczyna zależeć od rozwoju fizyki i to nieraz w partiach na pozór odległych od zagadnień geofizycznych. Przykładem tego przekonania niech będą fizycy, którymi obsadził polską geofizykę.

W roku 1924 zostaje Dobrowolski wicedyrektorem, a w r. 1927 dyrektorem Państwowego Instytutu Meteorologicznego. Instytut zastaje w „opłakanym, nigdzie w świecie chyba nie widzianym, stanie“. Nie robiło się nie tylko żadnych prac naukowych, ale nawet niektórych niezbędnych w sieci międzynarodowej, zwyczajnych obserwacji i pomiarów; personel za mały i niedostatecznie kwalifikowany, budżet śmiesznie szczupły. W niespełna 6 lat wyprowadza Dobrowolski Instytut nie tylko z tego stanu zaniedbania, ale czyni z niego „największą w Polsce placówkę naukowo-praktyczną“, podwaja personel, podnosi budżet pięciokrotnie — rzecz niebywała w ówczesnych warunkach kryzysu ekonomicznego i przy ówczesnym stosunku sfer rządzących do nauki; rozpoczyna wydawanie czasopism naukowych, czyni z niego „jeden z lepszych tego rodzaju insty-

tutów w Europie". Będąc jeszcze dyrektorem PIM-u i walcząc o jego „europejskie oblicze”, rozpoczyna trwającą 10 lat i zakończoną sukcesem kampanię o stworzenie obserwatorium sejsmologicznego w Polsce, którego brak w międzynarodowej sieci badań sejsmicznych groził lada chwila



W parku w Suffeczynie stoją od lewej: J. Lugeon, A. B. Dobrowolski, J. Zubrzycki, A. Rundo.

skandalem i hańbią dla Polski, groził tym, że po prostu inne kraje kupią nam sejsmograf, zainstalują i będą za nas obsługiwać. W tym samym czasie (w roku 1929) inicjuje założenie Towarzystwa Geofizyków, którego prezesem pozostaje przez 20 lat aż do roku 1949, oraz wydawanie organu towarzystwa „Biuletynu”. Okres kierowania Instytutem jest już czwartym w życiu Dobrowolskiego okresem zbyt intensywnej pracy, której nie wytrzymuje nawet jego „żelazny” organizm; załamuje się zdrowie i Dobrowolski zmuszony jest opuścić Instytut. Godnych jednak wyszukał następców w osobach: S. Hłaska, następnie J. Lugeona — zaproszonego ze Szwajcarii i w końcu (do 1939 r.) J. Blatoną.

Działalność organizacyjną na terenie międzynarodowym, gdzie też był bądź inicjatorem, bądź współorganizatorem stowarzyszeń, wydawnictw, planów badań — pominię tu.

PEDAGOG I HUMANISTA

Zajmę się jeszcze krótko — na wybranym przykładzie — badaniami i działalnością Dobrowolskiego w pedagogice; postaram się pokazać, jak postulaty pedagogiczne łączyły się z rozważaniami kulturoznawczymi. Rozwój idei pedagogicznych Dobrowolskiego datuje się od roku 1907, kiedy to w wywalczonych bojkotem szkołach polskich prowadzi przez lata swoje eksperymenty dydaktyczne, które polegały przede wszystkim na badaniu u uczniów samodzielności umysłowej. Dalsze rozwijanie i sprawdzanie swoich poglądów pedagogicznych prowadzi Dobrowolski w latach 1917-22 — kiedy organizuje Wydział Programowy w Ministerstwie Wyznań Religijnych i Oświecenia Publicznego, a następnie w okresie kierowania katedrą pedagogiki na Wolnej Wszechnicy Polskiej w latach 1927—1938.

Sięgnięcie do bogatego i dotychczas nie wykorzystanego dorobku myśli pedagogicznych Dobrowolskiego staje się obecnie, wobec trudności, z jakimi walczy polskie szkolnictwo, szczególnie aktualne. Znamienną jest wypowiedź jednego z pedagogów radzieckich, bawiącego w ubiegłym roku w Polsce, który radził sięgnąć do własnych, polskich klasyków wychowania i nauczania.

Przedstawię krótko ideę 10-klasowego gimnazjum powszechnego. Punktem wyjścia było zasadnicze pytanie: jak długo ma trwać nauka szkolna, czyli ile lat ma dziecko uczyć się pod codzienną opieką dydaktyczną; kiedy, po ilu latach nauki może się już i powinno bez tej opieki obyć, czyli kiedy staje się zdolne do samodzielnej nauki przy fachowej pomocy specjalistów. Po wielu latach obserwacji i eksperymentów daje Dobrowolski odpowiedź na to kardynalne zagadnienie dydaktyki i ustroju oświatowego. Już — ale i dopiero — od wieku lat 17 — po 10 klasach treningu — młodzież nie potrzebuje codziennej opieki dydaktycznej i nie tylko nie potrzebuje, ale opieka ta staje się szkodliwą, zabija bowiem najcenniejszy dar dobrej szkoły: samodzielność, tzn. zdolność do samouctwa (samodzielnego zdobywania wiedzy fachowej) i do samokształcenia (samodzielnego zdobywania wykształcenia ogólnego). Wytworzenie tych dwóch naczelných dyspozycji umysłowych: zdolności do samouctwa i samokształcenia staje się — w dydaktycznym systemie Dobrowolskiego — celem nauczania szkolnego. Z tak postawionego ogólnego celu szkoły wynika ogólny postulat metodyczny — znany od czasów *P e s t a l o z z i e g o*, a jednak zbyt rzadko realizowany — prymatu treningu umysłowego nad ilością wiedzy.

Idea gimnazjum powszechnego w swych naturalnych rozgałęzieniach i powiązaniach obejmowała wszystkie najważniejsze problemy nauczania, wychowania i oświaty.

Upowszechnienie 10-klasowego gimnazjum łączy się z rozważaniami kulturoznawczymi: za jedno bowiem z największych niebezpieczeństw grożących naszej cywilizacji uważał Dobrowolski coraz bardziej panoszącą się plagę pół- i ćwierćinteligentów oraz coraz większą dysproporcję między koniecznym jak najwyższym poziomem wykształcenia fachowego a niskim — zupełnie niedostatecznym — poziomem wykształcenia ogólnego wśród inteligencji. Upowszechnienie gimnazjum 10-klasowego stwo-

rzyłoby ludność jako tako wykształconą, a przede wszystkim zdolną do dalszego samokształcenia; w ten sposób znikłaby hańba naszych czasów, dziedzictwo epoki kapitalistycznej: kalectwo umysłowe mas ludowych oraz zlikwidowana zostałaby plaga pół- i ćwierćinteligentów. Natomiast zaprowadzenie i upowszechnienie inicjowanych przez Dobrowolskiego wyższych uczelni ogólnokształcących nazwanych przez niego instytutami wyższej kultury umysłowej — początkowo dla inteligencji, a następnie dla całej ludności przygotowanej do samokształcenia — wyrównałoby fatalną dysproporcję w poziomach wykształcenia fachowego i ogólnego. Instytuty wyższej kultury umysłowej, tzw. Universitas Rediviva, były już dwukrotnie w przededniu realizacji: raz w roku 1939 — dobrane było grono profesorów i opracowany program — drugi raz po wojnie w 1947 r. Idea ta zawędrowała do Belgii i Anglii.

Z niemałym zainteresowaniem i radością śledził Dobrowolski rozwój szkolnictwa w Związku Radzieckim. W roku 1933 w „Wiadomościach Literackich“ (nr 491) w związku z dekretem oświatowym rządu ZSRR z dnia 25.VIII.1932 r. tak między innymi pisze w swym artykule *O minimum oświaty szkolnej*: „Nie ma powodu do powątpiewania, iżby wielkie, nie mające dotychczas w dziejach równego, oświatowe zamierzenie Sowietów nie miało się udać, jeśli się uda sowiecki plan gospodarczy. Przez tę imponującą wolę odrobienia wszystkich zaniedbań w dziedzinie oświaty, a zwłaszcza przez gorączkowy, niebywały wysiłek ku stworzeniu wykształconej ludności ... Związek Radziecki od razu zyskuje niesłychaną, a nieoczekiwaną, bijącą w oczy przewagę cywilizacyjną nad innymi państwami ..., których rządy i samorządy ... ujawniły w sposób brutalnie oczywisty ... swój zupełny brak ... dbałości o cywilizację ..., — począwszy swe kryzysowe oszczędności nie od czego innego, jak właśnie od oświaty, od redukcji szkół i nauczycieli ... od pomnażania ciemnoty, od niszczenia kultury“. Władze sanacyjne nie zapomniały Dobrowolskiemu tego artykułu.

Z prac naukowych Dobrowolskiego wspomnę o jednej — może najważniejszej. Pracując w tak różnych dziedzinach nauki, różniących się stopniem rozwoju, stosowanymi metodami, celem i zakresem badań, zebrał Dobrowolski z bezpośredniej obserwacji tych różnych warsztatów naukowych materiał do stworzenia empirycznej charakterystyki nauki. Uwydatnione zostały różnice między poszczególnymi naukami; podane 4 klasyfikacje nauk oraz zebrane cechy wspólne całej nauce, wyodrębniające ją spośród innych dróg poznania; kontury i wartość nauki zarysowały się szczególnie wyraźnie w zestawieniu z innymi drogami poznania: przednaukową, filozoficzną i magiczno-mistyczną.

W tym miejscu konieczna jest uwaga wyjaśniająca natury rzeczowej i terminologicznej. Stwarzając swą klasyfikację i ocenę różnych dróg poznania zauważył Dobrowolski, że główną wadą olbrzymiej większości systemów jak i poszczególnych zdań i zasad filozoficznych jest ich ogólnikowość; a więc i płynąca stąd ich bezwartość poznawcza; że — w najlepszym przypadku — zagadnienia filozoficzne to zagadnienia przedczesne — ciemne (mimo że ciekawe, pasjonujące itp.), których więc nie można jeszcze sformułować o tyle precyzyjnie, aby możliwa była jakaś sensowna odpowiedź; że wadą metody filozoficznej jest — między

innymi — analizowanie myślowe, a nawet werbalne, bez ani uprzedniej, ani późniejszej analizy i charakterystyki empirycznej rozważanych zjawisk, — metoda dobra i niemal jedyna w naukach formalnych, ale zupełnie nieprawna i bez wartości przy badaniu świata realnego. Tę większość filozofii nazywa Dobrowolski wprost filozofią. Natomiast rozważania natury ogólnej — tak poznawcze jak i normatywne, a zaliczane powszechnie do filozofii, które jednak ani w swym sformułowaniu, ani w metodzie rozwiązywania nie mają powyżej zaznaczonych cech wspólnych filozofii, zaliczane są do przednauki, aby wyodrębnić je z metod i zagadnień, od których zasadniczo się różnią. Przednauką nazywa Dobrowolski rozważania lub badania zwyczajne, w zasadzie podobne do praktyki codziennej, tylko że systematyczniejsze, wytrwalsze, z wyraźniejszym celem, bądź wyjaśniającym, bądź praktycznym, np.: analizy literackie, *essays* psychologiczne; dawne metody uprawy roli, wytapiania dzwonów, balsamowania, medycyna ludowa itp., zupełnie dobre i na pewnym etapie wystarczające i nie mogące być — na razie — zastąpione przez lepsze — naukowe. Przednauka, rozwijając się, precyzując swoje pojęcia i metody, ugruntowując zdobycze, przeobraża się stopniowo w naukę.

STAN „ZAGADEK“

Wszystkie te różnorodne dziedziny badań, studiów i zainteresowań, o których wspominałem, jak i te, które w krótkim tym artykule z konieczności pominąłem, był to materiał w najogólniejszym tego słowa znaczeniu, materiał zdobyty własną, wiele dziesiątków lat trwającą pracą, do wyraźnego sformułowania samych pytań i dania odpowiedzi na najważniejsze z najważniejszych pytanie, stojące szczególnie jaskrawo obecnie przed całą kulturalną ludzkością: jaki nadać cel i sens, i realną treść swojemu istnieniu; w szczególności co robić z naczelną osobliwością obecnej kultury: z nieograniczonymi i nieprzewidywanymi możliwościami poznawczymi i realizacyjnymi coraz szybciej rosnącej nauki i techniki oraz z również nieprzewidywanym rozwojem sztuki? Największe widział on niebezpieczeństwo i bolączkę współczesnej epoki w dysproporcji między do dziś niezrozumianymi, nawet przez ich twórców — w swej istocie i wartości — nauką i sztuką a rodzajem i poziomem naczelnych pragnień dzisiejszego człowieka. Tak — w wielkim skrócie — brzmiało sformułowanie zagadki życia.

Nie łatwo też streścić losy zagadki świata: problem — w pierwotnym swoim sformułowaniu — w pewnym sensie zniknął; zdobył natomiast Dobrowolski wyraźną postawę wobec niego. Rozwiązanie, a też dostatecznie jednoznaczne sformułowanie odsunięte zostało w nieokreśloną przyszłość rozwoju nauki. W obecnym stanie nauka — bo tylko ona jedna, nie zaś filozofia jest tu kompetentna — nie może tego problemu rozwiązać: zbyt nierównym rozwija się frontem, zbyt nieporównywalne co do swego zaawansowania i charakteru są osiągnięcia różnych nauk, aby czas już był na określony, jednolity pogląd na „istotę“, „nature“ itp. wszechświata — same przecież używane tu terminy: „istota“, „natura“ itp. nie bardzo jeszcze wiadomo, co tu naprawdę oznaczają.

ZAKOŃCZENIE

W osobistym kontakcie cechowała profesora Dobrowolskiego bezpośredniość i przyjacielskość w traktowaniu człowieka i jego spraw, połączone z wyrozumiałością i zawsze poważną radą; przejmował się — w pewnym sensie nawet przesadnie — drobnymi kłopotami osobistymi swoich znajomych i przyjaciół. Oczarowywała i przyciągała ludzi zarażająca zapalność umysłowa: potrafił pobudzić otoczenie do myślenia, zainteresować jakimś problemem; jego entuzjazm i niezwykła żywość umysłowa, połączone z wnikliwością i bezwzględną „uczciwością umysłową“, jaka go cechowała, zawsze dominowały i stanowiły naturalny punkt organizacyjny w każdym niemal towarzystwie. Do wszelkich formalnych tytułów, stanowisk, odznaczeń czuł wprost pogardę, w najlepszym wypadku śmieszyły go one, jako cechy ludzkiej małości. Uważał i dokumentował to wielokrotnie w życiu — za co zdobył sobie nie tylko samych przyjaciół — że człowieka powinno oceniać się według tego, czego ten człowiek dokonał lub może dokonać, osóbką zaś ludzka nie jest sama w sobie wartością.

Jedną z nieodłącznych cech profesora Dobrowolskiego, która nie tylko nie opuszczała go nawet w najcięższych chwilach życia, ale była mu w tych chwilach pomocą i podpora, było silnie rozwinięte poczucie humoru. Jego humor nazwałbym „intelektualnym śmiechem“, krył bowiem zawsze w sobie jakiś pierwiastek myślowy.

Profesor Dobrowolski nie dokończył najważniejszych swoich prac z dziedziny humanistycznej, ciągle je bowiem uzupełniał i przerabiał — nie spieszył się z publikowaniem. Pozostawił po sobie cenne rękopisy, których opracowanie przekazał swym uczniom.

SPIS PUBLIKACJI A. B. DOBROWOLSKIEGO ⁵I. Publikacje przyrodnicze ⁶

- 1*. *Note sur les systèmes de nuages*. Ciel et Terre, 23, str. 267—276, 321—327, 341—348, 365—374. Bruxelles 1902.
- 2*. *La neige et le givre*. Expédition Antarctique Belge. Résultats du voyage du S. Y. Belgica. Rapports scientifiques publiés aux frais du gouvernement belge sous la direction de la Commission de la Belgica, 4^o, str. 1—79, rys. 48, Anvers 1903.
- 3*. *Observations des nuages*. Expédition Antarctique Belge. Résultats du voyage du S. Y. Belgica. Rapports scientifiques publiés aux frais du gouvernement belge sous la direction de la Commission de la Belgica, 4^o, str. 1—58, rys. 33, Anvers 1903.
4. *Quelques idées sur la forme et sur la structure des cristaux de neige*. Ciel et Terre, 24, str. 36, Bruxelles 1903.
- 5* *Les cristaux de glace sériens et le phénomène des halos*. Ciel et Terre, 28, str. 41, Bruxelles 1907.

⁵ Jest to po raz pierwszy zebrany pełny spis publikacji; być może, zawiera on pewne nieścisłości.

⁶ Gwiazdką oznaczono prace wydzielone przez autora, prawdopodobnie jako prace oryginalne lub stanowiące większy wkład w naukę.

- 6*. *Obłacznyje sistiemy i zakony gorizontalnago raspredienija obtakow.* (Referat na Zjazd przyrodników w Petersburgu ku czci pamięci Mendelejewa w r 1908), str. 1—14. Petersburg 1908.
- 7* *Ueber neue Beobachtungen von Eiskristallen, welche die Haloerscheinungen bewirken.* Meteor. Zft., 26, str. 433—437, rys. 5, Braunschweig 1909.
- 8* *Wyprawy polarne. Historia i zdobycze naukowe,* str. XVI, 359, wyd. I — Warszawa 1914, wyd. II — Warszawa 1925, wyd. III pt. „Epopeja Polarna“, Warszawa 1939 r. — zniszczone przez hitlerowców. (Książka nagrodzona przez Kasę im. Mianowskiego, z zapisu Pileckiego).
- 9*. *Les cristaux de glace.* Arkiv for Kemi, Mineralogi och Geologi utgitt af Kungl. Svenska Vetenskapsakademie, t. 6, nr 7, str. 1—33, rys. 31, Stockholm 1916.
- 10*. *Historia naturalna lodu (Histoîr naturelle de la glace),* str. XXVI, 940, rys. 340. Supplement (avant-propos et table des matières détaillée) en français. Warszawa 1923. (Dzieło nagrodzone przez Kasę im. Mianowskiego, z zapisu Sawickiego).
11. *Z powodu artykułu p. W. Niebrzydowskiego „O zamieciach śnieżnych na kolejach żelaznych“.* Prace Met. i Hydr. I, str. 91—92. Warszawa, 1924.
12. *Zagadnienie ruchu powietrza i wody po nierównościach gruntu.* (Zagadnienia wdm i zasp, mielizn i namulisk; zagadnienia wiatru halnego, chmur górskich oraz linii śnieżnej). Referat wygłoszony w Warszawskim T-wie Fizyczn. 10.II. 1924 r. Wiad. Met. IV, str. 63—72, 81—88, rys. 9, Warszawa 1924.
- 13*. *Mouvement de l'air et de l'eau sur les accidents du sol.* Georg. Ann. VII, str. 1—69, rys. 23, Stockholm 1925.
14. — i Wąsik J. *Ruch powietrza i wody po nierównościach gruntu. Część I: Badania eksperymentalne,* Prace Meteor. i Hydrol., nr II, str. 140—153, rys. 6, streszczenie angielskie, Warszawa 1926.
15. *Amundsen na tle Nansena i wikingów polarnych.* Przemówienie wygłoszone na uroczystym posiedzeniu Pol. Tow. Geograf. ku czci Amundsena w auli Uniwersytetu Warszawskiego w dniu 14.XII.1928. Biblioteka przyrodnicza „Dla wszystkich“, nr 219, str. 54, Poznań—Warszawa 1929, II wyd. — Warszawa 1946.
- 16*. *Wstęp do artykułu zbiorowego: O najpilniejszych potrzebach fizyki ziemskiej w Polsce.* Nauka Polska, t. X, str. 78—81, Warszawa 1929.
17. *O potrzebie specjalnych badań nad chmurami.* Nauka Polska, t. X, str. 96—99. Warszawa 1929.
18. *O potrzebie specjalnych badań nad ruchem powietrza i wody po nierównościach gruntu.* Nauka Polska, t. X, str. 99—100. Warszawa 1929.
19. *Amundsen.* Przegl. Geograf. t. X, str. 99—101, Warszawa 1930.
20. *Z powodu Roku Polarnego.* Przegl. Geograf. t. X, str. 187—192. Warszawa 1930.
21. *Uwagi do pracy J. Wąsika: „Wir przedni i zjawiska z nim stowarzyszone“.* Prace Geofiz. nr II (VIII), str. 115—118; streszczenie angielskie, Warszawa 1930.
- 22*. *La glace au point de vue pétrographique.* (Essai de classification des roches de glace). Bull. Soc. Franc. de Mineralogie, 54, str. 5—19, Paris 1931.
23. *Kraje polarne.* Wiedza i Życie, nr 8 i 9—10, Warszawa 1931.
24. *O lodzie na lądach polarnych.* Wiedza i Życie, str. 30—49 i 128—141. Warszawa 1931.
- 25*. *Osobliwości nauki o atmosferze.* Wiedza i Życie, nr 8—9 i 10, Warszawa 1932.
26. *Życie w krainach lodu.* Biblioteka przyrodnicza „Dla wszystkich“. Poznań—Warszawa 1932.
27. *Męczennicy polarni.* Wyd. I, Wiedza i Życie, 1933; wyd. II, Państw. Wyd. Ks. Szk., Lwów 1937.

- 28*. *Sur la metamorphose (par recristallisation) de la couverture de glace*. IV-ème Conference Hydr. des États Baltiques, str. 3, Leningrad 1933.
- 29*. *Sur la nécessité d'une organisation internationale des recherches relatives a la glase et particulièrement de la fondation d'un organe international consacré à ces recherches*. IV-ème Conference Hydrologique des États Baltiques, str. 5, Leningrad 1933.
30. *Przemówienia autora i wnioski na IV Konferencji Hydrolog. Państw Bałtyckich*, Instytut Hydrolog. d'État, str. 123—126, 174, 238, 403—408, Leningrad 1933.
- 31*. *La symetrie des cristaux de glace*. Bull. Soc. Franç. de Mineralogie, 56, str. 335—346. Paris 1933.
- 32*. *Cryosphere, cryologie, cryotechnique et la question de l'organisation internationale de l'étude de la glace et des phenomènes liés à glace*. Kriosfera, kriologia, kriotechnika i sprawa organizacji badań nad lodem i zjawiskami lodowymi. Biulet. Tow. Geofiz., nr 9—10, str. 54—64. Warszawa 1934.
- 33*. *O teoriach processa zamierzaniya wod, w czastnosti obrazowaniya donnogo lda i szugi*. Izwiestija Nauczno-Izsljed. Instit. Gidrotechniki, XIV, str. 77—80, Leningrad 1934.
- 34*. *Protokolle d. I Kuratoren u. Interessenten Versammlung etc*. Hydrolog. Konferenzen d. baltischen Staten, str. 21—24, Riga 1934.
35. *Sur les théories relatives au processus de la congélation des eaux et en particulier à celui de la formation de la glace de ocurant et de la glace de fond*. Biulet. Tow. Geofiz., nr 11—12, str. 20—24, Warszawa 1935.
36. *Polska wyprawa na Spitzbergen*. Wiedza i Życie nr 1, Warszawa 1935.
37. *Przemówienie na uroczystym posiedzeniu T-wa Geofizyków w Warszawie ku uczczeniu pamięci Stefana Hłaska*. Biulet. Tow. Geofiz., nr 11—12, str. 54—59, Warszawa 1935.
38. *Obłoki*. Świat i Życie, t. III, str. 979—998, Lwów—Warszawa 1935.
39. *Najpiękniejsze klejnoty natury*. Wyd. I, Nasza Księg., 1936; wyd. II, PZWS, 1946; wyd. III, PZWS, 1948.
- 40*. *W sprawie realizacji projektu międzynarodowej organizacji kriologicznej*. Biulet. Tow. Geofiz., nr 13. Warszawa 1936.
Sur le problème de la realisation d'une organisation cryologique internationale. Comptes-Rendus et Memoires des Neiges et des Glaciers, str. 65—75. Association International d'Hydrologie Scientifique. Bullet. 23. Union Internat. de Geodesie et de Geophysique. VII-e Assemblée, Edinbourg 1936.
41. *Przemówienia i wnioski*. VII-e Assemblée de l'UIGG Association d'Hydrol. Scient. Bullet. 22, str. 379, 384, 631, 635—637, 641—643.
42. *A la Societé d'etudes scientifiques et techniques des transports par eau à Leningrad* (Hommage à la memoire de V. E. Timonoff). Biulet. Tow. Geofiz., nr 14, str. 78—79. Warszawa 1936.
- 43*. *Le rôle historique de l'Expedition Antarctique Belge (1897—1899)*. Discours prononcé à la fête du 40-me anniversaire de l'Expedition de la „Belgica“ dans l'„Atlanta“ à Bruxelles, le 23 août 1938. Bullet. de la Soc. Roy. de Geographie, nr 3, Bruxelles 1938.
44. *Discours et motions*. VI Baltische Hydrologische Konferenz zu Lubeck—Berlin im August 1938. Bericht ueber die Verhandlungen. Berlin 1939. (Vorlaeufiger Abdruck), str. 75, 77, 223, 238, 252, (Mot. I, 4a); 89, 224, 225, 239—240, 253—254 (Mot. I, 6b), (1), (2); 233—234, 250, 263—264 (Mot. en dehors de l'ordre du jour 1, 2).

- 45*. *Remarque sur une discussion relative à la structure et au mouvement des glaciers dans la „Association for the Study of Snow and Ice à Londres. Resumees par Rev. W. L. S. Fleming (Cambridge) dans le Geogr. Journ., London (Structure and Flow of Glaciers Ice: a Review), XCII, nr 5, str. 452—453, 1938.*
46. *L'Hydrologie et la Météorologie. News Letter, 1 June 1939.*
47. *Encore sur le problème de la réalisation d'une organisation cryologique internationale. („Commission ou Association"? Ibid).*
48. *„Commission de Neiges et des Glaces" ou bien „Commission de Cryologie" ? Ibid.*
49. *Réponse à la note de Mr Church à mon rapport: „Commission de Neiges et des Glaces" ou bien „Commission de Cryologie" ? Ibid.*
50. *Sur le problème de la réalisation des publications cryologiques internationales (Monographie encyclopedique et revue). Ibid.*
51. *Classifications cryologiques: 1) classification cryologique scientifique (classification de la science de Cryologie; 2) classification du travail cryologique (institutions et congès scientifique-divisions en sections); 3) classification bibliographique. Ibid.*
52. *Quelques remarques à propos de la classification cryologique (bibliographique) proposées par Mr Facyri. Ibid.*
53. *Sur une methode rationnelle du choix des questions triennales reglementaires pour la Commission des Neiges et des Glaces (avec „Remarque sur une façon rationnelle de traiter les questions cryologiques"). Rapport au Congrès de l'UIGG Washington, Sept. 1939.*
54. *Pour arriver à une théorie bien fondée du mouvement des glaciers (à l'occasion de la „Jungfrau Joch-Expedition" de M. M. G. Seligman, A. F. Benfield, T. P. Hughes et F. M. Perutz). Ibid.*
55. *Suggestions pour une révision du projet de chasement des problèmes geophysiques lesquels demandent des essais expérimentaux pouvant s'effectuer dans des laboratoires d'hydraulique. Ibid.*
56. *The Problem of Air and Water Mouvements over Irregularitis of the Ground, Experimental Work. Hydraulic Laboratories, First Tests Ibid.*
57. *Cinquantenaire du Premier Hivernage dans l'Antarctide. Le voyage du „Belgica" considéré du point du vue de l'histoire de Pole Sud. Acad. Roy. de Belgique. Bullet. de la Classe des Sciences, 5 serie, t. XXXIV, Bruxelles 1947.*
58. *Polskie Wyprawy Polarne. Wiedza i Życie, nr 11, Warszawa 1947.*
59. *Glaciers Structure and Movement Theories. Tłumacz. rozdz. XIII i XVI Historii Naturalnej Lodu, dodatek nr 1 do zes. XVI Biulet. Tow. Geofiz. 1939—1949 z przedmową autora.*
- 60*. *O pewnym zagadnieniu z petrografii lodu. Acta Geolog. Polon., t. 2, Warszawa 1952, str. 447—451. Teksty angielski i rosyjski.*
- 61*. *Petrografia lodu a pojęcie linii brzegowej lądu polarnego. Acta Geolog. Polon., t. 3, Warszawa 1953, str. 190—192. Teksty francuski i rosyjski.*

II. Publikacje z dziedziny oświatowej, wychowania, nauczania

1. *O pilnej potrzebie wychowania umysłowego w Polsce: o konieczności zasadniczej reformy nauczania w szkołach średnich oraz stworzenia w związku z tą potrzebą nowych placówek pracy naukowej. Nauka Polska, t. I, str. 489—502, Warszawa 1918.*

- Fragment tej pracy drukowany po raz drugi tamże t. VI, 1927, str. 136—140.
Tenże fragment, rozszerzony, zamieszczony w tłumaczeniu angielskim w „Organen“, przeglądzie międzynarodowym, wydawanym przez Kasę im. Mianowskiego, str. 290—295, Warszawa 1936.
2. *Cele nauczania w gimnazjum niższym: historii, geografii, przyrodoznawstwa, fizyki i chemii, rysunków i lepienia, śpiewu, pracy ręcznej.* Programy gimnazjów państwowych. Gimnazjum niższe. Minist. W. R. i O. P., Warszawa 1919.
 3. *Uwagi metodyczne do programów fizyki, chemii i geografii dla gimnazjum niższego.* Tamże.
 4. *Program geografii dla gimnazjum niższego.* Tamże.
 5. *Cele nauczania w gimnazjum wyższym: historii, nauki o Polsce, nauki o istotach żywych, geografii, fizyki, chemii i kosmografii, rysunków i pracy ręcznej, śpiewu i muzyki.* Programy gimnazjów państwowych. Gimnazjum wyższe, Minist. W. R. i O. P., Warszawa 1922.
 6. *Program nauki o istotach żywych dla gimnazjum wyższego.* Tamże.
 7. *Nauka a oświata.* Referat na Pierwszy Zjazd Nauki Polskiej. Nauka Polska, tom III, str. 33—48, Warszawa 1920.
 8. *Wstęp do wydawnictwa Protokoły lekcji,* Minist. W. R. i O. P., str. 1—11, Warszawa 1921 oraz „Nowa Szkoła“, XII, Warszawa 1945.
 9. *Przedmowa do książki p. Paschalisowej Nauka języka ojczystego w szkole powszechnej,* str. 1—10, Warszawa 1923. (NB. Błędy drukarskie zniekształcające treść).
 10. *R. M. Holzapfel i podstawy naukowe wychowania uczuć.* Wykład inauguracyjny przy objęciu katedry pedagogiki na Wolnej Wszechnicy Polskiej. Droga, nr 1—3, str. 1—20, Warszawa 1927.
 11. *O najpilniejszych potrzebach „duchowych“,* Nauka Polska, t. X, str. 483—485, Warszawa 1929.
 12. *Owidiusz Decroly (1871—1932).* Zagajenie odczytu zbiorowego profesorów Wydz. Pedagogicznego W. W. P., ogłoszonego dnia 6 listopada 1932 r. w „Collegium Publicum“ tejże Wszechnicy ku uczczeniu pamięci Decroly'ego. Przegląd Współczesny, str. 399—403, Kraków 1932.
 13. *Zagadnienie szkoły powszechnej.* Przegląd Współczesny, str. 201—217, Kraków 1932.
 14. *Zagadnienie szkoły powszechnej jako zasadnicze zagadnienie naszej cywilizacji.* Nakł. autora. str. 47, Warszawa 1932.
 15. *Minimum oświaty szkolnej.* Artykuły w Wiadomościach Literackich, nr 2, 22, Warszawa 1932; nr 10, 1933.
 16. *Sur insuffisance de l'école primaire et sur la nécessité de fonder une ligue internationale pour le minimum d'instruction scolaire.* Congrès International de la Ligue de l'Education Nouvelle, Nice 1932.
 17. *Niedostateczność szkoły powszechnej.* Droga nr 5, Warszawa 1932.
 18. *Sprawa oświaty inteligenckiej, czyli wykształcenia ogólnego na wyższym poziomie.* Kultura i Wychowanie, nr 2 i 3, str. 133—149, Warszawa 1935.
 19. *O potrzebie wykształcenia ogólnego na wyższym poziomie, w szczególności dla nauczycieli.* (Z powodu artykułów prof. St. Kołaczkowskiego w Kurierze Porannym). Chowania, str. 122—128, Katowice 1936.
 20. *Najważniejsza i najpilniejsza sprawa naszej epoki: Postulat przedłużenia obowiązkowego, w postaci powszechnego gimnazjum.* Referat wstępny na Zjeździe Rad Szkolnych (prowincjonalnych), Warszawa 1935.

21. *Universitas Rediviva*, str. 31, Warszawa 1936.
22. *Sur la nécessité de créer, dans les Universités, une faculté d'instruction générale supérieure pour hausser le niveau de culture de l'esprit des intellectuels*. Bullet. de l'Assoc. des Amis de l'Université de Liège, str. 1—19, janvier 1937.
23. *A propos de l'éducation intellectuelle générale*. Ibid. avril 1937.
Liberal Education. Tłum. ang. powyższych dwóch artykułów (22—23) przez W. H. Dawson'a, *Sociological Review*, October str. 355—369, October 1937.
Te same dwa artykuły przedrukowane w *Archives belges des sciences de l'éducation*, Bruxelles, juillet 1938.
24. *Wstępne rozważania o szkołach wyższych, w szczególności akademickich*. Szkoły Wyższe, zes. 1 i 2, 1938 (druk niedokończony).
25. *Uniwersytety i instytuty naukowe, jako szkoły badaczy naukowych „czystych” i badaczy naukowych „praktycznych”*. Kuźnica nr 5, Łódź 1945.
26. *Nowa ciemnota: Nowe niebezpieczeństwo grożące cywilizacji — plaga półinteligentów i ćwierćinteligentów*. Twórczość, Kraków, grudzień 1945.
27. *Ogólna charakterystyka nauk pedagogicznych i płynące stąd konsekwencje i wskazania*. Nowa Szkoła, Warszawa, styczeń—luty 1946.
28. *O potrzebie katalogu czynności umysłowych i kodeksu moralności umysłowej*. Kuźnica nr 13, 1946.
29. *O potrzebie Ministerstwa Nauki*. Odrodzenie, 11.7.1946.
30. *O organizacji nauki i o ustroju szkolnictwa wyższego*. Referat wygłoszony na pierwszym posiedzeniu Rady Szkół Wyższych w dniu 15.V.1948.

III. Publikacje z innych dziedzin

1. *Przyczynek do rozbioru problematu „materii i ducha”*. Próba empirycznego i na gruncie biologicznym postawionego pytania: „świat wewnętrzny” (pojęcia, wyobrażenia) a „świat zewnętrzny”. Ateneum, Warszawa 1897, pod pseud. A. D. Wolski.
2. *Osobliwości biologii, pojęć biologicznych i pracy biologów i płynące stąd konsekwencje i wskazania dydaktyczne dla programów szkół średnich*. Referat na 2 posiedzeniach zespołu profesorów Uniwersytetu Warszawskiego i elity nauczycieli jako zagajenie dyskusji. Rękopis nie wydany drukiem i częściowo zaginiony, część odnaleziona w r. 1955.
3. *Mój życiorys naukowy*. Nauka Polska, t. IX, 1928, str. 68—209, podpisany A. B. D.

IV. Prace w przygotowaniu do druku⁷

1. *Epopeja polarna*. Przy współpracy C. Centkiewicza i S. Różyckiego. Trzecie, zmienione i uzupełnione wydanie *Wypraw polarnych*. Wydana w roku 1939 w przededniu wojny; cały nakład przed pojawieniem się, na półkach księgarskich zniszczony został przez hitlerowców. W roku 1947 zmieniona i przygotowana do druku.
2. *Osobliwości charakteru Polaków wraz z próbą ich częściowego wytłumaczenia na tle socjologiczno-historycznym — na podstawie systematycznych obserwacji od czasu powrotu do kraju w r. 1907 po 16 latach spędzonych poza Polską*. Gotowe do druku.

⁷ Wykaz przygotowany częściowo przez A. B. Dobrowolskiego, częściowo zaś przez jego uczniów.

3. *Katalog czynności umysłowych*. Treść wykładów na Wolnej Wszechnicy Polskiej. Przygotowany do druku w latach 1940—1944. Częściowo zagubiony w roku 1944. W przygotowaniu.
4. *Kodeks moralności umysłu*. Usystematyzowany i sklasyfikowany zbiór błędów umysłowych, oparty na materiale zbieranym w szkołach średnich, w szkołach wyższych, na zjazdach i posiedzeniach naukowych oraz z literatury naukowej i filozoficznej. Częściowo zaginiony w roku 1944. W przygotowaniu.
5. *Empiryczna charakterystyka porównawcza dróg poznania: magiomistyki, filozofii, przednauki i nauki*. W maszynopisach i notatkach. W przygotowaniu.
6. *Estetyka przyrody*. Próba nowej metody badania „zjawisk piękna”. W notatkach.
7. *Universitas Rediviva* — Wykształcenie ogólne na wyższym poziomie. Przygotowane do druku w roku 1948. Str. 100.
8. *Pisma zebrane z dziedziny pedagogiki*, (tytuł nie ustalony). Będą zawierały wiele prac dotychczas niepublikowanych. W przygotowaniu.
9. *Prace zebrane z geofizyki*. (tytuł nie ustalony). Projektowane.
10. *Mój życiorys naukowy*. W przygotowaniu do druku.
11. *Dziennik wyprawy na Antarktydę w latach 1897—1899*.
12. *O możliwościach i sposobach wyrażania z pomocą odpowiedniego stylu (nie „upiększającego”) stosunku uczuciowego do pewnego rodzaju prac czysto naukowych (nawet przyrodniczych) na przykładzie własnych publikacji autora o charakterze syntetycznym*. W notatkach.
13. *Jeszcze o muzyczności wierszy, w szczególności o możliwości analogii strukturalnej (kompozycyjnej) pomiędzy utworem poetyckim a utworem muzycznym, jej granicach i przykładach*. W notatkach.
14. *Jeszcze o nieokrzesanym chłopie i wielkim poecie: o czterech arcydziełach Kłocowa i jego miejscu w literaturze rosyjskiej i światowej*. W notatkach.
15. *Do charakterystyki poezji Tadeusza Micińskiego*. W notatkach.
16. *Rozbiór literacki na przykładzie: „Okreću pijanego” Rimbandta*. W notatkach.
17. *O przetłumaczalności poezji*. W notatkach.
18. *Inne prace z dziedziny humanistyki*. W notatkach.

Marian Mięslowicz

ZAPOTRZEBOWANIE SUROWCÓW ENERGETYCZNYCH A ZAGADNIENIE ENERGII JĄDROWEJ

Zagadnienie zamiany różnych postaci energii na inne, jak wiemy z historii nauk przyrodniczych, nie było zagadnieniem prostym. Zasady zachowania energii nie odkrył jeden człowiek, lecz odkrycie to było wynikiem wielkiej pracy takich uczonych jak Joule, Meyer czy Helmholtz, którzy założyli fundamenty pod klasyczną zasadę zachowania energii, i takich jak Łomonosow i Lavoisier, których prace doprowadziły do zasady zachowania masy, czy Einstein, który połączył w jedną obydwie te zasady.

Niemal dokładnie 100 lat przed uruchomieniem pierwszego stosu atomowego ustalano podstawy zasady zachowania energii. W roku bowiem 1843 Joule doświadczalnie zbadał warunki przemiany pracy mechanicznej w ciepło i wykazał równoważność tych dwóch postaci energii. Już zresztą kilkanaście lat wcześniej ten sam uczony ilościowo określił prawo wiążące pracę prądu elektrycznego z ciepłem wywołanym. Prace te, jak również wiele prac innych uczonych, których nie możemy tutaj nawet wymienić — są to zresztą rzeczy ogólne znane — doprowadziły do ostatecznego sformułowania najbardziej fundamentalnego prawa fizyki, tj. prawa zachowania energii.

Podstawowym zadaniem techniki jest konstruowanie urządzeń, w których energię uzyskaną ze źródeł naturalnych zamienia się na takie jej formy, jakie są człowiekowi potrzebne.

Najważniejszym dotąd dla człowieka źródłem energii — pominąwszy biologiczną stronę jego życia — są surowce energetyczne, tj. węgiel, ropa i gaz. Przy użyciu tych kopalin zamieniamy energię chemiczną wywołującą się w reakcjach egzotermicznych w postaci ciepła reakcji, praktycznie ciepła spalania, na potrzebne formy energii. W ten sposób zużywa ludzkość obecnie około 3 miliardów kW mocy. Drugim źródłem energii, które gra zasadniczą rolę dla biologicznego życia na ziemi, ale którego nie możemy uwzględnić w technicznej energetyce, jest aktualne promieniowanie słoneczne.

Mówimy o aktualnym promieniowaniu, ponieważ odgrywało ono niewątpliwie rolę w powstawaniu surowców energetycznych w ciągu epok geologicznych. Moc absorbowana przez kulę ziemską w postaci promieniowania słonecznego jest olbrzymia; jest mianowicie około 100 tysięcy razy większa od mocy czerpanej przez człowieka z surowców energetycznych. Ze względu jednak na nieskoncentrowaną formę energii promieniowania słonecznego nie odgrywa ono obecnie większej roli w energe-

tyce. Jedynie energia wodna, która powstaje z energii promieniowania słonecznego, gra pewną rolę w energetyce. Z tego bowiem źródła zaspokajamy około 7% naszego zapotrzebowania.

Drugorzędną rolę w energetyce światowej odgrywają także takie formy energii jak energia wiatru czy np. energia przypływów i odpływów morza.

Od kilkunastu lat, ściśle biorąc od r. 1939, kiedy to Fryderyk Joliot zwrócił uwagę na to, że możliwe są łańcuchowe reakcje jądrowe, które mogą doprowadzić do wyzwolenia energii jądrowej w skali makroskopowej, istnieje zagadnienie energii jądrowej — najczęściej zwanej energią atomową — jako nowego źródła energii. W moim artykule chciałbym rozpatrzyć zagadnienie: jaką rolę może odegrać energia jądrowa w przyszłości jako nowe źródło energii, wobec niewątpliwie wyczerpujących się tradycyjnych surowców energetycznych.

Jak wygląda roczne zużycie surowców energetycznych? Wprowadźmy następujące równoważniki energetyczne, które pozwolą nam masę surowców przeliczać na energię oraz wszystkie dane odnoszące się do różnych surowców przedstawiać za pomocą jednego standardowego, np. węgla. Równoważniki te przedstawione są w tablicy 1.

ż.

T a b l i c a 1

Równoważniki energetyczne

1 MWh (megawatogodzina =	125 kg węgla
= 860 000 kcal	83 „ ropy
	95 m ³ gazu ziem.
	0,04 g ²³⁵ U.

(Na razie nie zajmujemy się ostatnią pozycją tabl. 1)

Tablica 2 przedstawia światowe zużycie surowców energetycznych obecnie (1950). Z tablicy tej możemy się zorientować we względnym zużyciu surowców, które przedstawione jest tam w miliardach ton równoważników węglowych¹.

T a b l i c a 2

Światowe zużycie surowców energetycznych w r. 1950 w miliardach ton równoważników węglowych:

Paliwa stałe	1,58	58%
Ropa	0,70	25%
Gaz	0,27	10%
Hydroelektrownie	0,20	7%

Ostatnią pozycję tablicy 2 należy rozumieć jako roczną ilość węgla, jaka byłaby potrzebna dla uzyskania energii dostarczonej przez hydroelektrownie. Wstawiono tę pozycję dlatego, ponieważ oceniamy tu wszystkie większe źródła energii.

¹ Większość danych liczbowych zamieszczonych w tym artykule pochodzi ze sprawozdań z konferencji genewskiej (sierpień 1955) poświęconej pokojowemu wykorzystaniu energii atomowej.

Następne zagadnienie to jest wzrost zużycia surowców energetycznych w czasie. Przyjrzyjmy się temu wzrostowi w przeszłości, by móc wnioskować o przyszłości. Zagadnienie to przedstawione jest na tablicy 3.

Tablica 3

Światowe zużycie paliwa w latach 1937—1954

(zużycie w r. 1937 przedstawione liczbą 100)

(1913)	(69)
1937	100
1950	137
1954	161

Widzimy zatem, że czynnik wzrostu zużycia surowców energetycznych od r. 1937 do chwili obecnej wynosi 1,61. Nie trzeba utożsamiać tego czynnika z czynnikiem wzrostu wyprodukowanej w tym czasie energii. Za ten sam okres czasu czynnik wzrostu wyprodukowanej energii wynosi mianowicie około 2. Wynika to oczywiście z coraz to lepszego wyzyskania paliwa na skutek postępu technicznego.

Przewidywanie zużycia energii w przyszłości jest zagadnieniem trudnym. Danych z tablicy 3 nie możemy po prostu ekstrapolować ze względu na szybkość zmiany w czasie tej zależności. Jeżeli istnieje poprawne rozwiązanie tego problemu, to tylko z pewnym parametrem nie całkiem pewnym. Upraszczając zadanie za ten parametr niektórzy autorzy uważają średni roczny wzrost zużycia surowców energetycznych. Rozwiązanie problemu wymaga uwzględnienia takich czynników jak: 1) wzrost liczby mieszkańców kuli ziemskiej, 2) rozszerzenie przemysłu na okolice dotąd nie uprzemysłowione (ekspansja przemysłu), 3) postęp w technice wytwarzania energii, 4) zmiany w procentowym zużyciu różnych paliw.

Ekspansja przemysłu jest wynikiem silnego wzrostu zużycia surowców na głowę, co przy równoczesnym wzroście liczby mieszkańców kuli ziemskiej stanowi główną przyczynę wzrostu zużycia surowców. Przyjawszy 6% wzrostu zaludnienia na dziesięciolecie, tj. znacznie mniej, niż mieliśmy w okresie 1900—1950 (9%), dla roku 200 otrzymujemy 3200 milionów ludzi, a dla 2050 roku 4300 milionów ludzi — wobec 2400 milionów w r. 1950.

Rozważając możliwie wszystkie dające się przewidzieć czynniki dochodzi się do wniosku, że ogólny wzrost roczny zużycia paliwa będzie wynosił 2 do 3% rocznie. Tak obliczone roczne zużycie paliwa dla 2%, 2,5 i 3% przedstawia tablica 4.

Tablica 4

Przewidywane ogólne roczne zużycia paliwa od r. 1950
(miliardów ton równoważnika węgla rocznie)

	2%	2,5%	3%
1950	2,8	2,8	2,8
1975	4,5	5,1	5,8
2000	7,4	9,5	12,1
2025	12,1	17,5	25,2
2050	19,9	32,5	52,9

Z kolumny 3 widać na przykład, że przyjąwszy średni wzrost zużycia na 2,5% otrzymujemy około 3,5-krotny wzrost rocznego zużycia paliwa dla roku 2000, a przeszło 11-krotny wzrost dla roku 2050 w stosunku do roku 1950.

Te zapotrzebowania surowców energetycznych porównać teraz musimy z zasobami surowców, którymi to zapotrzebowanie mamy pokryć.

Zadanie oceny zapasów surowców energetycznych jest bardzo trudne. Niemniej geolodzy potrafia nam dać sporo informacji. Oczywiście trzeba tutaj odróżnić ilości danych surowców, jakie się w ogóle w skorupie ziemskiej znajdują, od tych, które dają się lub raczej które opłaca się eksploatować. Tutaj różnice w opiniach różnych badaczy są bardzo wielkie. Szczególnie duże różnice istnieją w ocenie ilości surowców w złożach jeszcze nie odkrytych. Biorąc te czynniki pod uwagę ocenia się użyteczne zasoby surowców energetycznych w sposób przedstawiony w tablicy 5.

Tablica 5

Użytkowne zasoby surowców energetycznych kuli ziemskiej
(w miliardach ton równoważnika węgla)

Surowce stałe	3000
Ropa i gaz	450
Hydroelektrownie	2,5 rocznie.

Ostatnia pozycja obliczona jest z założeniem maksymalnego zużycia wszystkich wód dających się spiętrzyć.

Jeżeli porównamy przypuszczalne zużycie surowców, z założeniem 2,5% wzrostu rocznie, z tymi zapasami, to jeżeli nawet założymy, że od r. 2050 nie będzie już wzrostu zużycia, wystarczyłoby nam paliwa tylko na 100 lat od r. 2050. Zważywszy, że to założenie jest raczej dowolne oraz że zużycie paliw ocenialiśmy z niedomiarem, należy się raczej liczyć z tym, iż około roku 2100 ludzkość będzie stała wobec problemu braku surowców energetycznych, jeżeli nie znajdzie innych sposobów pokrycia swoich potrzeb energetycznych na bardzo wielką skalę.

Przy rozważaniu zagadnienia zastąpienia dotychczas znanych surowców energetycznych innymi nasuwają się dwa rozwiązania: 1) możliwość wytworzenia potrzebnych pierwiastków wchodzących w skład surowców energetycznych z innych pierwiastków i 2) możliwość znalezienia zupełnie nowych zjawisk, w których mogłaby się wydzielać energia.

Pierwsza z tych możliwości była kategorycznie odrzucana przez fizykę czy chemię klasyczną. Jednakowoż wielkie odkrycia Marii Skłodowskiej - Curie pchnęły naukę, a w szczególności zagadnienie zamiany jednych pierwiastków w drugie, na zupełnie nowe tory. Wiemy, że atom radu wysyłając promienie alfa staje się atomem zupełnie innego pierwiastka — radonu. Ten z kolei zamienia się na inny pierwiastek, aż wreszcie jako trwały produkt rozpadu powstaje jeden z izotopów ołowiu. W ten sposób Maria Skłodowska - Curie dokonała zasadniczego odkrycia przemiany jednych pierwiastków w drugie.

Dzisiaj już wiemy, że możemy wytwarzać dowolne pierwiastki z innych. Okazało się jednak, że ta droga nie prowadzi do praktycznej produkcji tradycyjnych surowców energetycznych. Mamy jednak inny, prostszy mimo wszystko, sposób bezpośredniego wytwarzania energii. Oka-

zało się mianowicie, że przemiany jednych jąder w inne związane są z wydzielaniem się lub pochłanianiem energii. Już z doświadczeń Marii Skłodowskiej wynikało, że w procesach przemian promieniotwórczych wydzielą się energia. Jeżeli na przykład ulegną rozpadowi atomy zawarte w 1 gramie radu, to wydzielą się tyle ciepła, co przy spalaniu 500 kg węgla. Było to właściwie odkryciem energii jądrowej. W r. 1902 Maria Skłodowska - Curie i Piotr Curie pisali „Każdy atom substancji promieniotwórczej działa jako stałe źródło energii... W poszukiwaniu pochodzenia energii promieniotwórczości można wysuwać różne koncepcje, które da się zgrupować w dwie zasadnicze hipotezy. Jedna to, że każdy atom promieniotwórczy znajduje się w pewnym stanie energii... którą wyzwala, druga to, że atom promieniotwórczy jest mechanizmem, który stale czerpie z zewnątrz energię, którą następnie wydzielą”. Obecnie wiemy dobrze, że słuszną była pierwsza hipoteza.

Od pierwszych chwil po odkryciu wydzielania się ciepła w zjawiskach promieniotwórczych zaczęto szukać źródeł tej energii. Zagadnienie to zostało rozwiązane w sposób zupełny przez jednego z największych uczonych wszystkich czasów, zmarłego w ubiegłym roku fizyka Alberta Einsteina. Jako jedną z konsekwencji teorii względności wyprowadził on słynną zasadę równoważności masy i energii. Zasada ta wiąże dwie fundamentalne zasady klasycznej fizyki i chemii, tj. zasadę zachowania energii i zasadę zachowania masy, w jedną zasadę.

Według Einsteina masa jakiegos układu może się zmienić, lecz zmianie tej musi towarzyszyć wypromieniowanie lub pochłonięcie pewnej energii ściśle równoważnej tej zmianie masy. Ponieważ zaś masa i energia są związanymi z sobą atrybutami materii, więc zasadę zachowania energii i zasadę zachowania masy możemy połączyć w jedną zasadę zachowania materii. Ilościowo ta równoważność masy i energii przedstawia się w ten sposób, że jeden gram masy odpowiada energii 9.10^{20} erga, tj. ok. 10^{13} kGm, czyli 25 milionów kWh pracy. Stwierdzono, że w procesach jądrowych występują rzeczywiste zmiany mas cząstek biorących w nich udział i że towarzyszy im odpowiednie wydzielanie się lub pochłanianie energii. Jeżeli zmianom tym ulegają pojedyncze jądra atomowe, to wydzielanie się energii jest makroskopowo biorąc niesłychanie małe. Jeżeli jednak proces powtarza się, tak jak to zachodzi w ciałach promieniotwórczych, gdzie atomy niezależnie od czynnika zewnętrznego spontanicznie rozpadają się, obserwujemy efekt makroskopowy.

Zaczęto już dawno rozważać możliwości wyzyskania tego rodzaju zjawisk jako źródeł energii. Przecież teoretycznie 1 kg masy daje energię 25 miliardów kWh ($2,5 \cdot 10^{10}$ kWh). Z poprzednich danych wynika, że nasze obecne zużycie paliwa, liczone w jednostkach mocy, wynoszące około 3 miliardów kW, tj. $2 \cdot 10^{13}$ kWh rocznie mogło by być pokryte w odpowiednim procesie przez około 1 tonę masy dowolnego ciała.

Przez długi czas po odkryciach Einsteina uważano tego rodzaju kalkulacje, podawane często w różnych popularnych artykułach i odczytach, za teoretyczne mrzonki nie mające nic wspólnego z praktyką. Do roku 1939 znano bowiem tylko takie procesy, gdzie jedynie indywidualne jądra ulegały przemianom, lub też znano rozpad ciał promieniotwórczych, które nie wchodziły w rachubę jako stałe źródła energii.

W r. 1939 dokonano podstawowego dla zagadnienia otrzymywania energii z procesów jądrowych odkrycia (Fermi, Hahn i Strassman, Meitner, Irena i Fryderyk Joliot - Curie).

Stwierdzono mianowicie, że ostrzeliwując jądra uranu neutronami otrzymujemy rozszczepienie jąder uranu z tak dużym ubytkiem masy, iż w jednym takim rozszczepieniu wydzieli się około 200 MeV energii (1 MeV = $1,6 \cdot 10^{-6}$ erga), i nadto, że w rezultacie tej reakcji w każdym zderzeniu wyrzucanych jest średnio około 2 neutronów. Okazało się dalej, iż te wtórne neutrony mogą w masie uranu powodować dalsze rozszczepienia, innymi słowy, że możliwe są reakcje zwane w chemii łańcuchowymi, w których kolejno w bardzo krótkim czasie wielka ilość jąder może ulec rozszczepieniu z każdorazowym wydzielaniem energii. W tych procesach mogą być zatem spełnione warunki wydzielania się energii w skali makroskopowej. Równoważnik energetyczny na 1 kg paliwa jądrowego otrzymujemy przez pomnożenie ilości energii wydzielonej w jednym rozszczepieniu, tj. 200 MeV, przez liczbę atomów w 1 kg uranu, tj. $3 \cdot 10^{24}$, co daje około $24 \cdot 10^{12}$ cal na 1 kg uranu, a co jest dalej równoważne około $3 \cdot 10^7$ kWh lub około 3000 ton węgla. Dokładniejsze współczesne wartości równoważników energetycznych dla izotopu uranu 235 są:

$$\begin{array}{rcl} 1 \text{ MWh} & \text{—} & 0,04 \text{ g } ^{235}\text{U}, \\ 1 \text{ kg } ^{235}\text{U} & \text{—} & 25000 \text{ MWh}. \end{array}$$

Przejdźmy wreszcie do praktycznych urządzeń wytwarzających energię na zasadzie procesów tutaj opisanych.

Jak wiadomo, w stosach atomowych, inaczej zwanych reaktorami, główną rolę jako substancja rozszczepiana gra izotop ^{235}U , a to z następujących przyczyn. Neutrony wytwarzane wtórnie w procesie rozszczepienia mają na ogół duże energie i wylatują spoza obrysu reaktora nie powodując rozszczepienia. Znacznie skuteczniejsze pod tym względem są powolne neutrony, które jednak oddziałują skutecznie tylko z izotopem ^{235}U . Dlatego też w stosie atomowym prócz substancji rozszczepialnej znajduje się zawsze inna substancja, złożona z lekkich jąder, np. grafit, która służy do spowalniania neutronów przez zderzenia z jądrami tej substancji. Tak spowolnione neutrony rozszczepiają z dużą wydajnością jądra ^{235}U i reakcja przebiega łańcuchowo.

W ostatnim czasie ukazało się tyle artykułów opisujących działanie i budowę stosów atomowych, że nie wydaje się celowe powtarzanie tutaj licznych — zresztą bardzo interesujących — informacji. Ograniczymy się więc tylko do pewnych danych energetycznych. Uran naturalny jest mieszaniną głównie dwóch izotopów ^{238}U i ^{235}U , przy czym tego drugiego jest około 0,7%. Zatem 1 tona uranu naturalnego zawiera 7 kg ^{235}U , co na podstawie poprzednich danych przy wydajności 50% daje ok. 10^8 kWh. Do regulowania mocy, z jaką stos pracuje, służą urządzenia regulujące ilość obecnych w stosie powolnych neutronów. Urządzenia te są po prostu prętami z kadmu lub boru, które mają własność pochłaniania powolnych neutronów. Wsuwając te pręty w głąb stosu powodujemy zmniejszanie się szybkości wydzielania energii w stosie, wyciągając natomiast pręty zwiększamy jego moc. Obecnie pracuje się intensywnie nad tym, by w czasie pracy stosu jako dodatkowe produkty uzyskiwać nowe substancje

rozszczepialne powolnymi neutronami, będące dzięki temu nowym paliwem w reakcji łańcuchowej. Takim produktem w stosach jest pierwiastek transuranowy o liczbie atomowej 94, tj. pluton (Pu), będący właśnie dobrym materiałem rozszczepialnym. W ten sposób reaktory w czasie swej pracy reprodukuja nowe zapasy paliwa jądrowego. To zjawisko stwarza daleko idące horoskopy energetyczne dla reaktorów atomowych, dalsze niż z początku przypuszczano.

Dla przykładu podamy nieco szczegółów dotyczących elektrowni atomowej Akademii Nauk ZSRR, która 27 czerwca 1954 zaczęła pracować jako pierwsza w świecie wytwarzająca prąd dla celów przemysłowych. Jest to reaktor z uranem wzbogaconym w izotop ^{235}U oraz z grafitem do spowalniania neutronów. Ciepło wydzielone w stosie odprowadzane jest przez wodę do kotła parowego i do turbiny. Moc wydzielona w stosie jest około 30 000 kW, a moc turbiny około 5000 kW. Łatwo zapamiętać, że w stosach pracujących obecnie zużycie 1 g ^{235}U na dobę daje 1000 kW mocy cieplnej w stosie. Ilość ^{235}U używana („spalana“) w stosie radzieckim jest więc prawdopodobnie około 30 g ^{235}U na dobę. W przygotowaniu są dalsze stopy energetyczne o mocy 50 000 kW, 100 000 kW i jeszcze znacznie większej.

Przejdziemy teraz do omówienia udziału energii jądrowej w energetyce przyszłości.

Obecnie wydobywa się około 1000 ton naturalnego uranu rocznie. Z tablicy 1 wynika, że przyjąwszy 50% wydajności energetycznej procesu — 1 kg uranu naturalnego jest równoważny energetycznie 10 000 000 kg węgla. Stąd wynika, że ilość rocznie wydobywanego uranu jest równoważna 10^{10} kg węgla. Widzimy więc, że w tej chwili tylko bardzo mały ułamek naszego zapotrzebowania energetycznego, które wynosi według tabl. 2 $2,5 \cdot 10^9$ ton węgla, może być pokrywany z uranu jako nowego surowca energetycznego. Niemniej według danych z konferencji genewskiej buduje się obecnie w całym świecie ponad 10 elektrowni atomowych o mocach powyżej 200 MW każdy. Moc ta będzie dawać ogółem $2 \cdot 10^{10}$ kWh rocznie. Nowe plany radzieckie idą jeszcze znacznie dalej. Na konferencji genewskiej podawano jednak, że należy się liczyć ze wzrostem wydobycia uranu w niedalekiej przyszłości do 10 000 ton uranu rocznie. Ważniejsze jeszcze były komunikaty, które donosiły o daleko posuniętych badaniach nad wzrostem wydajności energetycznej procesów reaktorowych. I tutaj z teoretycznego punktu widzenia istnieją duże możliwości, bo na pewno jest już wiadomo, że możliwe są procesy dodatkowego wytwarzania z ^{235}U substancji rozszczepialnej (Pu). Procesy te nazwano poprzednio reprodukowaniem materiału rozszczepialnego. Na tej drodze, przypuszczamy to na podstawie danych z konferencji genewskiej, otrzyma się znaczne podwyższenie energetycznej wydajności stosu do równoważnika 10^6 kg węgla na 1 kg uranu naturalnego. W ten sposób, należy się spodziewać, wydobycie roczne uranu zrównoważy 10^{10} ton węgla, a więc ilość przekraczającą nasze dzisiejsze użycie roczne węgla dla celów energetycznych.

Spójrzmy na to zagadnienie jeszcze od strony zasobów surowców. Geologowie oceniają zasoby światowe uranu na 10^7 ton. Jeżeli przyjmie my równoważnik 10^6 w stosunku do węgla, to ta ilość uranu będzie energetycznie odpowiadała ilości węgla trzykrotnie przewyższającej

światowe zapasy surowców energetycznych tradycyjnych, które na podstawie tablicy 2 oceniamy na $3,5 \cdot 10^{12}$ ton węgla. Jasną jest rzeczą, że oszacowania tutaj podane są bardzo niedokładnie. Wydaje się jednak niewątpliwe, że wobec istnienia problemu wyczerpywania się surowców energetycznych zagadnienie energii jądrowej znalazło się w centrum zainteresowania nie tylko fizyków i inżynierów, ale także ekonomistów. Niezależnie od szerokich pól zastosowań energii jądrowej w licznych działach nauki, medycyny i techniki, to wielkie odkrycie naszego wieku stworzyło wielkie perspektywy przed energetyką przyszłości.

Nie poruszaliśmy dotąd kwestii kosztów tego nowego sposobu otrzymywania energii. Możemy powiedzieć od razu, że sprawa przedstawia się dobrze. W tej chwili koszty kapitalnych inwestycji siłowni jądrowych są od 50 do 100% wyższe niż analogiczne koszty siłowni węglowych, koszty natomiast paliwa wynoszą już dzisiaj tylko 50% kosztów węgla. W rezultacie ogólne koszty dla siłowni atomowych są obecnie jeszcze nieznacznie wyższe niż dla tradycyjnych, wiadomo jednak z historii techniki, jak koszty nowowprowadzonych urządzeń szybko maleją z czasem. Nie ulega już dzisiaj wątpliwości, że koszty energii jądrowej będą w przyszłości niższe od kosztów energii otrzymanej z surowców zwykłych.

Jasną jest rzeczą, że stopień ważności tego problemu silnie zależy od specyficznej sytuacji danego kraju, od jego zasobów tradycyjnych surowców energetycznych, od jego zasobów uranu, od stopnia wyzyskania energii wodnej, wreszcie od rozmieszczenia źródeł energii w kraju.

Wynika stąd, że dla pewnych państw zagadnienie to już dzisiaj jest bardzo aktualne. Dla wszystkich będzie aktualne przy dalszej obniżce kosztów eksploatacji energii jądrowej, a będzie palące w miarę wyczerpywania się surowców energetycznych.

UWAGI O IZOTOPACH

Mówiąc i pisząc dziś o izotopach, często zapomina się o pewnej zasadniczej sprawie: o tym, że istnieją izotopy promieniotwórcze i niepromieniotwórcze. Oba te typy odkryto w tym samym mniej więcej czasie — na początku bieżącego stulecia. I chociaż znalazły one wiele podobnych zastosowań, jednak własności ich i metody otrzymywania, a także, oczywiście, metody pracy z nimi są w zasadzie odmienne. Dlatego obie wielkie grupy izotopów warto omówić oddzielnie.

IZOTOPY NIEPROMIENIOTWÓRCZE

Izotopy niepromieniotwórcze występują w naturze pod postacią mieszanin. Stąd metody ich otrzymywania polegają na ich wyodrębnianiu spośród towarzyszących im ciał o takiej samej liczbie atomowej i różniących się często tylko nieznacznie masą atomową. Stąd też powstają znaczne trudności rozdzielenia izotopów, spowodowane całkowitą prawie identycznością własności chemicznych i fizycznych. Niemniej jednak opracowano metody, które pozwalają na skuteczny rozdział mieszanin izotopów nie tylko na skalę laboratoryjną, ale, co ważne ze względów praktycznych, i na skalę przemysłową.

Zastanówmy się w skrócie nad najważniejszymi sposobami otrzymywania izotopów trwałych. Rozpatrzmy je na przykładzie dwu bardzo ważnych pierwiastków: wodoru i uranu¹.

Jeśli chodzi o pierwszy z nich, to składa się on zasadniczo z dwu izotopów: protu o liczbie masowej 1 i deuteru o liczbie masowej 2 (jeśli pominiemy tryt promieniotwórczy, którego stężenie w mieszaninie naturalnej wynosi 10^{-14} i mniej). Drugi z nich uzyskuje coraz to większe znaczenie w energetyce jądrowej itp. Dlatego trzeba było opracować metody pozwalające na szybkie jego otrzymywanie w ilościach rzędu setek ton rocznie, pomimo iż jego stężenie w mieszaninach naturalnych wynosi przeciętnie 1/6000.

Surowcem do otrzymywania deuteru jest zwykła woda, stanowiąca, jak wiadomo, połączenie wodoru i tlenu. Wyodrębnia się go stamtąd pod postacią związku deuteru z tlenem, czyli pospolicie tzw. ciężkiej wody D_2O . Obecnie stosuje się 3 metody otrzymywania.

Pierwsza z nich to elektroliza. W czasie elektrolizy wody naturalnej pozostałość ulega wzbogaceniu w D_2O .

¹ Promieniotwórczość naturalna uranu jest tak słaba, że izotopy jego można rozdzielać metodą typową dla rozdzielania izotopów trwałych.

W procesie rektyfikacji, podobnej w zasadzie do rektyfikacji spirytusu ziemniaczanego, ciężka woda pozostaje w kotle destylacyjnym.

Katalityczna wymiana polega na przechodzeniu deuteru z wznoszącej się w kolumnie pary do ściekającej przez nią ku dołowi wody.

Wyodrębnianie lekkiego izotopu uranu ^{235}U z mieszaniny naturalnej natrafia oczywiście na dużo większe trudności. Powoduje to znacznie mniejsza różnica mas niż w wypadku izotopów wodoru. Pomimo to rozwiązano problem na skalę praktyczną. Obecnie ^{235}U otrzymuje się metodą efuzji gazowej. Polega ona na przepływie uranu naturalnego pod postacią gazowego związku UF_6 przez bariery zaopatrzone w bardzo drobne otworki, o średnicy rzędu 10^{-6} cm. Cząsteczki zawierające ^{235}U przechodzą przez otworki szybciej niż te, w których skład wchodzi atomy cięższego izotopu.

Wiele innych izotopów wyodrębnia się z mieszanin naturalnych w tzw. rozdzielaczach elektromagnetycznych, stanowiących udoskonalone wersje spektrografów masowych.

Własności izotopów niepromieniotwórczych są nadzwyczaj zbliżone do siebie. Niemniej jednak ciała te różnią się nieznacznie masą atomową, niekiedy zaś posiadają bardzo odmienne własności jądrowe (jak np. przekroje czynne na pochłanianie neutronów). Dlatego można je wykrywać bądź to z pomocą spektrografu masowego, bądź też na drodze odpowiednich reakcji jądrowych. Taki stan rzeczy umożliwia stosowanie izotopów trwałych jako znakowanych atomów w najrozmaitszych doświadczeniach. Ma to wielkie znaczenie zwłaszcza w badaniach biologicznych, gdzie wprowadzenie ciał promieniotwórczych do organizmów żywych może wywołać niekiedy poważne zaburzenia w procesach przemiany materii. Poza tym praca z izotopami radioaktywnymi zmusza do stosowania różnych środków zabezpieczających, nieraz bardzo niewygodnych.

Warto poruszyć tu jeszcze jedno zagadnienie, które zazwyczaj uchodzi uwagi. Chodzi o wykorzystanie lekkich izotopów trwałych, takich jak deuter, do wywoływania reakcji termojądrowych. Obecnie wprawdzie wykorzystuje się je tylko w takich reakcjach zachodzących w sposób wybuchowy, nie kontrolowany, istnieją jednak oznaki (by nie być gołosłownym, powołuję się tu na autorytet prof. B. H. A. B. H. Y., przewodniczącego genewskiej konferencji poświęconej pokojowemu wykorzystaniu energii atomowej), iż w ciągu najbliższych 15—20 lat uda się zbudowanie reaktorów termojądrowych dostarczających energii z procesów zlewania izotopów lekkich pierwiastków. Reaktory takie umożliwią uniezależnienie się od uranu i toru, surowców energetycznych, których światowe zasoby oceniane są na co najwyżej 200 lat. Prócz tego reaktory termojądrowe umożliwią praktyczną realizację podróży kosmicznych, które dziś przestały być jedynie fantastyką.

IZOTOPY PROMIENIOTWÓRCZE

Izotopy promieniotwórcze występują w naturze nader skąpo. Z tego powodu obecnie wytwarza się je sztucznie. Główne ich źródło stanowią reaktory jądrowe. Otrzymuje się je stamtąd w dwojaki sposób. Po pierwsze powstają one w wielkich ilościach z uranu na skutek procesu roz-

szczepiania jego jąder. W ten sposób uzyskuje się izotopy o średnich masach atomowych. Niezależnie od tego z samego uranu i toru w intensywnych strumieniach neutronów, jakie istnieją w czynnym reaktorze, tworzą się izotopy ciężkie, takie jak ^{239}Pu , ^{233}Th itd. Inne izotopy, których nie można uzyskać wymienionymi metodami, produkuje się z pierwiastków naturalnych, trwałych, drogą napromieniania ich neutronami w reaktorach. Tak uzyskuje się m. in. znany powszechnie ^{60}Co .

Ponieważ nie wszystkie izotopy promieniotwórcze, potrzebne do celów przede wszystkim badawczych, można uzyskać w reaktorach, produkuje się je innymi sposobami. Głównie źródło tych izotopów stanowią akcelatory, przede wszystkim cyklotron. W ten sposób wytwarza się np. izotop żelaza ^{55}Fe wolny od zanieczyszczeń ^{59}Fe .

Chociaż pod względem własności izotopy danego pierwiastka są praktycznie bardzo podobne, niekiedy w czasie procesów fizycznych czy chemicznych, także w żywych organizmach, następuje częściowy ich rozdział, czyli tzw. frakcjonowanie. Nieuwzględnienie tego czynnika prowadzi do poważnych błędów naukowych w badaniach. Uwaga ta dotyczy oczywiście również izotopów trwałych.

Izotopy radioaktywne oddziałują oprócz tego na organizmy żywe w sposób szczególny, ponieważ stanowią źródła promieniowania cząstkowego, wzgl. elektromagnetycznego. To ich działanie zależy od wielu czynników, jak szybkość i rodzaj rozpadu, stężenie, własności fizyczne i chemiczne, warunki zewnętrzne (obecność tlenu, temperatura itp.) itd. Małe dawki promieniowań jądrowych działają inaczej niż wielkie, przy których następuje porażenie centralnego układu nerwowego.

Izotopy promieniotwórcze znalazły niezwykle liczne zastosowania, które omówił już właściwie w swym artykule prof. Hurwic („Kosmos B” 2,19,1956). Nie ma dziś po prostu dziedziny ludzkiej działalności, w której nie wykorzystywano by izotopów radioaktywnych, czy to będą badania naukowe fizyczne i chemiczne, czy medycyna, biologia, rolnictwo, przemysł, energetyka, a nawet komunikacja. Dlatego stosowanie izotopów bardziej niż użycie jakichkolwiek innych substancji zmienia i zmieni nasze życie.

Krystyna Pożaryska

CO WIEMY O SZELFIE I STOKU KONTYNENTALNYM

W związku z ogromnym postępem techniki i wielkim zainteresowaniem skoncentrowanym na budowie dna oceanicznego wiele uwagi poświęcono ostatnimi czasy zboczom kontynentów.

Od dawna zauważono, że dno morskie nie opada równomiernie od brzegu ku głębiom, lecz jest nachylone łagodnie, po czym na głębokości kilku tysięcy metrów zniża się raptownie aż do płaszczyzny właściwego dna oceanicznego. Interesująca jest historia geologiczna tych zboczy: jaka była ich stałość poprzez ery geologiczne, kiedy one się uformowały i czy obszary oceaniczne nie wytworzyły się przez zapadanie lądów? Na pytania te nie potrafimy dzisiaj ściśle i wyczerpująco odpowiedzieć, gdyż nie jest jeszcze dostatecznie poznana budowa skorupy ziemskiej, ukrytej pod powierzchnią wody. Drogą prowadzącą do rozwiązania tych zagadnień jest możliwie gruntowne i wszechstronne poznanie budowy dna oceanicznego.

Artykuł niniejszy ma na celu zapoznanie czytelnika z ostatnimi osiągnięciami w tej dziedzinie, a w szczególności z budową podmorskich krawędzi kontynentów. Nie dając odpowiedzi na wiele zasadniczych pytań i wysuwając szereg nowych zagadek, rzucają one jednak nowe światło na genzę tych krawędzi.

Istnienie szelfu i stoku kontynentalnego stwierdzono jeszcze przed wynalezieniem aparatu echowego, a mianowicie w drugiej połowie XIX wieku. Dzięki licznym sondowaniom, przeprowadzonym przez poszczególne służby geodezyjne i hydrograficzne, stwierdzono istnienie rozległych platform podmorskich, rozciągających się tuż na krawędzi większości lądów. Te platformy, sięgające do głębokości około 200 m, zostały nazwane szelfami, a zbocza ich, opadające na zewnątrz bardziej stromo ku głębiom oceanicznym — stokiem lub zboczem kontynentalnym. Przez szelf kontynentalny należy więc rozumieć tylko te płycizny dna oceanicznego, które wiążą się bezpośrednio z kontynentami.

OPIS SZELFU I STOKU KONTYNENTALNEGO

Dzięki pracom Sheparda, Kuenena, Klenowej i innych badaczy, korzystając z wszelkich istniejących map batymetrycznych oraz wyników sondowań, sporządzono mapę szelfów całego świata. Mapę tę wykonał Fr. Shepard, profesor geologii podmorskiej Uniwersytetu w La Jolla (Kalifornia). Jest to wielkie osiągnięcie, gdyż dotychczas zna-

jomość szelfu i zagadnień związanych z jego budową była na ogół fragmentaryczna.

Najlepiej poznanym oceanem jest, jak wiadomo, Ocean Atlantycki, w szczególności jego regiony północne. Stąd też najbardziej zaawansowane jest poznanie budowy szelfu kontynentalnego wybrzeży zachodnich (okolice Kaliforni, Nowej Anglii) oraz wschodnich Ameryki Północnej, dzięki zaś badaniom prowadzonym przez Związek Radziecki została poznana bliżej topografia dna Morza Barentsa i Oceanu Lodowatego. Dla północno-zachodniego Pacyfiku została sporządzona w 1953 r. przez Japońską Służbę Hydrograficzną mapa w skali 1 : 8 000 000. Mapa ta została wydana w r. 1954 przez Amer. Tow. Geologiczne; uwidacznia ona w morfologii dna najbardziej charakterystyczne jego rysy.

SZELF EUROPY

Począwszy od Gibraltaru, wzdłuż zachodnich brzegów Półwyspu Pirenejskiego, ciągnie się wąski stosunkowo szelf, osiągający wzdłuż Hiszpanii szerokość około 25 km, wzdłuż Portugalii — 19 km. Krawędź szelfu znajduje się na głębokości od 180 do 200 m. Przeciętna głębokość szelfu wynosi 90 m. Dno tego szelfu jest na ogół urozmaicone, pokrywają je piaski, żwiry oraz ił. Miejscami, szczególnie wzdłuż Pirenejów, stwierdzono dno skaliste, gdzie jednocześnie szelf staje się bardzo wąski.

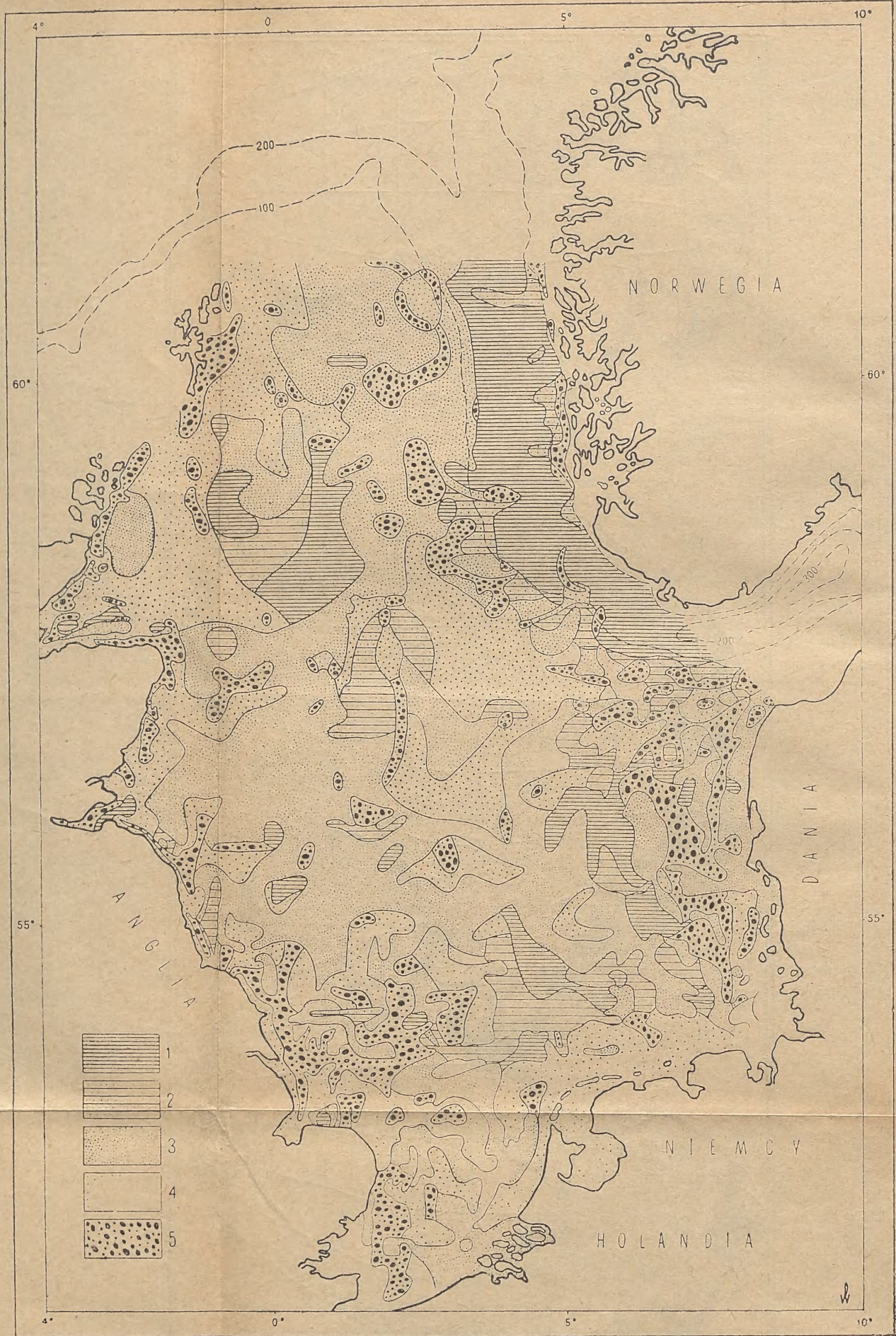
Począwszy od granicy francuskiej szelf rozszerza się miejscami do 160 km. Nierówna powierzchnia szelfu zachowuje się tylko w szelfie zewnętrznym, natomiast przy brzegu (w szelfie wewnętrznym) powierzchnia dna jest bardzo równa. Średnia głębokość szelfu zachodnio-francuskiego wynosi 125 km. Przy wybrzeżach Brytanii staje się on ponownie wąski i skalisty, o dnie nieregularnym.

Dalej ku północy szelf rozszerza się i obejmuje Wyspy Brytyjskie. Topografia dna jest nadzwyczaj urozmaicona. Występują liczne pagórki, ławice, zagłębienia o nieregularnych kształtach oraz szereg bruzd przecinających szelf w poprzek. Krawędź tego szelfu schodzi do głębokości poniżej 200 m. Powierzchnia dna jest zbudowana różnorodnie. Jest ono bądź skaliste, bądź pokryte głazami, żwirami i piaskami. Muł i ił bardzo rzadko występują na jego powierzchni. Deniwelacje powierzchni dna są znaczne i dochodzą do 140 m. Zarówno topografie, jak i typ osadów szelf ten zawdzięcza lodowcom plejstocénskim. Analogiczny zupełnie charakter ma szelf ciągnący się wokół Irlandii i wzdłuż wybrzeży Szkocji. W tym ostatnim przypadku ił występuje na dnie w części wewnętrznej szelfu, skaliste zaś dno przeważa w szelfie zewnętrznym. Tego typu szelf najbardziej przypomina szelf rozwinięty wokół Labradoru. Różni się odeń jedynie brakiem kanionów podmorskich, które w szelfie europejskim pojawiają się już na pewnych odcinkach koło wybrzeży Szkocji, a następnie, dobrze rozwinięte, koło wybrzeża norweskiego.

Szelfem tego samego typu, który stanowi przedłużenie opisanych wyżej, jest całe Morze Północne. Dno jego o głębokościach na ogół mniejszych niż 200 m jest również faliste z licznymi basenami i ławicami, z których jedne są od dawna dobrze znane jako miejsca połowów rybackich, na innych zaś występują moreny, gdzie znajdowano narzędzia kamienne z paleolitu.



Rys. 1. Mapa szelfów świata wg Sheparda, uproszczona.



Rys. 2. Rozmieszczenie osadów na dnie Morza Północnego wg Sheparda: 1 — ły; 2 — muły; 3 — drobnoziarniste piaski; 4 — gruboziarniste piaski; — 5 żwiry i głazy.

Dno Bałtyku, podobnie jak dno Morza Północnego, wyściełają osady lodowcowe, na które składają się gliny lodowcowe, ily lodowcowe, piaski, żwiry i głazy. Głębokości Bałtyku przeciętnie przekraczają 90 m, największe zaś głębokości sięgają blisko 500 m.

Szelf norweski należy również do stosunkowo dobrze poznanych. Ma on szerokości około 160 km, krawędź jego schodzi do 200 m głębokości, miejscami nawet do 360 m. Dno tego szelfu jest pocięte głębokimi rowami o przebiegu bądź równoległym do linii brzegowej, bądź też prostopadłym, z tym że niektóre rowy leżą na przedłużeniu fiordów. Godny uwagi jest fakt, że w tych rowach większe przegłębienia występują na odcinkach szelfu wewnętrznego, mniejsze zaś na odcinkach położonych dalej od lądu, na tzw. szelfie zewnętrznym. Powierzchnia dna szelfu norweskiego zasłana jest dużą ilością głazów narzutowych; wiele jest tam nierówności, ławic i kotlin, gdzie w miejscach głębszych stwierdzono występowanie materiału ilastego.

SZELF AZJATYCKI

Szelf norweski przechodzi ku wschodowi w szelf Morza Barentsa, najszerszy szelf na świecie; rozpościera się on bowiem na przestrzeni 1200 km. Od północy jest ograniczony szeregiem wysp, z których największą jest Spitzbergen. Szelf ten wykazuje duże analogie z szelfem Morza Północnego i Norwegii. Ma on również nadzwyczaj urozmaiconą konfigurację dna, na co się składa obecność licznych ławic, rowów, kotlin i pagórków podmorskich. Przeważa dno ilaste, chociaż stwierdzono również dużą ilość głazów pochodzenia lodowcowego.

Szelf Morza Białego różni się od opisanych wyżej szelfów tym, że dno jego jest przeważnie piaszczyste, a topografia dna znacznie mniej urozmaicona. Ogólnie jest to szelf płytszy, o dnie dość płaskim.

Wzdłuż wybrzeży Syberii ciągnie się rozległy szelf, dochodzący przeciętnie do 650 km szerokości, na odcinku od półwyspu Tajmyr począwszy aż do Cieśniny Beringa, gdzie szelf staje się węższy, gdyż ma zaledwie 50 km szerokości. Dno tego szelfu zaściełają piaski, ily i głazy beładnie rozrzucone. Podobny charakter ma przedłużenie tego szelfu na północ od Kanady.

Na Morzu Ochockim, które jest stosunkowo dość słabo zbadane, stwierdzono istnienie szelfu jeszcze węższego aniżeli w Morzu Beringa. Najwęższy staje się on na południowym cyplu Kamczatki, rozszerza się następnie koło Sachalinu i tu osady są już na ogół ilaste. W okolicach Władywostoku szelf ma 50 km szerokości, dno jego pokryte jest piaskiem i łem, przy czym piasek przeważa w szelfie otwartym, muł i ił w zatokach, materiał zaś skalny w okolicach półwyspów.

Dalej na południe aż do Cieśniny Koreańskiej ciągnie się wąski, przeważnie piaszczysty szelf, który obejmuje również dno tej cieśniny. Podobnie wąski i piaszczysty szelf otacza Wyspy Japońskie. Natomiast szelf Morza Żółtego jest jednym z najszerszych szelfów świata, gdyż dochodzi do 1200 km szerokości. Przedłuża się on w rozległy, płaski i płytki szelf chiński o 90 zaledwie metrach głębokości, z tym że głębsze partie dna przeważają w części szelfu znajdującej się bliżej lądu. Dno szelfu Morza Żółtego jest wysłane prawie na całej powierzchni materiałem ilastym. Na



Rys. 3. Rozmieszczenie osadów na szelfie chińskim wg Sheparda: 1 — skaliste dno; 2 — piaski; 3 — muły i iły.

południe od ujścia rzeki Jang-tse-kiang materiał ilasty wyściela już tylko szelf wewnętrzny, gdy tymczasem szelf zewnętrzny jest pokryty piaskiem.

W okolicach Taiwanu szelf ulega zważeniu do około 110 km, na południe zaś staje się ponownie szerszy i pomimo, że linia brzegowa na tym odcinku jest silnie postrzępiona, krawędź szelfu przebiega nader prostoliniennie. Wewnętrzna ilasta strefa szelfu ciągnie się dalej, a począwszy od Kantonu obejmuje całą szerokość szelfu. Głębokości dochodzą tu miejscami do 350 m. W Zatoce Sjańskiej szelf ponownie jest bardzo szeroki i płytki, podobnie jak w Morzu Żółtym, o głębokościach nie przekraczających na ogół 90 m.

W pobliżu Indochin ilaste dno szelfu zmienia się w piaszczyste i skaliste.

Szelf południowo-azjatycki ma od 50 do 200 m szerokości. Dno jego jest ilasto-piaszczyste, usiane licznymi pagórkami o znacznych deniwelacjach. Przeciętna jego głębokość wynosi około 90 m, miejscami jest nawet płytszy, głównie w obszarach położonych w okolicach ujścia większych rzek. Materiał ilasty i tu również dominuje w częściach szelfu znajdujących się bliżej brzegu, piasek zaś i żwir wraz z nadbudową koralowcową przeważa na szelfie zewnętrznym. Przy ujściu Gangesu szerokość szelfu wynosi 180 km, a głębokość 18 m w obrębie zasięgu delty, 80 m zaś — poza zasięgiem delty.

Wokół półwyspu Indochin szelf o dnie ilastym jest stosunkowo bardzo wąski, bo ma zaledwie 30 km szerokości. Nieco szerszy jest wzdłuż zachodnich brzegów Indii. Dno skaliste występuje jedynie na szelfie w okolicach Cejlonu, dno zaś ilaste ciągnie się wzdłuż szelfu zachodnio-indyjskiego, lecz jedynie od strony wybrzeża, piaszczysto-skaliste — na szelfie zewnętrznym.

Wzdłuż wybrzeży Arabii stwierdzono za pomocą nielicznych sondowań istnienie wąskiego i stosunkowo bardzo płytkiego szelfu (około 30 m głębokości). W Zatoce Perskiej, która jest płytka, osadem przeważającym jest materiał ilasty. Miejscami dno jest skaliste, co jest zapewne związane z wysadami solnymi, których istnienie stwierdzono tam w wielu punktach.

SZELF WOKÓŁ AFRYKI

Wschodnia Afryka otoczona jest wąskim szelfem o zaledwie 16 km szerokości. Miejscami brak go całkowicie. Na południe od ujścia Zambezi ma już 120 km szerokości, dochodząc do 240 km szerokości w okolicach Przyłądka Dobrej Nadziei. W najszerszej części tego szelfu występuje słynna ławica Agulhas Bank, z której powierzchni „Challenger“ i następne wyprawy oceanograficzne statków „Gazella“ i „Waldiwia“ wyciągnęły drogą konkrety fosforytowe, wskazujące na bogate złoża ukryte pod powierzchnią wód oceanu. Głębokości wokół Agulhas Bank sięgają 140 m, gdy tymczasem przeciętna głębokość szelfu południowo-afrykańskiego jest znacznie większa. Szelf ten w zachodniej części jest piaszczysty, we wschodniej — ilasto-piaszczysty, na obszarze ławicy — piaszczysty. Wzdłuż brzegu ciągnie się strefa skalista.

Wybrzeża zachodnie Afryki są przeważnie pozbawione szelfu. Głębokości sięgające powyżej 200 m zaczynają się zaraz koło brzegu. Miejscami, do kilkudziesięciu km szerokości ciągnie się wąski szelf, posiadający na głębokości 130 m taras podmorski, który zajmuje duże przestrzenie, schodząc w okolicach ujścia Konga do głębokości 200 m. Charakter dna przeważnie piaszczysty, ilasty w okolicach ujścia Konga i w Zatoce Kameruńskiej. Bardzo nieliczne dane dotyczące tego szelfu wskazują, iż ciągnie się on na północ od Cape Blanco, przy czym krawędź jego znajduje się na głębokości poniżej 180 m. Koło Gibraltaru szelf ten o kształtach bardzo nieregularnych ma zaledwie 8 km szerokości. Materiał ilasty, jak gdzie indziej tak i tu, przeważa blisko brzegu, natomiast piaszczysty i skalisty — na krawędzi. Jedynie na odcinku szelfu rozciągającym się na północ od Wysp Kanaryjskich rozmieszczenie materiału jest odwrotne. Przy brzegu dno jest piaszczyste, od strony krawędzi szelfowej — ilaste.

Wzdłuż Afryki północnej szelf jest bardzo wąski lub brak go całkowicie. Wyrażna jego listwa pojawia się na zachód od Aleksandrii, po czym wygina się zgodnie z deltą Nilu. Szelf ten ma szerokość zmienną i jest bardzo płytki, osiągając mniej niż 18 m głębokości. Wokół delty Nilu przeważa materiał ilasty, natomiast na zachód od delty stwierdzono dno skaliste, prawdopodobnie koralowcowe.

Północną część Morza Śródziemnego charakteryzuje wąski szelf, ciągnący się również wzdłuż Palestyny. Szelfem jest objęty cały Adriatyk. Szelf występuje również wzdłuż wschodnich wybrzeży Hiszpanii, począwszy od delty Rodanu. Ostatnie badania francuskich oceanografów, przeprowadzone pod kierunkiem B o u r c a r t a, wykazały istnienie w tym szelfie 2 dużych skalistych kanionów. Osady ich zawierały typową faunę borealną. Umożliwiło to określenie, że kaniony te powstały w pliocenie. Fauna borealna dotarła tam w plejstocenie, a zatem kanion musiał powstać wcześniej.

SZELF AMERYKAŃSKI

W y b r z e ż a w s c h o d n i e A m e r y k i P ó ł n o c n e j. Wzdłuż wybrzeży Labradoru ciągnie się dobrze poznany szelf, o przeciętnej szerokości 130 km, maksymalnej (w okolicach N. Funlandii) do 400 km. Powierzchnia szelfu jest nadzwyczaj urozmaicona. Składa się z licznych nierówności w postaci pagórków, basenów i rowów. Na południe od N. Funlandii, na powierzchni szelfu istnieją liczne ławice (Grand Banks, George Bank i inne), znane powszechnie rybakom. Głębokości szelfu w tych regionach są nieznaczące, gdyż przeciętnie wynoszą 55 m, poza zasięgiem ławic dochodzą do 180 m. Jednym z ważniejszych rysów morfologicznych dna tego szelfu jest tzw. rów Kabota, leżący na przedłużeniu zatoki Św. Wawrzyńca. Przecina on w poprzek całą tę platformę szelfową, przy czym głębokości tego rowu dochodzą do kilkuset metrów, lokalnie osiągając 550 m.

Typ osadów zalegających dno wspomnianego szelfu jest silnie zróżnicowany. Powierzchnie ławic są z reguły piaszczyste, miejscami pokrywa je żwir i głaziki. Zakłębłości mają dno ilaste. Bliżej brzegu ciągnie się strefa głębin szelfowych, zaś w kierunku krawędzi szelf staje się płytszy.

Począwszy od przylądka Cod charakter szelfu wschodnio-amerykańskiego, zmienia się całkowicie. Dno szelfu staje się płaskie i równe, pozbawione ławic i głębin przybrzeżnych. Powierzchnia dna jest prawie całkowicie piaszczysta aż do przylądka Hatteras, od którego na południe materiał piaszczysty szelfu zastępują pospolite w tych szerokościach oolity wapienne. Zawartość węglanu wapnia w osadach szelfowych wzrasta ku południowi. Na Florydzie, koło Palm Beach, występuje krańcowo wąski szelf, zbudowany wyłącznie z utworów węglanowych. W tych szerokościach (Palm Beach) szelf zanika całkowicie, pojawiając się ponownie na zachód od przylądka Key West (południowa Floryda). Wzdłuż zachodnich wybrzeży Florydy ciągnie się rozległy szelf, osiągający 240 km szerokości, o głębokościach nie przekraczających na ogół 70 m. Szelf ten zbudowany jest z piasków wapiennych i krawędź jego nie zarysowuje się wyraźnie.

Przedłużenie jego stanowi wąski i płytki szelf, ciągnący się wzdłuż południowych stanów USA. Przy ujściu Missisipi jest on całkowicie zajęty przez deltę, od której na zachód jest znów szerszy, osiągając 160 km, a głębokości nie przekraczają 65 m. Wzdłuż zewnętrznego brzegu tego szelfu ciągną się długim rzędem pagórki podmorskie, o kształcie owalnym i powierzchni pokrytej wapiennymi algami. Osady obszarów deltowych są przeważnie miękkie ilaste, podczas gdy na krawędzi szelfu przeważa materiał bardziej skonsolidowany.

Wzdłuż pozostałych wybrzeży Zatoki Meksykańskiej ciągnie się stosunkowo wąski szelf, który osiąga większą szerokość dopiero koło półwyspu Yukatan. Charakter szelfu obrzeżającego półwysp Yukatan jest niemal identyczny z szelfem Florydy. Oba półwyspy nie mają szelfów od strony wschodniej, natomiast występują one od strony zachodniej i osiągają znaczne szerokości.

Dobrze rozwinięty szelf, o szerokości około 240 km, posiadają wybrzeża Hondurasu z licznymi ławicami, zwanymi Banc of Mosquitos. Następnie szelf się zwęża do kilku zaledwie kilometrów wzdłuż wybrzeży Costa Rici, Nikaragui i Panamy.

Wybrzeża wschodnie Ameryki Południowej. Koło ujścia Orinoko zaczyna się szerszy szelf, osiągający 110 km przy głębokościach nieznacznych, bo około 45 m. W okolicach ujścia Amazonki staje się bardziej rozległy, ma 320 km szerokości z przeciętną głębokością około 80 m. Wzdłuż ujścia Amazonki, które, jak wiadomo, jest estuariowe, ciągną się dwa podmorskie tarasy rzeczne, z których jeden znajduje się na głębokości 18 m i osiąga 36 km szerokości, drugi zaś jest na głębokości 7 m i ma 40 km szerokości.

Osady szelfu przy ujściu rzek Orinoko i Amazonki są ilaste, stają się zaś piaszczysto-ilaste dalej od brzegu i na całej długości szelfu pomiędzy ujściami tych rzek.

Na wschód od ujścia Amazonki ciągnie się wąski szelf stopniowo zwężający się aż do przylądka San Roque. Głębokości dochodzą do około 35 m, przy czym powierzchnia szelfu urozmaicona jest rafami koralowymi. Dalej ku południowi szelf staje się jednak bardzo nieregularny, zarówno co do szerokości, jak i głębokości. Bardziej gruboziarnisty materiał na ogół dominuje na szelfie zewnętrznym, zaś drobniejszy bliżej brzegu. Ciekawe to zjawisko występuje na znacznych przestrzeniach wzdłuż wschodnich brzegów Ameryki Południowej.

Szerokość i głębokość szelfu jest zmienna również na odcinku od Rio de Janeiro aż do ujścia La Platy. Przeciętnie szelf ma 160 km szerokości, osiągając przy ujściu La Platy 420 km szerokości, przy głębokościach nieznacznych, bo od 5 do 18 m.

Na południe od ujścia La Platy, w okolicach Bahia Blanca, szerokość szelfu południowo-amerykańskiego osiąga swe maksymalne rozmiary, dochodząc do 550 km. Wzdłuż wybrzeży Patagonii, podobnie jak to ma miejsce na szelfie wzdłuż wschodniego wybrzeża Labradoru, największe głębie występują blisko brzegu, płytsze partie szelfu — bliżej krawędzi zewnętrznej. Powierzchnia tego szelfu zbudowana jest z osadów różnorodnych, piasków, głazików, żwirów i materiału ilastego, co się wiąże ze zlodowaceniem plejstoceńskim tych obszarów.

Wybrzeże zachodnie Ameryki Południowej. Wzdłuż zlodowaconych ongiś zachodnich wybrzeży Ameryki Południowej ciągnie się szelf bardzo wąski i bardzo nieregularny zarówno co do głębokości, jak i co do szerokości. Na północ od 42° szerokości geograficznej szelf występuje tylko lokalnie i jego największe głębokości dochodzą do 90 m. Na północ od granicy Peru staje się nieco szerszy. Niestety dotychczas jest bardzo mało danych dotyczących budowy szelfu zachodnich wybrzeży Ameryki Południowej. Przeciętne jego głębokości są większe niż po wschodniej stronie tego kontynentu.

Wybrzeże zachodnie Ameryki Północnej. Zatoka Panamska posiada szelf o szerokości 120 km, o płaskim dnie na głębokości 90 m. Dno szelfu zbudowane jest z iłu, który występuje bliżej brzegu, i z piasków — dalej od brzegu. Na krawędzi stwierdzono w wielu miejscach dno skaliste.

Na północ od Panamy ciągnie się wąski szelf lub brak go całkowicie. Większą szerokość osiąga w okolicach Tehuantepec, po czym aż do Zatoki Kalifornijskiej pojawia się jedynie fragmentarycznie. W miejscach, gdzie istnieje, głębokości jego wynoszą około 180 m. Przy ujściu Kolorado pojawia się szersza listwa tego szelfu o głębokościach nieznacznych, dochodzących do 18 m. Wzdłuż brzegów Kalifornii szerokość waha się od 80 do 100 km. Przeciętne głębokości na ogół nieco przekraczają 90 m. Osady piaszczyste występują na płytszych partiach szelfu bliżej krawędzi. Dalej na północ w wielu miejscach stwierdzono występowanie dna skalistego na zewnętrznym skraju szelfu.

Szelf Kalifornii jest stosunkowo dobrze zbadany i z dna jego pobrano liczne próbki osadów. Stwierdzono, że to, czy dno jest skaliste, piaszczyste lub ilaste, nie zależy od głębokości i odległości od brzegu. Na ogół na wyniesieniach podmorskich dno jest skaliste, w zagłębieniach — piaszczysto-ilaste. Krawędź szelfowa zbudowana jest z reguły ze skał zwięzłych. Koło San Francisco pojawia się znów nieco szerszy szelf, mierzący około 20 km. Prawie na całej swej szerokości jest piaszczysty, miejscami jedynie dno jego jest skaliste. Na północ od San Francisco istnieje szelf zmiennej szerokości, ogólnie znacznie głębszy niż szelf obrzeżający Amerykę Północną od strony wschodniej.

Ważnym rysem w budowie szelfu amerykańskiego północno-zachodniego jest obecność głębokiej poprzecznej rynny Juan da Fuca, którą można by porównać z rynną Kabota w szelfie amerykańskim północno-wschodnim. Dalej ku północy, wzdłuż zlodowaconych w plejstocenie brzegów Brytyjskiej Kolumbii i zachodniej Alaski, rynny tego typu, niejednokrotnie przegłębione przy brzegach kontynentu, są zjawiskiem pospolitym, podobnie jak liczne ławice, pagórki i nieregularne baseny. Topografia dna tego szelfu jest bardzo urozmaicona, podobnie jak w okolicach przyładka Cod po wschodniej stronie tego kontynentu.

Miedzy zachodnią Alaską i półwyspem Czukszów (Azja), na obszarze Morza Beringa, rozciąga się jeden z najszerzych szelfów na świecie, sięgający 640 km szerokości. Jest to szelf płaski, o dnie wyrównanym, z głębokościami nieco większymi od 90 m. Jest to szelf obszarów niezlodowaconych, gdyż, jak wiemy, zachodnia Alaska wraz z archipelagiem nie była objęta zlodowaceniem plejstocenskimi.

SZELF AUSTRALIJSKI

Wzdłuż brzegów większej części Australii ciągnie się szeroki szelf płaski i płytki, z głębiami nie przekraczającymi 90 m. Najszerzy jest od strony północnej. Wzdłuż Queenslandu jest nieco węższy, a szerokość jego wynosi 320 km. Rify koralowe, nieliczne na szelfie obrzeżającym Australię od północy, tu tworzą potężną barierę rafową, największą na świecie, przy czym obejmuje ona zewnętrzne partie szelfu, tworząc od wewnętrznej strony rafy płytki kanał o głębokości 55 m i dnie pokrytym łem i piaskiem. Od strony południowej Australię obrzeża płytki i wąski szelf, dochodzący do 140 km szerokości. Powierzchnia jego jest piaszczysta, w niektórych miejscach wznoszą się budowle rafowo-koralowe.

Wzdłuż północno-zachodniego wybrzeża Australii rozpościera się szelf szerokości 320 km.

ANTARKTYDA

Nieliczne sondowania wykonane w pobliżu brzegów Antarktydy wskazują na brak szelfu wokół tego kontynentu. Głębokości oceanu w pobliżu brzegów Antarktydy wynoszą ponad 200 m, w niektórych zatokach nawet ponad 350 m. Niektórzy jednak autorzy uważają, że w zatokach tych występuje szelf i że należy go zaliczyć do jednego z najgłębszych szelfów na świecie.

SZELFY WYSPOWE

Mianem tym objęte są szelfy obrzeżające wyspy oceaniczne, niezwiązane z lądem. Na ogół są one wąskie. Jedynie wyspy koralowe mają szerokie szelfy, osiągające niejednokrotnie 160 km.

Szelfy wysp koralowych są przeważnie płytkie, rzadko osiągając 50 m, podczas gdy szelfy wysp pochodzenia nie koralowego są znacznie głębsze w porównaniu do szelfów kontynentalnych.

Wokół wielu wysp oceanicznych, a szczególnie wysp pochodzenia wulkanicznego nie ma szelfów.

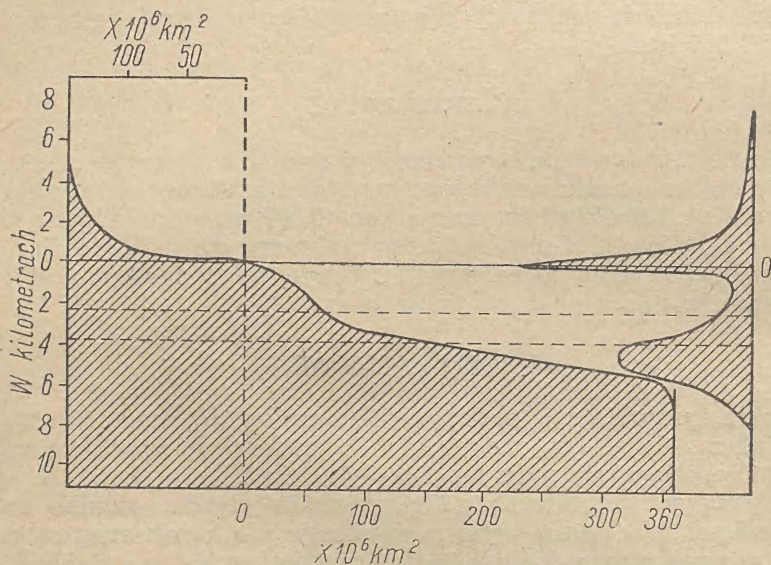
OGÓLNE WNIOSKI I KLASYFIKACJA SZELFÓW

Przytoczony opis szelfów obrzeżających poszczególne kontynenty jest bardzo pobieżny i niewyczerpujący, po pierwsze z powodu braku miejsca dla części opisowej, po drugie zaś ponieważ poznanie szelfów przy poszczególnych kontynentach jest bardzo nierównomiernie zaawansowane. Jednakże na podstawie dotychczas osiągniętej znajomości szelfów całego świata można już określić ich podstawowe rysy i rozklasyfikować je na parę zasadniczych typów.

Z dotychczasowych danych wynika, iż przeciętna szerokość szelfów całego świata wynosi 70 km, lecz wahać się może w granicach od 0 do 1300 km. Większość szelfów atlantyckich ma od 40 do 160 km szerokości. Przeciętna głębokość dna szelfu wynosi 64 m. Przeciętna głębokość krawędzi szelfu waha się około 132 m (lokalnie 180 m lub 200 m, w wyjątkowych zaś przypadkach ponad 200 m). Średnie nachylenie powierzchni

szelfu wynosi $0^{\circ}07'$, a większe bywa w partiach szelfu położonych bliżej brzegu. Nachylenie stoku kontynentalnego wynosi 6° , a dla rozległych ich podnóży tylko 2° .

• Z tego wynika, że aby cały szelf był wynurzony, poziom oceanów musiałby obniżyć się o około 180 m. Do lądu dołączona byłaby równina o powierzchni urozmaiconej tylko w pewnych obszarach, na peryferiach nacięta kanionami. Powierzchnia dna szelfu jest znacznie bardziej urozmaicona, niż to sobie dotychczas wyobrażano. Przynajmniej w 60% profilów poprzecznych poprzez platformy szelfowe stwierdzono istnienie pagórków podmorskich, o deniwelacjach osiągających 20 m, oraz licznych nieregularnych zagłębień i basenów. Niektóre szelfy posiadają głębokie kaniony i rowy podmorskie.



Rys. 4. Krzywa hipsograficzna wg Kuenena.

Najbardziej rozległym szelfem świata jest szelf rozciągający się między Jawą, Sumatrą, Borneo a Indochinami. Obejmuje on 2 miliony km kwadratowych powierzchni. Następny pod względem wielkości jest szelf położony na południe od Cieśniny Beringa, po czym szelfy rozciągające się na północ od Syberii i pomiędzy Australią a Nową Gwineą, na wschód od Argentyny, i następnie szelfy Morza Żółtego i Morza Północnego.

Najwęższe i stosunkowo strome szelfy występują wzdłuż brzegów, którym towarzyszą młode łańcuchy górskie. Dotyczy to przede wszystkim zachodnich wybrzeży obu Ameryk, podczas gdy wschodnie obrzeżenie tego kontynentu jest starsze geologicznie i skutkiem tego opatrzone szerokim i płaskim szelfem.

Na podstawie dotychczasowych obserwacji i znajomości szelfów świata rozklasyfikowano je na parę typów, z tym że istnieją zasadniczo dwa skrajne typy i każdemu z nich towarzyszy specyficzna topografia sąsiadującego z nim lądu. Wnioski te wyprowadzone zostały przez sławnego

podróżnika Fr. Nansena na podstawie szczegółowej analizy map bathymetrycznych regionu arktycznego i pobrzeża Norwegii. Doszedł on mianowicie do wniosku, że zlodowacenie plejstoczeńskie odegrało bardzo poważną rolę w kształtowaniu się szelfów w regionach przezeń badanych i że w jednej z faz rozwojowych tych szelfów musiały być one całkowicie wynurzone z wód.

Badacz ten stwierdził poza tym, iż istnieją dwa typy szelfu. Jeden wąski, który obrzeża zachodnie brzegi Norwegii, drugi — szeroki, obrzeżający północną Syberię. Pierwszy typ szelfu występuje wzdłuż lądu, który opada górzysto do morza. Syberyjski natomiast szelf obrzeża szeroką, brzegową równinę, o bardzo słabym nachyleniu. Spostrzeżenia Nansena okazały się słuszne dla szelfów całego świata, gdyż istotnie rozległe szelfy towarzyszą szerokim płaszczynom brzegowym, wąskie zaś szelfy — węższym i bardziej stromym pasom równin nadbrzeżnych. Ustalili to Shepard i Beard na podstawie 500 profilów poprzez kontynentalne szelfy we wszystkich częściach świata, udowadniając, że nachylenie szelfu zmienia się w zależności od struktury brzegu. Zależność ta jest wybitna, tak że gradient spadku szelfu i brzegowej równiny jest podobny, i można by postawić twierdzenie, że kontynentalny szelf tworzy jedną fizjograficzną jednostkę z przyległą jej równiną brzegową. Jednakże na szelfie brak rzeźby erozyjnej, nachylenie jego powierzchni jest nieco większe niż towarzyszącej mu niziny brzegowej, brak mu również profilu glebowego w wyniku większej degradacji, niszczenia, transportowania oraz sortowania przez czynniki morskie. W okolicy Vera Cruz, gdzie pobrzeże ma charakter wulkaniczny, wyraźna jest różnica pomiędzy topografią równiny nadbrzeżnej i przylegającego szelfu. Jednakże stożki wulkaniczne należy w tym przypadku traktować jako elementy obce, zakłócające właściwy charakter równiny brzegowej.

Omówionym dwom typom szelfów towarzyszą dwa odmienne typy stoku kontynentalnego. Pierwszy z nich opada stosunkowo stromo, począwszy od zewnętrznej krawędzi szelfu aż do głębín oceanicznych, drugi zaś ma charakter równiny o małym spadku od strony głębín oceanicznych, większym zaś od strony krawędzi szelfowej.

Shepard (1948) dzieli szelfy świata na następujące typy:

- 1) szelfy obszarów zlodowaconych,
- 2) szelfy przy ujściach wielkich rzek,
- 3) szelfy, którym towarzyszą współczesne budowle rafowe,
- 4) szelfy obrzeżające młode obszary górskie,
- 5) szelfy wzdłuż obszarów nizinnych, nie zlodowaconych.

SZELFY OBSZARÓW ZLODOWACONYCH

Szelfy obszarów zlodowaconych zawdzięczają swój specyficzny charakter lodowcom plejstoczeńskim, na co, jak już wspomniano, pierwszy zwrócił uwagę Nansen. Morfologia tego typu szelfu jest identyczna z morfologią obszarów zlodowaconych na lądach. Analiza map topograficznych zlodowaconych obszarów Kanady i Skandynawii wykazuje istnienie ogromnej ilości jezior znacznych rozmiarów i głębokości, które można porównać z basenami stwierdzonymi w zatoce St. Lawrence, Gulf

of Maine i Skagerraku. Nie ma żadnych podstaw do przypuszczenia, że lodowce plejstocénskie zatrzymały się na obecnej linii brzegowej. W północnej Anglii i północnej Szkocji jest na przykład znacznie więcej moren końcowych na zewnętrznym brzegu szelfu niż wzdłuż brzegu wyspy. Podobnie rzecz się ma w Norwegii. Erozja w obrębie obszarów szelfowych jest bardziej intensywna niż na kontynentach, ponieważ ogólnie biorąc skały są tam mniej skonsolidowane niż na lądach. Nie ma również podstaw, aby głębie istniejące wzdłuż zlodowaconych brzegów traktować jako rowy uskokowe czy też zatopione doliny. Nie mają one bynajmniej charakteru dolin rzecznych, gdyż są za szerokie i mają dużo przegłębień. Są to odpowiedniki jezior rynnowych, z tym że niektóre z nich mogą być starymi dolinami wypełnionymi aluwiami i wtórnie drażnionymi przez lodowce. Należy przy tym uwzględnić, że prócz lodowców powierzchnię ich modyfikowały i w dalszym ciągu modyfikują prądy denne. Odkrycie pokryw żwirowych oraz nieprzesortowanego materiału zwałowego dowodzi już dostatecznie ich lodowcowego pochodzenia.

Szelfy obszarów zlodowaconych są na ogół dużo głębsze niż szelfy innego typu. Potwierdzeniem tego są głębokie szelfy północnej Norwegii i Syberii.

Szerokość szelfów zlodowaconych jest na ogół bardzo znaczna, wynosi bowiem średnio 160 km. Krawędź tego typu szelfów leży nisko, poniżej 200 m głębokości.

Na granicy obszarów zlodowaconych i nie objętych zlodowaceniem plejstocénским zaznacza się bardzo silna różnica w charakterze szelfu, przede wszystkim w zmniejszeniu jego szerokości, poza tym w topografii dna.

SZELFY PRZED UJŚCIAMI WIELKICH RZEK

Tego typu szelfy nie są zasadniczo szerokie. Jednak najszersze szelfy, poza obszarami zlodowaconymi w plejstocenie, notowane są przy ujściach wielkich rzek. Są to szelfy Morza Żółtego, Zatoki Sjańskiej, Morza Beringa oraz północno-syberyjskie. Nieliczne tylko szerokie szelfy są położone poza wspomnianymi obszarami, z drugiej zaś strony nie wszystkie szelfy związane z ujściami wielkich rzek są szerokie. Tak na przykład przed ujściem Missisipi właściwie szelfu nie ma. Delta tej rzeki przecięła bowiem w poprzek cały szelf obrzeżający stan Luisiana i przed czołem jej rozpościera się bezpośrednio zbocze (stok) kontynentalne, opadające aż do dna Zatoki Meksykańskiej.

W szelfach obrzeżających estuariowe ujścia wielu wielkich rzek istnieją szerokie tarasy. Jeden taras płytki, na głębokości 10—35 m, drugi — głęboki na 100 m.

Głębokość krawędzi szelfów położonych przy ujściach wielkich rzek wynosi 110 m.

Powierzchnie dna tych szelfów są wyścielone w dużej mierze materiałem ilastym. Jedynie w bardziej zewnętrznych partiach szelfu znajduje się pokład piasku. To przejście od materiału drobno-pelitowego do grubo-ziarnistego ilustrują doskonale stosunki zaobserwowane na szelfach przed ujściami wielkich rzek wschodnio- i południowo-azjatyckich.

SZELFY, KTÓRYM TOWARZYSZĄ BUDOWLE RAFOWE

Tego typu szelfy wybitnie się różnią od innych typów szelfów obecnością raf koralowych i wielką płytkością. Przeciętne głębokości takiego szelfu są mniejsze od 35 m. Większe głębie spotykane są tu rzadko. Najtypowszym przykładem jest szelf obrzeżający od wschodu Australię, oparty na wielkiej rafie barierowej.

SZELFY OBRZEŻAJĄCE MŁODE OBSZARY GÓRSKIE

Obrzeżenia większej części Oceanu Spokojnego stanowią młode łańcuchy górskie. Są to trzeciorzędowe i czwartorzędowe górotwory, w dużym stopniu znajdujące się jeszcze w trakcie procesów górotwórczych. Szelfy istniejące wzdłuż tych łańcuchów górskich, na ogół stromo opadających ku brzegom kontynentu są bardzo wąskie lub brak ich całkowicie. Główne wyjątki stanowią: szelf rozpościerający się na południe od Brytyjskiej Kolumbii i drugi ciągnący się wokół południowej Alaski, które należą już do typu szelfów obszarów zlodowaconych w plejstocenie.

Tego typu szelfy są głębokie, o stromym pochyleniu. Krawędź szelfu znajduje się na głębokości około 150 m, a zatem o 15 m głębiej, niż to bywa przeciętnie.

SZELFY OBSZARÓW NIZINNYCH, NIE ZLODOWACONYCH

Wybrzeża nizinne, pozbawione gór, otoczone są w większości przypadków szerokimi, płaskimi szelfami. Typowym przykładem może tu być Floryda i Yukatan. Oba te półwyspy posiadają płaskie, rozległe szelfy po zachodniej stronie. Natomiast od strony wschodniej (Floryda od południowo-wschodniej) są ich całkowicie pozbawione. Dziwne na pozór to zjawisko występuje dzięki istnieniu bardzo silnych prądów, uniemożliwiających gromadzenie się osadu. Erodującą działalność prądów notujemy również koło przylądka Hatteras (Am. Półn.) w cieśninach łączących niektóre zatoki z oceanami, np. Golden Gate przy ujściu zatoki San Francisco, między wyspami Japońskimi itd. Stok kontynentalny obrzeżający tego typu szelf ma spadek nieznaczny, nie przekraczający 3°.

OSADY SZELFÓW

Do niedawna jeszcze przypuszczano, że gruboziarnisty materiał odkłada się na szelfie blisko brzegu, drobniejszy — coraz dalej od brzegu. W rzeczywistości jest inaczej. Jedynie w wyjątkowych przypadkach materiał znoszony z łądów układa się w ten sposób, od najgrubszego do coraz to drobniejszego w kierunku krawędzi szelfowej. Według dotychczasowych danych możemy sądzić, że bardzo zmienne są obszary występowania poszczególnych typów osadów i że zasięgi poszczególnych stref sedimentacyjnych przebiegają nader nieregularnie. Zależność od głębokości i odległości od brzegu zaznacza się tu również bardzo słabo.

Mniemano również dawniej, że powierzchnia szelfu to coś w rodzaju szczytu, że to górna powierzchnia olbrzymiej masy osadów nagromadzonych na pierwotnym dnie oceanicznym. Obecność jednak skalistego dna w wielu miejscach szelfu zewnętrznego, niejednokrotnie na krawędzi, wskazuje na odmienny jego charakter. Również obecność grubych żwirów i piasku na szelfie zewnętrznym, zaś materiału ilastego — na szelfie wewnętrznym rzuca pewne światło na rozkład osadów i budowę szelfu. Dominującym sedymeniem szelfu jest piasek (wg Sheparda).

Materiał pelitowy, muły i łyły występują obficie, szczególnie w pobliżu estuariowych ujść dużych rzek oraz w przedłużeniu delt. Głazy, żwiry i materiał skonsolidowany, skalisty bogato występuje w wielu szelfach świata, i co ciekawe, że przeważnie występuje w ich partiach zewnętrznych, położonych bliżej krawędzi.

Najbardziej bezładnie są rozmieszczone osady na szelfach obszarów zlodowaconych w plejstocenie, zrozumienie czego nie nastręcza żadnych trudności. Natomiast zjawisko segregowania materiału na pozostałych typach szelfów wymaga omówienia.

Piasek jest transportowany przy brzegu przez fale do głębokości nie przewyższającej $1/4$ długości fali. Wkładki piasku na dużych odległościach od lądu i naprzemianlegle z warstewkami ilastymi świadczą, że materiał grubszy jest w jakiś sposób transportowany dalej w poprzek szelfu. Czynnikiem tym są silniejsze prądy, które nie są ograniczone przez głębokość, tylko ich szybkość maleje, gdy przechodzą poza obszar wód płytkich. Prądy mogą zatem znacznie dalej przenosić piasek niż fale. Prócz tego piasek przenoszony bywa do wody przez silne lokalne wiatry. Materiał kwarcowy znajdujący się w oceanach w sąsiedztwie Sahary należy, jak się okazuje z wielkości ziaren, do rzędu mułu lub łu.

Dużą rolę w rozkładzie sedymentów na szelfie odgrywają prądy przyływowe, które są szczególnie silne wzdłuż jego zewnętrznej krawędzi, a nie w poprzek szelfu.

W rezultacie niewielka ilość piasku może być w zawieszeniu przenoszona poprzez szelf na zewnątrz do głębokich wód. Jedynie mika dzięki temu, że występuje w blaszkach, może być przenoszona na dalsze przeszerzenie.

Łły i muły występują na dużych obszarach szelfu i we wszystkich odległościach od brzegu. Zdawałoby się, że jeden typ osadu powinien stopniowo przechodzić w drugi, tymczasem granice między osadami są przeważnie ostre. Nie istnieje zatem ani pozioma, ani pionowa gradacja sedymentów. Na południe od San Diego zaobserwowano pojawienie się warstwy ilastej na żwirze. Miało to miejsce podczas zimowych opadów. Łł ten znikł po paru miesiącach suchej pogody. Potwierdzają to obserwacje z południowej Kalifornii. Materiał ilasty może być zatem unoszony poprzez całą szerokość szelfu daleko w otwarty ocean. Obciążone zawiesiną ilastą wody występują na wielu kilometrach od Zatoki Kalifornijskiej; znane są również na setki kilometrów od ujść wielkich rzek, np. Amazonki. Ilaste dno występuje więc przy ujściach wielkich rzek i wzdłuż prądów dominujących, w zacisznych zatokach i w depresjach na otwartych szelfach.

GLAUKONIT NA SZELFACH

Glaukonit jest minerałem bardzo pospolitym na szelfie kontynentalnym. Poświęcili mu nieco uwagi Murray i Renard, według których obecność glaukonitu świadczy o powolnym osadzaniu się sedymentu w środowisku dobrze przewietrzanym, co zostało potwierdzone przez późniejsze badania. Gallier przyjmuje powstawanie glaukonitu w zatoce Monterey z rozkładu biotyту w czasie, gdy nie odkładał się osad. Niejednokrotnie glaukonit znajduje się w skorupkach otwornic spoczywających w miejscach, gdzie nie tworzy się osad. W tym przypadku powstał on jako produkt rozpadu substancji ilastej. Jakikolwiek byłoby pochodzenie glaukonitu, jest on niewątpliwie wskaźnikiem zastoju sedymencji. Osady zawierające glaukonit znajdujący się w nich w stanie naturalnym wystawione były na działanie prądów podmorskich, które uniemożliwiały szybkie gromadzenie się osadów, niejednokrotnie zaś całkowicie usuwały opadający osad, co w konsekwencji prowadziło do powstania powierzchni twardego dna, tzw. *hard ground*.

Wapienne osady szelfów. W pobliżu wybrzeży obszarów tropikalnych osady szelfowe posiadają najwyższą zawartość węglanu wapnia, są też na ogół skonsolidowane. Rify koralowe są bardzo liczne wzdłuż krawędzi tych szelfów. Bujnie się tu również rozwijają algi wapienne. Koralowe budowle rafowe nadbudowują szelf aż do poziomu oceanu. Proces ten w pewnym sensie wyrównuje fakt zanurzania się szelfu, o czym będzie mowa niżej.

Osady delt na szelfie. Badanie delt przeprowadzone przez Russella w Luisianie i historia Holandii oraz innych krajów deltowych wskazują, że te obszary mają tendencje pogrążania się. Głębsze płaskie powierzchnie w sąsiedztwie delt i ujść wielkich rzek powinny być uważane za podmorskie deltowe płaszczyzny, które podległy ruchom osiadającym, bądź też jako delty z czasów glacialnych, gdy poziom mórz i oceanów był znacznie niższy od obecnego.

Gdy brzeg szelfu przebiega prostopadlinowo, są podstawy do twierdzenia, że osady deltowe nie nadbudowywały szelfu na zewnątrz w kierunku otwartego oceanu.

Osady deltowe są nadzwyczaj grube. Badania geofizyczne, wykonane w delcie Missisipi, wskazują na istnienie potężnej miazszości sedymentów tam osadzonych. Prawdopodobnie osady te odkładały się jako płytkowodne przy zanurzającym się dnie, analogicznie jak się to działo w dawnych geosynklinach kontynentalnych. Potwierdzenie tego przypuszczenia znajdujemy w zbadanych przez Ewinga i innych autorów osadach wschodnich wybrzeży Stanów Zjednoczonych, gdzie pomiędzy poszczególnymi warstwami stwierdzono nieciągłości. W każdym więc razie sedyment, z którego zbudowane są w tym wypadku niektóre połacie szelfów, nie został zgromadzony na skutek działalności fal.

Osady deltowe gromadzą się znacznie szybciej w stosunku do innych osadów. Nic dziwnego więc, że pewne rzeki swymi deltami przekroczyły już całkowitą szerokość szelfu, jak np. Missisipi.

Skaliste dno szelfów. Duża powierzchnia dna szelfów nie jest pokryta bieżąco odkładającym się sedymentem, a raczej tworzą je twarde skonsolidowane osady. Skąły występujące na szelfie są często

wiekowo odpowiednikami skał występujących na lądzie. Szelf północno-wschodniego obrzeżenia Florydy, zbudowany z wapieni, był w swoim czasie opisany przez L. C a y e u x (1941) jako *hard ground*.

CZYNNIKI KSZTAŁTUJĄCE SZELF

Do najważniejszych czynników kształtujących szelf należy a b r a z j a. Jej też przypisywano dawniej rolę dominującą w powstaniu szelfu kontynentalnego. W wyniku działalności abrazyjnej fal morskich powstały tarasy plażowe i liczne tarasy wycięte w skałach podłoża. Tarasy te powtarzają się w wielu miejscach szelfów, co jest bardzo łatwe do stwierdzenia dzięki wodorostom rosnącym na dnach raczej skalistych. W skałach krystalicznych tarasy abrazyjne nie tworzą się. Tam, gdzie brzegi zbudowane są z kruchych skał osadowych, działalność abrazyjna postępuje szybko. Dla wschodnich wybrzeży Ameryki Północnej koło przylądka Cod wynosi 0,96 m na rok (wg J o h n s o n a). W rejonie La Jolla (Kalifornia) na północ od przylądka brak jest silnych prądów przybrzeżnych, w wyniku czego wybrzeże klifowe, zbudowane ze skał czwartorzędowych, rozmywane jest z szybkością około 0,3 m na rok.

Jednym z najważniejszych czynników kształtujących szelf było zlodowacenie plejstoceniowe, które związało ogromne masy wód oceanicznych i spowodowało częściowe wynurzenie wód oceanicznych i spływanie ich, dzięki czemu zostały one poddane działaniu normalnych czynników działających na lądzie. Specjalnie intensywnej denudacji lodowcowej i akumulacji podlegały obszary objęte bezpośrednio zlodowaceniem plejstoceniowym.

Doniosłą rolę w kształtowaniu się szelfów odgrywają prądy morskie, które wpływają na rozkład osadów na szelfie, a miejscami powodują nie odkładanie się osadów, co prowadzi do powstawania twardego dna, najczęściej występującego na zewnętrznych krawędziach szelfu, na linii silnych prądów. Skaliste dno występuje również przy wejściu do zatok i między wyspami oraz koło skalistych przylądków i skalistych brzegów klifowych.

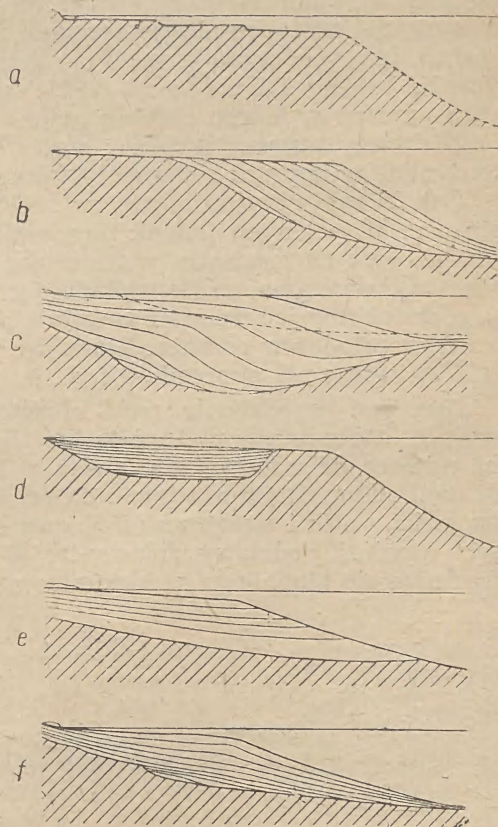
GENEZA SZELFU KONTYNENTALNEGO

Już od dawna usiłowano wytłumaczyć genezę szelfów kontynentalnych, lecz nawet dziś pomimo nagromadzenia wielu materiałów, dotyczących tego zagadnienia, jest bardzo trudno dać jasne ich wytłumaczenie.

Większość autorów skłaniała się dawniej do przypuszczenia, że szelfy powstały dzięki abrazyjnej działalności fal (rys. 5, a), które w wyniku nadzwyczaj długiej ich działalności wycięły tarasy wzdłuż brzegów kontynentów, a materiał pochodzący ze zniszczenia brzegów odłożyły w przedłużeniu wyciętego tarasu. Byłby to więc w pewnym sensie olbrzymi taras pochodzenia erozyjno-akumulacyjnego (rys. 5, b). Jednakże koncepcja ta upada dziś całkowicie, w żaden bowiem sposób nie da się tą drogą znaleźć wytłumaczenia powstania skalistego dna na szelfie zewnętrznym. Właściwie światło na pochodzenie szelfu kontynentalnego rzucił Fr. N a n s e n, znany podróżnik, oraz V. J. N o v à k — czeski uczonek. Obaj wspomniani autorzy podkreślają fakt długiej i skomplikowanej historii

powstania szelfów, na którą złożyły się głównie zmiany poziomu mórz i lądów w późnym trzeciorzędzie i plejstoczeńskiej epoce lodowej.

Według Sheparda teoria prowadząca do wytłumaczenia genezy szelfów jest następująca. Na tych samych obszarach, na których dziś rozpościerają się szelfy, istniały w ubiegłych epokach geologicznych girlandy wysp w sąsiedztwie wybrzeży, podobnie jak to widzimy dziś na wybrzeżach wschodnio-azjatyckich. Wyspy te razem z wybrzeżem były poddane długotrwałej działalności abrazyjnej fal, w której wyniku zniknęły całkowicie z powierzchni morza w okresie zlodowacenia plejstoczeńskiego, kiedy to poziom mórz był niższy niż obecnie. Głębie znajdujące się pomiędzy wyspami i kontynentem stopniowo wypełniały się materiałem pochodzącym ze zniszczenia tych wysp. Na tej drodze powstał szeroki szelf zbudowany z twardych skał oraz sypkich materiałów gruboziarnistych wzdłuż zewnętrznej krawędzi, do czego przyczyniła się selekcyjna działalność prądów podmorskich. Zagłębienie pomiędzy tą krawędzią a brzegiem konty-



Rys. 5. Różne hipotezy co do genezy szelfów (wg różnych autorów): a — szelf pochodzenia abrazyjnego; b — szelf pochodzenia abrazyjno-akumulacyjnego; c — szelf pochodzenia deltowego; d — szelf pochodzący ze zniszczenia wysp obrzeżających kontynent; e — szelf powstały przez nadbudowywanie na starszym podłożu; f — szelf powstały przez nadbudowywanie na starszym podłożu przy jednoczesnym przybudowywaniu w kierunku oceanu.

mentu zostało pokryte osadami na ogół drobnoziarnistymi (rys. 5, d). Osady delt rzecznych w dużym stopniu przyczyniły się do wypełnienia tych zagłębień i wyrównania powierzchni szelfu. Skalisty materiał dominujący w zewnętrznych partiach szelfu byłby więc pozostałością po istniejących tu kiedyś wyspach, zaś strefy szelfu wewnętrznego — terenem akumulacji.

W rzadkich tylko przypadkach szelf jest platformą abrazyjną, powstałą na skutek niszczącej działalności fal (rys. 5, a).

Najbardziej przejrzystą genezę co do obecnego charakteru ich powierzchni mają szelfy obszarów zlodowaconych w plejstocenie.

Z genezą szelfów ściśle się wiąże kwestia stoku kontynentalnego. Stokiem nazywamy przestrzeń między krawędzią szelfu i właściwymi głębiami oceanicznymi. Są to potężne skarpy, mające nieraz wysokość

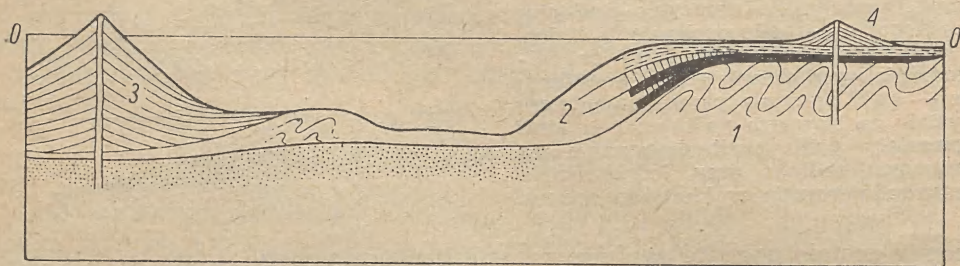
3900 m, lokalnie osiągając 9000 m. Niejednokrotnie mają one skomplikowaną topografię i są porożcinane głębokimi kanionami. Pospolitym zjawiskiem w obrębie stoku kontynentalnego są zsuwy podmorskie. Istnieją przypuszczenia, że zbocze kontynentalne powstało na drodze zapadliskowej, przynajmniej dla szelfów o prostoliniowym przebiegu krawędzi. Dowodzą tego między innymi fakty istnienia szelfów biegnących w poprzek rozciągłości warstw.

Inna, ciekawa hipoteza stworzona była przez Cloosa. Przypisuje on mianowicie kontynentalnym zboczom wielką fleksurę skorupy ziemskiej. Pogląd ten podtrzymuje w swym dziele Umbgrove (1947), broni go również mocno Bourcart (1950) na podstawie badań przeprowadzonych przezeń w Morzu Śródziemnym.

Niektórzy autorzy uważają szelfy kontynentalne za przybudówki do kontynentów poprzez sedymenty takiego typu, jak m. in. delty.

Ostatecznie przyjmuje się, że szelfy są nadbudowane na starszym podłożu. W pewnych jednak przypadkach nadbudowywane są nie tylko wzwyż, lecz na zewnątrz w kierunku otwartego oceanu. Wiercenia bowiem wykonane na szelfie wykazują grubienia osadów ku oceanowi. Można również przyjąć, że szelf powstaje przez nadbudowywanie przy jednoczesnym osiadaniu podłoża. Wówczas każda nowa, młoda warstwa ma krótszy zasięg niż poprzednie (rys. 5, e).

Rys. 5, e przedstawia szelf uformowany przez nadbudowywanie na podłożu, które osiada pod wpływem ciężaru warstw nadkładu, przy czym ma miejsce dobudowywanie szelfu w kierunku ku otwartemu oceanowi. To nadbudowywanie następuje dzięki osadom przyniesionym z brzegu do krawędzi szelfu i złożonym na zboczu kontynentalnym w wodach spokojnych poniżej podstawy falowania. W tych warunkach krawędź szelfu przesuwa się stopniowo w kierunku oceanu.



Rys. 6. Schemat budowy szelfu kontynentalnego wg Kuenena. 1 — krystaliczne skały podłoża; 2 — skały osadowe budujące szelf; 3 — stożek wulkaniczny podmorski; 4 — stożek wulkaniczny kontynentalny; 0 — poziom oceanu.

Niektórzy badacze kontynentalnego szelfu (Pratt) uważają, że linia brzegowa obrzeżająca szelf od strony lądu jest pewnego rodzaju linią zwiadową skorupy ziemskiej, która łączy dwa ruchome jej segmenty lądowy i morski. Pierwszy odcinek (segment) — wykazuje tendencje podnoszenia się, drugi zaś — opadania. Przeciwnie temu twierdzeniu słuszne argumenty wysuwa Weaver (1950), twierząc na podstawie obfitego materiału faktycznego, iż równina dolnej Missisipi przechodzi niepostrze-

zenie w obszar szelfowy przy uwzględnieniu jego budowy przynajmniej do kilku tysięcy metrów głębokości.

W konkluzji należy więc przyjąć, iż szelf kontynentalny jest przedłużeniem lądu w obszar oceaniczny, przy czym przedłużenie to może mieć charakter niejednolity. Z reguły bowiem ma tu miejsce nadbudowywanie i przebudowywanie zbocza cokołu lądowego, które to procesy są nadzwyczaj długotrwałe i mogły być przerywane procesami erozji lub też zakłóceń natury tektonicznej. Syntetyczny obraz tych stosunków przedstawia załączona tablica, ilustrująca zacytowane poglądy na genezę szelfów.

Do kwestii budowy i genezy szelfów wnoszą również wiele dotychczasowe badania geofizyczne.

XIV KONGRES MIĘDZYNARODOWY CHEMII CZYSTEJ I STOSOWANEJ
ORAZ
XVIII KONFERENCJA MIĘDZYNARODOWEJ UNII CHEMII CZYSTEJ
I STOSOWANEJ W ZURYCHU

Tegoroczny Kongres Międzynarodowy Chemii Czystej i Stosowanej odbył się w Zurychu w dniach 21—27 lipca 1955 i poświęcony był zagadnieniom chemii organicznej. W kongresie wzięli udział przedstawiciele 31 krajów, m. in. również Polska. Z Polski wyjechała na kongres delegacja pięcioosobowa w składzie: prof. T. Urban-ski (przewodniczący), prof. B. Bobrański (Wrocław), prof. J. Moszew (Kra-ków), doc. J. Michalski (Łódź), mgr J. Wróbel (Warszawa). Wszyscy wymie-nieni zgłosili na kongres referaty z własnych prac doświadczalnych. Ponadto zgłosili na kongres referaty prof. O. Achmatowicz (Warszawa), doc. T. Bisanz (Warszawa), doc. J. Chmielewska (Warszawa), prof. B. Kamień-ski (Kraków), prof. W. Kemula (Warszawa), mgr Wnękowska (Warszawa).

Kongres został zorganizowany przez komitet pod przewodnictwem prof. P. Karre-ra (Uniwersytet w Zurychu) przy wydatnej pomocy finansowej przemysłu szwajcar-skiego. Wzorowej pracy komitetu organizacyjnego zawdzięczają uczestnicy kongresu możliwość wzięcia udziału w możliwie największej liczbie odczytów i referatów. Uczestnicy otrzymali przed rozpoczęciem się kongresu starannie zredagowany i wy-dany tom zawierający streszczenia wszystkich referatów zgłoszonych na kongres — oraz program zawierający m. in. rozkład poszczególnych referatów w czasie.

Tematyka kongresu była omawiana na pięciu posiedzeniach plenarnych, dziewię-ciu posiedzeniach sekcyjnych oraz na referatach naukowych, których było około 600, a które odbywały się w 10 sekcjach obradujących w odrębnych salach wykładowych.

Posiedzenie inauguracyjne odbyło się w pierwszym dniu kongresu w olbrzymiej sali Kongresshaus w Zurychu. Po przemówieniach oficjalnych, wygłoszonych kolejno przez prof. A. Stolla, prezydenta Szwajcarskiego Komitetu Chemicznego i wice-przewodniczącego Komitetu Organizacyjnego Kongresu, dra M. Feldmanna, wiceprezydenta Rady Federalnej Szwajcarii, prof. A. Tiseliusa, prezydenta Unii Międzynarodowej Chemii Czystej i Stosowanej oraz prof. R. Adamsa, wiceprezy-denta Komitetu Sekcji Chemii Organicznej Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej — odbył się odczyt tegorocznego laureata nagrody Nobla, w dziale che-mii, profesora V. du Vigneaud (Cornell University, Nowy Jork), w którym prele-gent przedstawił swoje około 20 lat trwające badania nad budową i syntezą oksyto-cyny i wazopressyny, dwóch hormonów białkowych wyodrębnionych z tylnego płata przysadki mózgowej i mających duże znaczenia dla lecznictwa. Prelegent uwypuklił olbrzymie trudności, które musiały być pokonane przy rozdzieleniu wymienionych dwu hormonów białkowych, o bardzo podobnej budowie. Niemniej ciekawe były pozostałe odczyty plenarne — prof. Dufraisse (Collège de France, Paryż) mówił o utlenianiu fotochemicznym, prof. Niesmiejjanow (Akademia Nauk, Moskwa) o tautomerii, prof. Ingold (University College of London) o rozwoju teorii przeszkód sterycz-nych, prof. Alder (Uniwersytet w Kolonii) o rozwoju syntezy dienowej.

Posiedzenia sekcyjne odbywały się w trzech sekcjach równocześnie. Tematyka jednej z sekcji dotyczyła chemii organicznej teoretycznej i fizycznej, tematyka drugiej poświęcona była produktom naturalnym, trzeciej zaś — syntezie i analizie związków organicznych oraz zagadnieniom technologicznym. Wykłady wygłosili znani uczeni, prof. Barton (Londyn), prof. Winnstein (Los Angeles), prof. H. Erdmann (Sztokholm), prof. Fromageot (Paryż), prof. Pratesi (Pavia), prof. Woodward (Cambridge, USA), prof. Brooker (Rochester, USA), prof. Seshardi (Delhi), prof. Ziegler (Mülheim, Ruhr).

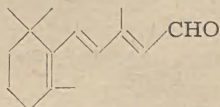
Treść wykładów sekcyjnych oraz odczytów wygłoszonych na posiedzeniach plenarnych została opublikowana w specjalnym tomie czasopisma „Experientia”, wychodzącego w Bazylei.

Referaty naukowe opierały się na pracach oryginalnych dotyczących chemii organicznej w najszerszym tego słowa znaczeniu, a więc: struktury cząsteczek związków organicznych, stereochemii, mechanizmu reakcji, chemii aminokwasów, peptydów, protydów, alkaloidów, glicydów, połączeń alifatycznych, alicyklicznych, aromatycznych i heterocyklicznych, związków wielkodrobinowych, barwników i syntetycznych środków leczniczych. Część referatów dotyczyła zagadnień chemii biologicznej i lekarskiej oraz analizy organicznej.

Referaty wygłaszane były w językach: angielskim, francuskim, niemieckim i włoskim. Dyskusje po referatach były na ogół dość skąpe.

Wśród powodzi poruszanych zagadnień niektóre referaty zwracały na siebie szczególną uwagę.

I tak np. O. F. Isler (Hoffmann-La Roche, Bazyleja) opisał interesującą syntezę półproduktów do syntezy karotenów i witamin A, polegającą na systematycznym przedłużaniu łańcucha nienasyconego aldehydu, zawierającego układ β -jononowy:



Autor otrzymał w ten sposób β -karoten. W podobny sposób otrzymana została syntetycznie witamina A₂.

D. Hoch, współpracownik prof. Karrera (Zurych), przedstawił nową mikrometodę oznaczania struktury pierścienia reszty cukrowej w nukleozydach, pozwalającą na odróżnienie furanopentozydów od piranopentozydów przy użyciu zaledwie 1–2 mg substancji.

K. Dimroth (Marburg, Niemcy) omówił nowe metody hydrolizy kwasów nukleinowych przy pomocy zawiesin wodorotlenków Ca, Mg, Pb, La, Ce, Zn, Cd, Fe^{II}, Ti, Al, i Bi. Udało mu się w ten sposób otrzymać w stanie chemicznie czystym nie tylko fragmenty cząsteczek kwasów nukleinowych dostępne za pomocą hydrolizy enzymatycznej, lecz także nowe produkty rozszczepienia, jak mononukleotydy, dwunukleotydy, dwunukleozydofosforany i oligonukleotydy.

Buu Hoï i Dat Xuong (Uniwersytet w Paryżu) przedstawili swoje badania nad syntezą środków leczniczych czynnych przeciwko chorobom wirusowym, w szczególności przeciwko doświadczalnej grypie wywołanej u myszek przez wirus PR8 (typ A), a także nad nowymi środkami tuberkulostatycznymi. Syntezy dotyczyły pochodnych tiomocznika i tiosemikarbazylu.

H. Bretschneider (Uniwersytet w Innsbruku, Austria) zakomunikował o nowej metodzie syntezy preparatów sulfamidowych.

Ciekawy był również referat J. Hirschberga (Instytut Naukowy Weizmann, Rehovot, Izrael), który stwierdził, że w niskiej temperaturze (180°K) można u niektórych bezbarwnych związków organicznych przez naświetlanie światłem ultrafioletowym wywołać wystąpienie barwy i następnie przez naświetlanie światłem widzialnym, monochromatycznym, związki te z powrotem odbarwić. Reakcje te, jak stwierdził autor, można powtórzyć wielokrotnie bez wywoływania zmiany składu chemicznego związków.

Poza odczytami i referatami, uczestnicy kongresu wzięli udział w wycieczkach technicznych zorganizowanych przez Komitet Organizacyjny Kongresu, w czasie których zwiedzili oni chemiczne zakłady przemysłowe w Bazylei (Ciba, Geigy, Hoffmann-La Roche, Sandoz), zakłady przemysłu mechanicznego i zegarkowego oraz przemysłu tekstylnego.

Wycieczki krajoznawcze, umożliwiające poznanie piękna przyrody Szwajcarii, oraz liczne imprezy artystyczne i towarzyskie zorganizowane przez komitet kongresowy były doskonałym uzupełnieniem programu.

Należy podkreślić serdeczny stosunek władz szwajcarskich do wszystkich uczestników kongresu bez względu na kraj, z którego pochodzili.

Równocześnie ze zjazdem międzynarodowym odbyła się w Zurychu w dniach 20—28 lipca 1955 r. XVIII Konferencja Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej. Udział w niej z ramienia Polski wzięli: prof. Urbański, prof. Moszew i prof. Bobrański. W dniu 20 lipca na posiedzeniu Rady Unii prezydent Unii, prof. Tiselius (Uppsala, Szwecja), złożył sprawozdanie z działalności w okresie swej kadencji. Między innymi podziękował on Polskiej Akademii Nauk oraz Węgrom za spłacenie zaległych składek członkowskich. Zebrani uchwalili, że następny kongres międzynarodowy chemii czystej i stosowanej odbędzie się w Lizbonie w czasie od 9 — 16 września 1956 i poświęcony będzie chemii analitycznej. W roku 1957 odbędzie się w Paryżu XVI kongres międzynarodowy poświęcony chemii nieorganicznej, organicznej i fizycznej.

W czasie od 3—9 kwietnia 1956 r. odbędzie się w Rehovot (Izrael) symposium poświęcone chemii związków wielkodrobinowych.

Na ostatnim posiedzeniu Rady Unii w dniu 28 lipca wybrano nowe władze Unii. Prezydentem został prof. Artur Stoll (Szwajcaria), wiceprezydentami: R. Delaby (Francja), dotychczasowy sekretarz generalny Unii, H. W. Melville (W. Brytania) i A. Nasini (Włochy).

Obrady konferencji odbyły się w atmosferze zbliżenia międzynarodowego uczestników, których łączyły wspólne zainteresowania naukowe.

Bogusław Bobrański

DWIE KONFERENCJE OPTYCZNE

(Toruń 21—24.IX.1955 i Weimar 8—10.X.1955)

Niemal w tym samym czasie odbyły się w Polsce i w Niemieckiej Republice Demokratycznej konferencje poświęcone zagadnieniom optyki atomowej i molekularnej. Obie miały charakter konferencji krajowych, z tym jedynie, że w konferencji weimarskiej wzięły udział, zaproszone przez Towarzystwo Fizyczne w NRD, delegacje z kilku zaprzyjaźnionych państw (z Polski, Związku Radzieckiego, Węgier i Bułgarii). Ponadto na konferencji weimarskiej obecnych było również kilku wybitnych optyków z Niemieckiej Republiki Federalnej.

Udział w obydwu konferencjach pozwolił autorowi na przeprowadzenie interesującego porównania między zakresem badań, charakterem problematyki i planami dalszego rozwoju tego działu fizyki w obu krajach. Porównanie to jest tym ciekawsze, że obydwa kraje mają bardzo piękne tradycje badań w tej dziedzinie. Wystarczy tu wymienić spośród fizyków polskich nazwiska D z i e w u l s k i e g o, L o r i i, P i e ń k o w s k i e g o, R u b i n o w i c z a, następnie B l a t o n a, J a b ł o ń s k i e g o, K a p u ś c i ń s k i e g o, M r o z o w s k i e g o i N i e w o d n i c z a ń s k i e g o, a spośród niemieckich — L e n a r d a, P r i n g s h e i m a, K o h l r a u s c h a, G r o t r i a n a, S o m m e r f e l d a, F r a n c k a, S t a r k a, H a n l e g o, F i n k e l n b u r g a, K u h n a i wielu innych.

Zorganizowana przez Instytut Fizyki PAN konferencja toruńska, która odbyła się w pięknym, nowowzniesionym gmachu Collegium Physicum Uniwersytetu Mikołaja Kopernika i która zgromadziła ponad 80 uczestników ze wszystkich ośrodków badawczych w Polsce, była pierwszą w Polsce konferencją specjalistyczną z zakresu optyki atomowej i molekularnej. Jej celem było dokonanie syntetycznego przeglądu tych zagadnień optycznych, które są przedmiotem badań naszych uczonych. Przeprowadzona w dużym gronie specjalistów dyskusja nad opracowywanymi problemami miała na celu stworzenie szerokiej podstawy do oceny planów badawczych na najbliższe lata.

Taka koncepcja konferencji toruńskiej narzuciła jej specyficzną strukturę. Część posiedzeń poświęcona była referatom problemowym, przedstawiającym współczesny stan pewnego ogólnego zagadnienia z podkreśleniem ewentualnego wkładu badawczego naszych ośrodków; pozostałe zaś posiedzenia przeznaczono na komunikaty z bieżąco prowadzonych prac własnych. W ten sposób referaty problemowe dawały równocześnie jak gdyby wprowadzenie i przygotowanie do komunikatów. Poza tym podzielono omawiane zagadnienia tematycznie. Tak więc dwa posiedzenia poświęcono omówieniu zagadnień dotyczących widm atomowych, dwa — zagadnieniom luminescencji w fazie skondensowanej i badaniom ramanowskim, jedno wreszcie podzielono między zagadnienia magnetoptyki i mechanizmu świecenia fosforów kryształicznych.

Referaty związane z widmami atomowymi przedstawiały trzy zagadnienia. O stosunkach natężeń w multipletach mówiła mgr D. Kuniszówna¹.

Dla atomów o jednym lub dwóch elektronach optycznych znamy wyprowadzone teoretycznie prawa przewidujące stosunki natężeń poszczególnych linii w multiplicie. Te teoretyczne przewidywania są dobrze zgodne z wynikami doświadczeń dla widm pierwiastków pierwszej i drugiej kolumny układu okresowego; zawodzi natomiast próba rozciągnięcia tych praw na widma pierwiastków o bardziej złożonej budowie zewnętrznej powłoki elektronowej. Jak wykazały badania przeprowadzone w Zakładzie Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie, ważną rolę odgrywa sposób wzbudzania widma. Aby uzyskać wyniki powtarzalne i zgodne z przewidywaniami teoretycznymi, konieczne jest użycie źródła, w którym stężenie pary substancji badanej jest bardzo małe, a również i natężenia prądów przy wyładowaniu powinny być nieznaczne. Warunkom tym czyni zadość model lampy Schülera opracowany w Krakowie. Zagadnieniu omawianemu poświęcono już w literaturze światowej kilkadziesiąt prac. Ich wyniki zestawiała mgr Kuniszówna w tablicy w formie układu okresowego pierwiastków. Stwierdzone w wyniku wielu prac odstępstwa od przewidywań teoretycznych wskazują na to, że należy podjąć prace w kierunku dalszego rozwoju teorii tego zagadnienia i w celu zgromadzenia materiału doświadczalnego dla przypadków bardziej złożonych, co planowane jest w dalszych pracach zakładu krakowskiego.

Referat mgra Lesia poświęcony był zagadnieniu przesunięć izotopowych linii widmowych. Jest rzeczą znaną od dość dawna, że linie widmowe należące do różnych izotopów tego samego pierwiastka mają nieco różniące się między sobą długości fali. Gdy obserwowane widmo pochodzi od substancji stanowiącej mieszaninę różnych izotopów, obserwujemy w nim, przy zastosowaniu przyrządów widmowych o potężnej zdolności rozszczepiającej, nie jedną linię, lecz ich zespół, z którego każda należy do innego izotopu². Mówimy wówczas o efekcie izotopowym. Istnieje kilka przyczyn fizycznych wywołujących ten efekt. W widmach pierwiastków lekkich, dla których jest on stosunkowo dość znaczny, decydującą rolę odgrywają różnice masy jąder atomowych. Szczególnie wyraźnie zaznacza się to w widmach wodoru i deuteru. Dla pierwiastków o atomach wieloelektronowych sprawę komplikuje wpływ konfiguracji pozostałych, nie zaangażowanych w dany przejście optycznym, elektronów. W tych przypadkach badania efektu izotopowego w liniach widmowych mogą dostarczyć materiału doświadczalnego pozwalającego na wysnucie pewnych wniosków dotyczących tych konfiguracji.

Dla pierwiastków o średnich masach atomowych efekt przesunięcia izotopowego jest bardzo nieznaczny, badania doświadczalne w tym przypadku niezwykle trudne i subtelne, a interpretacja teoretyczna bardzo złożona.

Dla pierwiastków ciężkich główną rolę odgrywa tzw. efekt objętościowy jądra atomowego. Na skutek zmiany objętości jądra atomowego wynikłej z dodawania doń neutronów zmienia się pole elektryczne w otoczeniu jądra i w wyniku tego ulegają niewielkim modyfikacjom energie stanów elektronowych atomu. Dla przypadków pewnych krytycznych liczb neutronów i protonów w jądrach występują pewne nie-

¹ Multipletem nazywamy zespół linii widmowych odpowiadających przejściom między stanami atomu, które przy tych samych wartościach liczby kwantowej głównej różnią się wypadkową momentu orbitalnego i spinu.

² Zjawisko rozszczepienia nadsubtelnego linii widmowych, występujące dla izotopów o masie atomowej nieparzystej i wywołane przez magnetyczne oddziaływanie między jądrem a powłoką elektronową pomijamy w tym opisie, aby nie zaciemniać omawianego problemu przesunięć izotopowych.

regularności, których dokładne zbadanie i przeanalizowanie wiąże się z zagadnieniami fizyki jądrowej (np. wzajemne oddziaływanie nukleonów w jądrze, nierównomierna zmiana promienia jądra ze wzrostem liczby nukleonów itp.), głównie zaś z zagadnieniem modeli jąder atomowych.

W Zakładzie Fizyki UJ przeprowadzono prace przygotowawcze do badań z tego zakresu, polegające na opanowaniu techniki wytwarzania interferometrów Fabry — Perot, stanowiących podstawowe narzędzie przy badaniach nadsubtelnej budowy linii widmowych.

O swoich pracach z dziedziny teorii promieniowania, a mianowicie o strukturze multipoli elektromagnetycznych, mówił prof. dr W. R u b i n o w i c z czł. rzecz. PAN. Przedstawił on, w jaki sposób przez składanie multipoli niższych rzędów można otrzymać multipole wyższych rzędów (np. z dwóch dipoli elektrycznych — kwadrupol elektryczny lub dipol magnetyczny).

Zagadnieniu ciśnieniowego rozszerzenia linii widmowych poświęcony był referat autora niniejszego artykułu. Zagadnienie to było teoretycznie ujmowane z różnych punktów widzenia. Teorie klasyczne nawiązywały w zasadzie do koncepcji Lorentza, który tzw. naturalną szerokość i rozszerzenie ciśnieniowe linii widmowej rozważał jako konsekwencję skończonej długości ciągu falowego emitowanego przez oscylator atomowy. W atomie nie zaburzonym ciąg falowy niknie wskutek utraty energii przez wypromieniowanie. W obecności gazu obcego ciągu falowe mogą być bądź urywane, bądź przestrajane w fazie w wyniku zderzeń. W obu przypadkach zastosowanie analizy fourierowskiej do tych ciągów falowych prowadzi do pewnego ciągłego rozkładu natężenia w linii widmowej o typie tzw. rozkładu dyspersyjnego. Im większa liczba zderzeń w ciągu sekundy, tym według tych teorii większe rozszerzenie linii. Te teorie nie mogą jednak wyjaśnić wielu efektów obserwowanych w liniach rozszerzonych (np. asymetrii, przesunięcia i in.).

Innego typu rozkład przewiduje teoria Kuhna i Londona, zakładająca, że w wyniku oddziaływania atomu zaburzającego następują pewne niewielkie przesunięcia poziomów energetycznych atomu, a więc pewne niewielkie zmiany częstości odpowiadających przejściom między tymi poziomami. Rozkład natężenia w linii widmowej odpowiada statystycznemu w czasie rozkładowi konfiguracji atomów zaburzających wokół atomu promieniującego. Teoria ta zakłada siły van der Waalsowskie i przyjmuje ich zależność od odległości odwrotnie proporcjonalną do r^6 .

Jest interesujące, że teoria kwantowo-mechaniczna, rozwinięta przez J a b ł o ņ s k i e g o, prowadzi w przypadku granicznym małych prędkości ruchu atomów zakłócających do wyrażenia na rozkład natężenia w linii widmowej analogicznych, jak teoria Kuhna — Londona. Natomiast dla drugiego przypadku granicznego, odpowiadającego warunkom stosowalności teorii Lorentza, nie można otrzymać odpowiednich wyrażań z teorii kwantowo-mechanicznej.

Jedną z możliwości sprawdzenia dają pomiary zależności absorpcji całkowitej w linii rozszerzonej przez gazy obce od temperatury, przy stałej gęstości — z tym, że w zależności od doboru rodzaju gazu możemy realizować w przybliżeniu warunki odpowiadające jednemu lub drugiemu przypadkowi granicznemu.

Badania takie dla linii rezonansowych rtęci i sodu w absorpcji są prowadzone w Instytucie Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego. Rozszerzenie tych badań na linie emisyjne przy użyciu metod interferometrycznych nastąpi w bliskiej przyszłości.

Bardzo duże zainteresowanie wywołał referat prof. k. n. K. A n t o n o w i c z a o doświadczalnych metodach wyznaczania przebiegu funkcji własnych. Referent, który jest twórcą bardzo oryginalnie pomyślanego przyrządu do całkowania równania Schrödingera, dał przegląd rozwoju urządzeń do wykonywania różnych zadań

matematycznych od pierwszych, nie zrealizowanych w ogóle pomysłów Kelvina aż do nowoczesnych maszyn matematycznych mechanicznych i elektrycznych.

Jak wiemy, wojna spowodowała niemal całkowitą dewastację wszystkich polskich pracowni fizycznych. Dlatego też w okresie powojennym jednym z naczelných zadań było wyposażenie ponowne placówek badawczych w aparaturę. Piękne osiągnięcia ma w tym kierunku Zakład Fizyki UJ w którym zostało zbudowanych wiele przyrządów do badań widmowych, jak spektrografy, monochromatory itp. Te prace konstrukcyjne omówił na konferencji prof. dr H. Niewodniczański, czł. kor. PAN.

Zagadnienia luminescencji w fazie skondensowanej — to analiza losów energii wzbudzenia dostarczonej cząsteczce. Analizę tę przeprowadził w bardzo bogatym w treść fizyczną referacie prof. dr A. Jabłoński.

Przedmiotem badań, o których była mowa we wszystkich referatach, były złożone cząsteczki związków organicznych. Poszukiwania idą tu w wielu kierunkach. Jeden z nich to subtelna analiza budowy widm wielu związków pokrewnych o strukturze wykazującej wiele wspólnych elementów. Analiza tym trudniejsza, że będące przedmiotem badań węglowodory wielopięścieniowe, należące do rodziny polimerów acenaftyleny, są częściowo nietrwałe termicznie, podlegają w czasie naświetlania reakcjom fotochemicznym. Z drugiej jednak strony związki te charakteryzują się istnieniem silnej fluorescencji o bogatym w szczegóły widmie. Szczegółowe przebadanie widm tych związków (oczyszczonych metodami ultrachromatograficznymi) pozwoliło m. innymi na wysunięcie koncepcji współistnienia kilku różnych form tautomerycznych cząsteczek luminezujących. Badania te prowadzone były w Instytucie Fizyki Doświadczalnej UW przez k. n. Z. Małkowskiego.

Drugim kierunkiem poszukiwań w tej dziedzinie jest badanie wydajności i wygaszania fluorescencji.

Zagadnienia wygaszania wewnętrznego fluorescencji (tj. takiego, gdy energia wzbudzenia w sposób bezpromienisty zostaje rozprowadzona po tejże samej cząsteczce w formie np. energii drgań) było przedmiotem referatu mgra K. Rosińskiego. Dla roztworów biacenu i fluorklenu w olejach silikonowym i parafinowym (użytych z uwagi na ich obojętność chemiczną) stwierdzono, że istnieje związek pomiędzy wielkością wygaszania a podatnością szkieletu cząsteczki na odkształcenia niszczące jej normalnie płaską konfigurację.

Dokładniejsze podejście do tej sprawy wymaga bliższego rozpatrzenia układu energetycznych poziomów elektronowych w cząsteczce (dla uproszczenia możemy pominąć na razie poziomy oscylacyjne i rotacyjne). Otóż w cząsteczkach, podobnie jak w atomach, możemy mieć poziomy elektronowe o różnej krotności, przy czym, podobnie jak w atomach, przejścia ze zmianą krotności są silnie wzbronione. Absorpcja główna przeprowadzać będzie zatem cząsteczkę do poziomu wzbudzonego o tej samej krotności, co poziom podstawowy (tj. np. do stanu singuletowego — sprawę krotności poziomów por. z odsyłaczem na temat multipletów), i normalna fluorescencja będzie polegała na powrocie z tego stanu, przy równoczesnej emisji kwantu promieniowania. Możliwy jest tu również, jako proces konkurencyjny, powrót bezpromienisty przy oddaniu energii wzbudzenia w akcie zderzenia z cząsteczką rozpuszczalnika. Mówimy wówczas o wygaszaniu zewnętrznym fluorescencji. Możliwe jest jednak czasem przejście bezpromieniste do stanu wzbudzonego o innej krotności, położonego energetycznie niżej niż stan fluorescencyjny. Poziom taki jest metatrwałym o znacznie dłuższym czasie życia. Istnieje przeto dla cząsteczki w tym stanie znacznie większe prawdopodobieństwo utraty z niego energii na drodze bezpromienistej.

Równocześnie jednak w szklivach (a więc w roztworach o ogromnej lepkości), gdzie w wyniku „zamrożenia“ cząsteczek w miejscu prawdopodobieństwo zderzeń dezaktywujących jest ogromnie zmniejszone, może wystąpić fluorescencja długościowa, odpowiadająca przejściu wzbronionemu, o czasie świecenia o szereg rzędów wielkości większym niż zwykłej fluorescencji.

Równocześnie można oczekiwać, że przy niezbyt wielkim odstępie energetycznym stanu fluorescencyjnego i metatrwałego ustali się stan termodynamicznej równowagi w obsadzeniu obu poziomów.

Sprężenie z oscylacjami cząsteczki zachodzi w ten sposób, że przejście z jednego stanu do drugiego możliwe jest poprzez wyższe stany wzbudzenia oscylacyjnego, przy których następuje przecięcie krzywych potencjalnych opisujących przebieg energii potencjalnej cząsteczki dla każdego z rozważanych stanów.

Osiągnięcie tych wyższych stanów wzbudzenia oscylacyjnego wymaga dostarczenia cząsteczce energii aktywacji, co zachodzi na koszt energii cieplnej otoczenia cząsteczki i może być zatem regulowane przez zmiany temperatury roztworu fluorującego. W pracach z roztworami biacenu Rosiński wykazał, że następuje zmniejszenie jasności fluorescencji ze wzrostem temperatury, i wyznaczył energię aktywacji.

Znaleziona została również długościowa fluorescencja ze stanu metatrwałego dla biacenu w szklivie borowym. Badaniem wewnętrznego wygaszania objęto również cząsteczki o liniowym łańcuchu wiązań sprzężonych (np. zsyntetyzowane przez prof. Lampęgo pochodne karbocyjaniny). Przebadano widma fluorescencji i absorpcji tych cząsteczek i rozpoczęto badania nad wpływem temperatury na te widma oraz przygotowano fotonielczową aparaturę do badania wydajności kwantowej fluorescencji.

Dalszym problemem omawianym w Toruniu była sprawa wydajności fluorescencji przy tzw. wzbudzeniu antistokesowskim. Znana od drugiej połowy ubiegłego stulecia reguła Stokesa orzeka, iż w przeważającej większości zjawisk fluorescencji i fosforescencji wysłane światło ma długość fali nie mniejszą od długości fali światła wzbudzającego. Ta empirycznie znaleziona reguła, niezrozumiała z punktu widzenia elektrodynamiki klasycznej, znalazła piękne wytłumaczenie w teorii kwantów. Energia kwantu wysłanego przy fluorescencji nie może być większa niż energia kwantu wzbudzającego tę fluorescencję. Wynika to z zasady zachowania energii. Zgodnie zaś z teorią kwantów energia kwantu jest proporcjonalna do jego częstości drgań, a więc odwrotnie od długości fali. Spotykane zjawisko tzw. fluorescencji antistokesowskiej, tj. wzbudzanej przez częstości mniejsze niż częstości światła fluorescencji, nie jest sprzeczne z zasadą zachowania energii, ponieważ różnica energii dopełniona jest w tym przypadku z innego źródła, np. z energii oscylacyjnej czy też z energii ruchu cieplnego cząsteczek.

W przypadku widm złożonych cząsteczek organicznych, które przedstawiają obraz szerokich, rozmytych pasm, wzbudzeniem antistokesowskim nazywamy wzbudzenie falą dłuższą od średniej długości fali pasma fluorescencji. Dla takiego wzbudzenia obserwujemy bardzo szybki spadek natężenia światła fluorescencji wraz ze wzrostem długości fali wzbudzającej. Zagadnienie to zreferowane było przez mgr D. Frackowiakową. Jest ono trudne z punktu widzenia metodyki doświadczalnej i nie wyjaśnione teoretycznie w sposób ostateczny.

Śród różnych koncepcji wyjaśnienia tego zjawiska przez analizę procesów elementarnych pewne potwierdzenie przez badania doświadczalne, prowadzone w Zakładzie Fizyki Doświadczalnej UMK, zyskała hipoteza Jabłońskiego uzasad-

niająca spadek natężenia nakładaniem się w dziedzinie antistokesowskiej nieaktywnego optycznie pasma dimerów.

Bardzo ważna z punktu widzenia wyjaśnienia mechanizmu zjawisk luminescencji jest znajomość praw zaniku świecenia. Gdy np. mamy do czynienia z procesem spontanicznej emisji promieniowania przez cząsteczkę nie zakłóconą, zanik ma charakter czysto wykładniczy. Dla przypadku innych mechanizmów powrotu cząsteczki wzbudzonej do stanu podstawowego można się spodziewać innych praw gaśnięcia. Sprawa się komplikuje jeszcze bardziej, jeśli, jak to uczynił Jabłoński w swej teorii, uwzględnić wpływ ruchu termicznego, możliwość migracji energii wzbudzenia między cząsteczkami. Odwrotnie, dane doświadczalne dotyczące przebiegu gaśnięcia pozwalają wnioskować o mechanizmie wyświecania, z jakim mamy do czynienia. To prześledzenie praw gaśnięcia (a nie tylko wyznaczenie średniego czasu zaniku) nasuwa ogromne trudności doświadczalne i obecnie możliwe jest jedynie dla świeceń długotrwałych. Badania te prowadzi na fluorometrze własnego pomysłu mgr M. Frąckowiak w Toruniu w Zakładzie Fizyki UMK.

O oddziaływaniach międzycząsteczkowych w mieszaninach, w świetle widm ramanowskich, mówił mgr R. Mierzecki (Inst. Fiz. Dośw. UW) w referacie opracowanym wspólnie z mgrem A. Tramerem (Inst. Fiz. PAN). W pracach wykonanych przez Mierzeckiego zajmowano się przypadkami, gdy między cząsteczkami mieszaniny powstają nietrwałe kompleksy typu wiązania wodorowego. Powstanie tego wiązania wywołuje nie tylko modyfikację oscylacji atomu wiążącego się bezpośrednio z wodorem, lecz w przypadku istnienia wiązań sprzężonych modyfikowane są również oscylacje w wiązaniach sąsiednich. Tego rodzaju zmiany, przejawiające się w przesunięciach linii ramanowskich i pojawianiu się nowych częstości (to ostatnie charakterystyczne jest dla wiązania wodorowego), zaobserwowano w mieszaninach pirydyny i kwasów tłuszczowych, pirydyny i wody (Mierzecki) oraz SO_2 i pirydyny (Tramer).

Zagadnieniom związanym z mechanizmem świecenia fosforów krystalicznych poświęcony był referat mgra A. Wrzesińskiej. Referentka omówiła układ poziomów elektronowych w fosforze, centra lokalne związane z obecnością atomów aktywatora, bądź wywołane defektami sieci krystalicznej, oraz przeanalizowała różne procesy związane z przejściami między nimi. Możliwe są tu różne mechanizmy wzbudzania i wyświecania i podobnie jak dla cząsteczek w roztworach różnym mechanizmom odpowiadają różne prawa zaniku świecenia fosforu.

Jedną z cech charakteryzujących fosfor jest rozkład energetyczny głębokości pułapek. Elektron uwięziony w pułapce może z niej przejść do pasma przewodnictwa na koszt energii cieplnej, przy czym prawdopodobieństwo tego przejścia zależy od stosunku odstepu energetycznego między poziomem pułapki i pasmem przewodnictwa i średniej energii termicznej cząsteczki w danej temperaturze. Gdy więc fosfor zostanie naświetlony w bardzo niskiej temperaturze (np. temperaturze ciekłego powietrza), wskutek czego energia wzbudzenia optycznego zostanie w nim jak gdyby zmagazynowana, i następnie stopniowo będzie ogrzewany, to będziemy obserwowali kolejno rozbiłyski fosforu odpowiadające tym temperaturom, dla których energia ruchu termicznego jest wystarczająca do przeniesienia elektronu z określonych poziomów pułapkowych do pasma przewodnictwa. Analizując w ten sposób krzywą jarzenia fosforu (tj. krzywą jasności jego świecenia w funkcji temperatury przy jednoczesnym ogrzewaniu fosforu) można wyznaczyć rozkład energetyczny poziomów pułapkowych.

Pomiary tego rodzaju zostały wykonane dla spreparowanych przez autorkę kilku fosforów o różnych barwach świecenia. Interesujące również i ważne ze względu

na zastosowania praktyczne było opracowanie metodyki otrzymywania fosforów ze zwykłych, niespecjalnie wysokiego stopnia czystości, odczynników.

Poza głównym nurtem tematyki konferencji, która, jak widać, zajmowała się głównie zagadnieniem mechanizmu aktów pochłaniania i wyświecania, był referat prof. Lorii (Katedra Fizyki Dośw. Uniwersytetu Poznańskiego) o znaczeniu zjawisk magnetoptycznych dla teorii ferromagnetyzmu. Nawiązując do swych artykułów w „Postęпах Fizyki” i do referatu wygłoszonego na konferencji fizyków w Spale, referent omówił trudności, na jakie natknęła się klasyczna teoria Voigta zjawisk magnetoptycznych, i po przedstawieniu podstawowych założeń kwantowej teorii Wonsowskiego i Sokołowa wskazał na te punkty, w których można przedsięwziąć badania doświadczalne. Z nich szczególnie interesujące wydają się te, które nawiązują bezpośrednio do problemu mikrofizycznej struktury domen oraz ich dynamiki, a więc np. metody proszkowe Bittera — Akułowa, badanie magnetoptycznego efektu Kerra i innych.

Znaczna część komunikatów z prac własnych stanowiła bezpośrednie nawiązanie do problematyki omówionych wyżej referatów. Z innych na wymienienie zasługuje grupa komunikatów dotyczących osiągnięć Zakładu Fizyki Technicznej Instytutu Chemii Ogólnej w Warszawie. Komunikaty te dotyczą specjalnych problemów z zakresu spektroanalizy (prace prowadzone pod kierunkiem mgr J. Świętosławskiej), kilka prac wykonanych przez fizyków wspólnie z chemikami w celu wyznaczenia na drodze badań optycznych struktury cząsteczek, stałych siłowych wiązań itp.

W ogólnej dyskusji prowadzonej w czasie posiedzenia końcowego podkreślano celowość i płodność nawiązanej współpracy z chemikami, wskazano na możliwość rozszerzenia takiej współpracy na różne działy techniki, astrofizykę, a w przyszłości i biologię.

Wskazywano również na konieczność rozszerzenia i nadania charakteru systematycznego badaniom teoretycznym w zakresie wszystkich uprawianych doświadczalnie zagadnień.

Konferencja weimarska nosiła nieco inny charakter. Pierwotnie zaplanowana była ona na trzy dni, z których pierwszy miał być poświęcony zagadnieniom spektroskopii mikrofalowej, drugi badaniom w podczerwieni, trzeci wreszcie spektroskopii w dziedzinie widzialnej i nadfioletowej. Tymczasem niektóre referaty spadły z porządku dziennego, wskutek czego obrady konferencji zostały skrócone o jeden dzień, a to zepsuło pierwotnie zaplanowany układ problemowy.

W zgłoszonych referatach uderzały dwie charakterystyczne cechy. Pierwszą z nich było to, że w dużej części referaty te dotyczyły konstrukcji aparatur badawczych, przy pomocy których będą dopiero w przyszłości prowadzone badania. Ten stan intensywnej rozbudowy urządzeń badawczych i przygotowywania się do rozwiązywania właściwych problemów zaobserwowaliśmy również zwiedzając po konferencji szereg pracowni. Drugim charakterystycznym punktem była duża liczba referatów zgłoszonych z pracowni badawczych w zakładach przemysłowych (Zeiss, Schott i in.). Te referaty dotyczyły głównie badań związanych z konstrukcją i wykorzystaniem przyrządów.

Badania w obszarze mikrofalowym były przedmiotem referatu Elschnera i Schimmla z Jeny (Zakład Fizyki Uniwersytetu Jenajskiego prowadzony przez prof. Schütza). Badacze ci skonstruowali spektrometr mikrofalowy do badań linii absorpcyjnych w gazach. Spektrometr ma być użyty do badania kształtu linii i ich

ciśnieniowego rozszerzenia. Dotychczasowe badania wstępne przeprowadzono dla amoniaku, dla którego potwierdzono zjawisko wyost్రzania się linii wraz ze zmniejszaniem się ciśnienia.

Z badań w dziedzinie dalekiej podczerwieni w kilku pracowniach znajdują się w budowie spektrofotometry siatkowe. W związku z tym nasuwają się liczne problemy konstrukcyjne. Siatki dyfrakcyjne odbiciowe, używane w tego typu urządzeniach, mają rysy o tak dobranym profilu, by otrzymać koncentrację wiązki ugiętej w jednym z rzędów widma. Ma to szczególnie duże znaczenie w badaniach w tym obszarze, gdzie źródła są słabe, a detektory promieniowania mało czułe. W związku z tym Schaffer (z Zakładu Fizyki Uniwersytetu w Halle) przeprowadził rachunki zależności rozkładu natężeń między poszczególne rzędy dla kilku różnych kształtów nacięć na powierzchni siatki.

Opracowaniem czułych odbiorników promieniowania podczerwonego zajmował się Bötcher z Jeny, który omówił ewolucję skonstruowanego przez siebie odbiornika pneumatycznego. Idea konstrukcji tego urządzenia polega na zastosowaniu niewielkiej komory cylindrycznej o polu podstawy ok. 50 mm² i wysokości kilku milimetrów. Komora z jednej strony zamknięta jest okienkiem, przez które wpada do jej wnętrza promieniowanie badane, z drugiej zaś zamknięta jest cieniutką błonką zaponową, której zewnętrzna powierzchnia jest napylona warstewką metaliczną. Gaz wypełniający komorę pod wpływem ogrzania od padającego promieniowania zwiększa swą prężność, wskutek czego błonka zaponowa zostaje odkształcona. W pierwotnym urządzeniu błonka ta stanowiła jedną z okładek kondensatora, którego pojemność się w ten sposób zmieniała. Metoda ta jednak nie dała dostatecznej czułości i dlatego zmodyfikowano ją w ten sposób, że błonka wykorzystana została jako zwierciadło odbijające wiązkę światła z pomocniczego źródła w kierunku fotopowielacza elektronowego. Zmiana krzywizny wyginającej się przy ogrzaniu gazu błonki wywołuje zmianę biegu wspomnianej wiązki, a pomocnicze urządzenie, którego tu bliżej nie będziemy opisywali, sprawia, że zmianie kierunku wiązki odbitej towarzyszy zmiana jej natężenia, co z łatwością zostaje zmierzone przy pomocy fotopowielacza. Opisane urządzenie pozwala na wykrycie ogrzania gazu w komorze detektora o 10⁻⁵.

Zagadnieniom widm w obszarze widzialnym było poświęcone kilka referatów. Dr Seiwert z Zakładu Fizyki Uniwersytetu Humboldta w Berlinie mówił o teoretycznym ujęciu zagadnienia tzw. dyfuzji promieniowania. Gdy w jakiejś parze atomowej (np. rtęci czy sodu) wzbudzimy przez odpowiednie naświetlanie promieniowanie rezonansowe, wówczas przy odpowiednim ciśnieniu pary obserwujemy zjawisko polegające na wielokrotnym przekazywaniu kwantu od atomu do atomu, tak że promieniowanie to zostaje jak gdyby uwięzione w naczyniu z parą i opuszcza je po czasie bardzo długim w porównaniu ze średnim czasem życia atomu w stanie wzbudzonym. Ponieważ istnieje duże formalne podobieństwo tego zjawiska do zjawiska dyfuzji, nazwano je dyfuzją promieniowania. Ujęcie teoretyczne też ma pewne cechy wspólne ze sposobem traktowania zjawisk dyfuzji. Występują tu jednak bardzo znaczne komplikacje, spowodowane skończoną szerokością linii widmowej, dla której w danym przypadku występuje rozszerzenie ciśnieniowe, i tym, że dla różnych części linii współczynnik absorpcji posiada różną wartość. Praca Seiwerta nie przynosi nowych wyników, wykazuje ona jednak, że wyniki poprzednio otrzymane przez Holsteina mogą być otrzymywane w znacznie prostszy sposób.

Ogromne zainteresowanie wywołały dwa referaty omawiające zjawiska zachodzące w iskrze skondensowanej.

Referat S. I. Mandelstama (z Uniwersytetu w Odessie) dotyczył głównie kinetyki wyładowania iskrowego, referat zaś J. van Calckera (z Münster) — rozwoju widm w iskrze skondensowanej.

W badaniach swych Mandelstam zajmował się zagadnieniem prędkości rozszerzania się kanału wyładowania iskrowego. Używał on metody tzw. półcieniowej projekcji, polegającej na tym, że kanał iskry badanej podświetlano drugą iskrą i obraz tego kanału badanego przez układ optyczny i zwierciadło wirujące rzucano na komorę fotograficzną. Obie iskry włączane były przez układ kontaktów zmontowanych na osi wirującego zwierciadła, przez co zapewniona była dokładna synchronizacja. Dla różnych parametrów obwodu drgającego otrzymano fotografie kanału wyładowania i rozchodzących się od niego w przestrzeń otaczającą falę zagęszczenia. Na tej podstawie można było obliczyć prędkość rozszerzania się kanału. Otrzymano wynik 1–5 km/sek. Te dane doświadczalne zostały zestawione z opracowaną teorią hydrodynamiczną rozchodzenia się tej fali uderzeniowej, z której można było wyprowadzić wzory na prędkości znajduwane w doświadczeniach.

Przez zastosowanie urządzenia stroboskopowego do fotografowania widm można było w czasie do 20 μ sek od rozpoczęcia wyładowania obserwować rozwój widm występujących przy wyładowaniu. W kilka mikrosekund po rozpoczęciu wyładowania obserwowano widmo NO, w dalszych odstępach czasu pojawiały się kolejno widma NIII (azotu dwukrotnie zjonizowanego), następnie NII (azotu jednokrotnie zjonizowanego) i wreszcie NI (azotu neutralnego).

Badania widmowe pozwoliły również na przeanalizowanie zagadnienia osiągnięcia w wyładowaniu ewentualnych stanów równowagi, stosowności w tych warunkach wzorów Saha i zależności boltzmannowskich wreszcie na oszacowanie temperatury w kanale iskry ($T = 40\,000^\circ$).

Ogromne uznanie i szczere oklaski zebranych zyskały piękne barwne fotografie poszczególnych stadiów wyładowania w iskrze, jakimi ilustrował van Calcker swój referat. Fotografie te otrzymane zostały poprzez stroboskop typu Mannkopfa. W świeceniu przy wyładowaniu iskrowym mamy do czynienia z dwoma fazami. W pierwszej fazie świecą pary metalu, z którego wykonane są elektrody. Później pojawiają się zupełnie inne linie, należące do widma gazu, w którego atmosferze odbywa się wyładowanie. W fazie końcowej z elektrod wyrzucane są bryłki materii (tzw. pochodnie). Są one naelektryzowane — co można było stwierdzić na podstawie śladów ich torów zakrzywionych przez pole magnetyczne. Pary metalu po przerwaniu wyładowania pozostają jeszcze przez pewien czas w przestrzeni międzyelektrodowej, co zostało stwierdzone drogą sfotografowania ich widm absorpcyjnych i ich czasowego rozwoju (również przez stroboskop).

W szeregu referatów omawiano nowo skonstruowane przyrządy do badań optycznych. Tak więc Fröhlich z Halle omówił szerokie możliwości użycia zwierciadlanego monochromatora Zeissa, Jacob i Jentsch (z Freibergu) mówili o fotometrze płomieniowym Zeissa, a Kröplin z Jeny o właściwościach optycznych siatek dyfrakcyjnych produkowanych przez zakłady Zeissa. Siatki te rysowane na płaskim zwierciadle o powierzchni aluminizowanej mają 654 rysy na 1 mm przy ogólnej liczbie rys 45 000.

Dla uzyskania jednolitego oświetlenia szczeliny spektrografu przy użyciu źródła o niejednakowej jasności powierzchniowej opracowany został przez Schellera z Jeny kondensor plastrowy. Używając stosownego filtru interferencyjnego jako układu rozszczepiającego, skonstruował Rötger z Jeny bardzo prosty spektroskop *à vision directe*.

Referaty poświęcone problemom analitycznym zapoczątkował referat akad. G. S. Landsberga z Moskwy, który omówił wiele prac wykonanych wspólnie z Bażulinem i Suszczyńskim, dotyczących zastosowań analizy ilościowej metodami ramanowskimi do ustalania składu mieszaniny węglowodorów (np. składników poszczególniej frakcji ropy naftowej). Sytuacja jest tu o tyle złożona, że nie jest na ogół (przynajmniej w szerokiej praktyce) możliwe zastosowanie zwykłych metod, jak np. konstrukcji mieszanin wzorcowych (np. rozdzielonych izomerów). Opracowano taką metodę pomiarów natężeń, która pozwala na korzystanie z danych tablicowych zebranych w sposób standardowy przez innych. Dla osiągnięcia powtarzalności wyników trzeba było ustalić pewne zasady budowy układu optycznego i metodyki postępowania. Przez budowę układu rozumie się przy tym nie skonstruowanie jakiegoś specjalnego standardowego przyrządu — spektrografu — ale zrealizowanie pewnego typu oświetlenia szczeliny dowolnie wziętego spektrografu, dobranie w sposób odpowiedni do tego szerokości szczeliny, ustalenie typowego naczynia oraz oświetlacza do badań ramanowskich. Interesującym pomysłem jest również użycie pewnego umownego roztworu, którego fluorescencja, wzbudzana równocześnie z liniami ramanowskimi, służy jako wzorec natężenia w szerokim obszarze widma widzialnego. Korzystając z ogromnej liczby danych zebranych przez Bażulina i jego współpracowników wystarczy w tym układzie porównać natężenia badanych linii ramanowskich z wzorcem fluorescencyjnym. Na tej drodze przeprowadzono kontrolne analizy szeregu mieszanin węglowodorów uzyskując dokładności poniżej 5%.

Z innych prac analitycznych przedstawionych na konferencji przytoczę referat o metodzie oznaczania pierwiastków występujących jako śladowe domieszki (Jentzsch i Jacob) oraz omówienie wyników badań przy ilościowym oznaczaniu składu mieszaniny argonu i neonu (Friedl — Berlin).

Jak widać z porównania materiałów przedstawionych na obu konferencjach, możemy wyrazić wysoce dodatnią opinię o poziomie prowadzonych w naszym kraju badań z zakresu optyki atomowej i molekularnej i możemy stwierdzić, że problematyka prowadzonych badań jest nowoczesna, a wyniki wnoszą twórczy wkład do postępu ludzkości w tej dziedzinie wiedzy.

Tadeusz Skaliński

KONFERENCJA ELEKTROCHEMICZNA

(Warszawa 15—19 listopada 1955 r.)

W dniach od 15 do 19 listopada 1955 r. odbyła się w Warszawie zorganizowana przez Wydział III Polskiej Akademii Nauk Konferencja Elektrochemiczna. W konferencji wzięło udział około 100 przedstawicieli wszystkich ośrodków elektrochemicznych w Polsce — pracowników naukowych Polskiej Akademii Nauk, wyższych uczelni oraz instytutów i zakładów przemysłowych. Na konferencję przybyli również goście zagraniczni: prof. dr H. Falkenhagen (NRD), prof. dr K. M. Gorbunowa (ZSRR), prof. dr B. N. Kabanow (ZSRR), dr J. Koryta (CSR), dr J. Kuta (CSR), prof. dr B. Lanyi (Węgry), doc. dr S. Lengyel (Węgry), dr I. Lenz (NRD), prof. dr A. T. Wagramian (ZSRR).

Zasadnicza tematyka konferencji obejmowała głównie dorobek naukowy trzech zakładów Instytutu Chemii Fizycznej Polskiej Akademii Nauk: Zakładu Fizykochemii Zjawisk Powierzchniowych kierowanego przez prof. dra Bogdana Kamieńskiego, Zakładu Elektrochemii kierowanego przez prof. dra Stefana Minca i Zakładu Fizykochemii Procesów Elektrodowych kierowanego przez prof. dra Michała Śmiałowskiego. Przedstawione przez te zakłady prace objęły cztery grupy tematów:

- 1) elektryczny potencjał międzyfazowy i jego znaczenie w adsorpcji, chromatografii i flotacji (grupa kierowana przez prof. dra B. Kamieńskiego),
- 2) mechanizm wydzielania wodoru na katodzie (grupa kierowana przez prof. dra M. Śmiałowskiego),
- 3) zależność struktury elektrolitów w roztworach od środowiska (grupa kierowana przez prof. dra S. Minca),
- 4) termodynamika procesów nieodwracalnych w zastosowaniu do elektrotermodyfuzji i wędrówki jonów w polu elektrycznym oraz fenomenologiczna teoria elektrotermodyfuzji (grupa kierowana przez mgra B. Baranowskiego z Zakładu Fizykochemii Zjawisk Powierzchniowych).

Problematykę konferencji rozszerzyły referaty gości zagranicznych oraz pewne, wykraczające poza podane wyżej tematy, referaty krajowych gości konferencji.

Obrady konferencji rozpoczęły się dnia 15 listopada 1955 r. referatem prof. dra M. Śmiałowskiego pt. *Badania elektrochemiczne w Polsce dawniej i dziś*. Obszerny ten referat wzbogacony został w dyskusji kilku dorzuconymi przez uczestników konferencji szczegółami z historii polskiej elektrochemii.

W drugim dniu obrad, 16.XI przed południem, przedstawiła wyniki swych badań grupa prof. dra B. Kamieńskiego. Referaty wygłosili: prof. dr B. Kamieński — *Potencjały elektryczne na granicy faz i ich zastosowanie w adsorpcji, flotacji i chromatografii*, dr G. Pytasz — *Napięcie elektryczne swobodnej powierzchni roztworów wodnych związków fizjologicznie czynnych*, mgr B. Waligóra — *Zastosowanie metody potencjometrycznej w chromatografii*, mgr J. Kulawik — *Wpływ gazów na potencjał mikroelektrody adsorpcyjnej*, mgr A. Pomianowski — *Zjawiska elektryczne towarzyszące flotacji*.

Po południu dnia 16 listopada i przed południem 17 listopada wygłosili swe referaty goście zagraniczni oraz prof. dr W. Kemula, którego referat wykraczał poza zasadniczą problematykę konferencji. Wygłoszone tu zostały następujące referaty: prof. dr K. M. Gorbunowa — *Rola wodoru w procesach elektroredukcji metali*, prof. B. N. Kabanow — *Specyficzna adsorpcja anionów a procesy elektrochemiczne*, prof. A. T. Wagramian — *Niejednorodność powierzchni elektrody a procesy elektrolitycznego wydzielania metali*, prof. dr B. Lanyi — *Podwyższenie trwałości ostrzy narzędzi tnących metodą fosforanowania*, doc. dr S. Lengyel — *Badanie rozmieszczenia cząsteczek i rozkładu gęstości w roztworach elektrolitów i innych roztworach dwuskładnikowych*, dr J. Kuta — *Nadnapiecie wodoru na kapilarnych elektrodach rtęciowych w roztworach mocnych i słabych kwasów*, dr J. Kuta — *O redukcji kwasu szczawiowego na kropłowej elektrodzie rtęciowej*, dr J. Koryta — *Reakcje chemiczne jako etap decydujący o procesach elektrodowych w polarografii*. Ponadto prof. dr W. Kemula omówił wyniki badań swej szkoły w dziedzinie chromatopolarografii.

Po południu 17 listopada wygłoszone zostały referaty grupy mgra B. Baranowskiego: mgr B. Baranowski — *Termodynamika procesów nieodwracalnych w zastosowaniu do procesów dyfuzyjnych*, mgr B. Baranowski i mgr J. Demichowicz — *Elektrotermodyfuzja w wodnych roztworach elektrolitów*, mgr B. Baranowski — *Termodynamiczne ujęcie zjawisk dyfuzji i wędrówki jonów w polu elektrycznym w ciekłych stopach metalicznych*.

Wygłoszony tu został również referat wykraczający poza zasadniczą tematykę grupy mgra B. Baranowskiego: doc. inż. M. Sarnowski i mgr B. Baranowski — *Własności antyraoultowskie niektórych roztworów trójskładnikowych*.

Dzień 18 listopada wypełniony został referatami grupy prof. dra M. Śmiałowskiego: doc. dr W. Palczewska i prof. dr M. Śmiałowski — *O mechanizmie wydzielania wodoru na katodzie*, prof. dr A. Krupkowski i prof. dr M. Śmiałowski — *Odkształcanie się żelaznego drutu pod wpływem wnikania katodowego wodoru do warstwy powierzchniowej*, prof. dr M. Śmiałowski i doc. dr Z. Szklarska - Śmiałowska — *Wpływ warunków polaryzacji na kruchość żelaza i niklu wywołane wnikaniem wodoru*, doc. dr J. Foryst i prof. dr M. Śmiałowski — *Zależność wrażliwości stali na działanie katodowego wodoru od jej składu chemicznego*, prof. dr L. Kozłowski — *Wpływ wodoru katodowego na magnetyczne własności stali miękkiej*, doc. dr W. Palczewska — *Wpływ polarnych substancji organicznych i trucizn katalitycznych na nadnapiecie wodoru na katodach żelaznych i niklowych*, doc. dr Z. Szklarska - Śmiałowska — *Zależność potencjału spolaryzowanej katody żelaznej i niklowej od czasu*, mgr. H. Jarmolowicz — *Wpływ katalitycznych trucizn i substancji podwyższających nadnapiecie na wydajność redukcji elektrolitycznej*, mgr inż. H. Angerstein — *Katodowe rozpylanie otowiu*, prof. dr M. Śmiałowski — *Wnioski ogólne*.

19 listopada, w ostatnim dniu konferencji, przedstawiła swe prace grupa prof. dra S. Minca: prof. dr S. Minc — *Zastosowanie metod optycznych do badania zależności struktury elektrolitów od środowiska i wpływ zmian strukturalnych badanych substancji na potencjały i procesy elektrodowe*, mgr inż. W. Libuś — *Wykorzystanie widm absorpcyjnych do badania solwatacji jonów miedziowego i kobaltowego w wodzie i rozpuszczalnikach organicznych*, mgr inż. L. Stolarczyk — *Analiza widma absorpcyjnego azotanu miedziowego w roztworach wodno-etanolowych*, mgr inż. Z. Kęcki — *Badanie wpływu środowiska na strukturę kwasu azotowego za pomocą widma Ramana*.

Ogółem na konferencji zostało wygłoszonych 25 referatów krajowych oraz 8 referatów zgłoszonych przez gości zagranicznych. Zgłoszone zostały także jeszcze dwa referaty: K. Schwabe i G. Glöckner (NRD) — *O elektromotorycznym zachowaniu się elektrod szklanych w silnie kwaśnych roztworach*, K. Andreeff i K. Alexander (NRD) — *Pomiar współczynnika Soreta w niewodnych roztworach elektrolitów metodą Baranowskiego*. Autorzy nie mogli jednak przyjechać na konferencję i referaty z tego powodu nie zostały wygłoszone.

Niemożliwością byłoby w tym krótkim omówieniu konferencji powiedzieć coś bardziej szczegółowo o wygłoszonych referatach; całość materiałów konferencji zostanie zresztą wkrótce ogłoszona drukiem.

Po każdej grupie wygłoszonych referatów krajowych oraz po każdym referacie wykraczającym poza zasadniczą tematykę konferencji (np. referaty gości zagranicznych) przeprowadzana była dyskusja. Dyskusje były na ogół bardzo ożywione i wiele osób zabierało w nich głos. Ogólna liczba głosów w dyskusji zbliżona była do liczby uczestników konferencji. Niektóre wypowiedzi w dyskusji wniosły wiele cennego materiału merytorycznego do referowanych zagadnień i znacznie rozszerzyły tematykę konferencji, szczególnie w dziedzinie powiązań referowanych problemów z techniką.

Wyniki konferencji podsumował prof. dr M. Śmiałowski, który zamykając obrady podkreślił, że chociaż w założeniu konferencja miała objąć zagadnienia podstawowe i teoretyczne, to jednak zarówno referaty jak i dyskusje często schodziły na tory zastosowań technicznych, co oczywiście należy uważać za bardzo korzystny objaw.

Lech Stolarczyk

UROCZYSTOŚCI JUBILEUSZOWE W 400 ROCZNICĘ ŚMIERCI GEORGIUSA AGRICOLI

W dniu 21 listopada ub. r., tj. w 400 rocznicę śmierci wybitnego niemieckiego uczonego i humanisty Georgiusa Agricoli, odbyły się staraniem Niemieckiej Akademii Nauk w Berlinie i powołanej przez rząd Niemieckiej Republiki Demokratycznej specjalnej Komisji Centralnej w Karl-Marxstadt uroczystości jubileuszowe.

Uroczystej Akademii przewodniczył prezydent Niemieckiej Akademii Nauk prof. W. Fridrich. W prezydium zjazdu zasiedli rektorzy wyższych uczelni z Freibergu, Halle, Lipska i Drezna, delegaci rządu NRD i przedstawiciele Akademii Nauk z ZSRR, Polski, Czechosłowacji, Węgier i Bułgarii. Z ramienia PAN przybyli członkowie: W. Budryk, W. Goetel i A. Krupkowski oraz prof. M. Radwan i doc. E. Valden.

Życiorys Jerzego Agricoli na tle wielkich ruchów społecznych i religijnych przedstawił akademik prof. L. Stern, główny referat o dorobku naukowym wygłosił akademik prof. G. Spackler — *Georgius Agricola — naukowy założyciel wiedzy górniczej i hutniczej*. Wśród zgłoszonych 25 referatów, które równocześnie zostały wydane w zbiorowym dziele Niemieckiej Akademii Nauk pt. *Georgius Agricola 1494—1555 zu seinem 400 Todestag 21 November* znalazł się i referat prof. A. Krupkowskiego — *Georg Agricola und die polnische Metallerzeugung im XVI Jahrhundert*. Uczestnicy zjazdu otrzymali prócz wymienionego niemieckiego dzieła jubileuszowego także autorskie egzemplarze monografii przedstawicieli delegacji radzieckiej prof. S. W. Suchardina z Instytutu Historii Przyrodoznawstwa i Techniki Akademii Nauk ZSRR pt. *Georgij Agrikola*, która została wydana staraniem Akademii Nauk z okazji jubileuszowej rocznicy Agricoli.

W drugim dniu zjazdu, który z Karl-Marxstadt (dawn. Chemnitz), gdzie przez dwadzieścia parę lat przebywał i gdzie zmarł Agricola, przeniesiony został do Zeitz, gdzie w kościele katedralnym został pochowany autor *De re metallica*, złożono liczne wieńce, a wśród nich i wieniec od Polskiej Akademii Nauk. W imieniu polskiej delegacji przemawiał prof. W. Goetel.

Działalność Jerzego Agricoli była również przedmiotem osobnego posiedzenia Akademii Nauk w Moskwie.

W dniu 16 stycznia br. odbyło się w Pałacu Kultury i Nauki w Warszawie zorganizowane przez Wydział Nauk Technicznych PAN oraz Komitet Historii Nauki przy Prezydium PAN posiedzenie naukowe, poświęcone omówieniu działalności Georgiusza Agricoli.

W posiedzeniu, któremu przewodniczył wiceprezes Polskiej Akademii Nauk prof. Witold Wierzbicki, wzięli udział przedstawiciele nauk geologicznych, górnictwa, hutnictwa oraz historii nauki i techniki.

Po wstępnym przemówieniu prof. Wierzbickiego, w którym zarysowana została sylwetka wielkiego uczonego i humanisty, dorobek naukowy Jerzego Agricoli przedstawił dr K. Maślankiewicz, kierownik katedry mineralogii i pe-

trografii Uniwersytetu Wrocławskiego im. B. Bieruta. Z kolei referaty wygłosili akademicy: prof. A. Krupkowski — *Polskie metody wytwarzania metali w świetle dzieła «De re metallica»* i prof. W. Budryk — *Sprawozdanie z uroczystości 400-lecia śmierci G. Agricoli zorganizowanych przez Niemiecką Akademię Nauk.*

Przewidziana jest zbiorowa praca poświęcona Jerzemu Agricoli przygotowywana przez Komitet Historii Nauki PAN; ma ona ukazać się w ciągu bieżącego roku.

Kazimierz Maślankiewicz

Wojciech Rubinowicz i Wojciech Królikowski — *Mechanika teoretyczna*, PWN, Warszawa 1955, str. 422. Cena 26 zł.

Mechanika teoretyczna jest działem fizyki zajmującym się ruchem mas pod wpływem sił. Mechanika teoretyczna, będąca przedmiotem niniejszych rozważań, może być użyta do opisu ruchów niezbyt szybkich (gdy efekty relatywistyczne mogą być zaniedbane) oraz do opisu zjawisk zachodzących w skali makroskopowej, tj. zjawisk dostępnych bezpośrednio naszemu zmysłom (w przeciwieństwie do zjawisk atomowych, kwantowych). Mechanika o tak ograniczonym zasięgu ważności, zwana często mechaniką klasyczną (w odróżnieniu od mechaniki relatywistycznej i kwantowej), stanowi przecież podstawę fizyki. W mechanice klasycznej bowiem rozwinął się aparat pojęciowy i matematyczny, którego używamy w całej fizyce. Pierwsze poznanie takich pojęć, jak szybkość, masa czy siła, trudno wyobrazić sobie inaczej jak na gruncie mechaniki teoretycznej, bo są to pojęcia będące matematycznym uściśleniem pojęć znanych nam z życia codziennego, a zjawiska te należą właśnie do zasięgu ważności mechaniki klasycznej. I w ogóle można powiedzieć, że niezależnie od poznawania coraz to nowych obszarów otaczającej nas rzeczywistości doniosłość mechaniki klasycznej jest zagwarantowana tym, że opisuje ona zjawiska zachodzące w naszej ludzkiej makroskopowej skali. Podkreślić tu należy ten ogólnie znany fakt, że w rozwoju fizyki nigdy nie następuje przekreślenie dotychczasowych zdobyczy. Przez teorię fizyczną rozumiemy teorię opisującą pewien zakres zjawisk. Jeżeli w dalszym rozwoju fizyki uda się zaobserwować zjawisko sprzeczne z tą teorią, to zamiast mówić o obaleniu tej teorii poprawnie jest mówić o dokładnym określeniu zakresu jej ważności. Tak właśnie wygląda sprawa z mechaniką klasyczną. Badania atomowe doprowadziły nas do wniosku, że zakres ważności mechaniki klasycznej jest ograniczony do zjawisk makroskopowych. Ważność jej w tym zakresie nie została oczywiście zachwiana.

Wynika stąd jasno, jak wielkie znaczenie dla studiujących fizykę ma podręcznik mechaniki teoretycznej. W polskiej literaturze naukowej możemy się tu poszczycić wydaną ostatnio doskonałą książką W. Rubinowicza i W. Królikowskiego: *Mechanika teoretyczna*, zawierającą wykład mechaniki punktów materialnych i ciał sztywnych. Wydaje mi się niecelowe omawiać tu szczegółowo treść książki, raczej podam jej ogólną charakterystykę.

Przede wszystkim jest to książka napisana przez fizyków i dla fizyków. Mechanika teoretyczna traktowana tu jest jako część fizyki, nie zaś jako przedmiot sam w sobie. Wszystkie pojęcia fizyczne, jak masa i siła, są tu dobrze zdefiniowane i przedyskutowane (tzn. podany jest sposób ich pomiaru) w odróżnieniu od wielu innych podręczników pomijających te zagadnienia.

Celem fizyki jest opis zjawisk. Opis ten w fizyce teoretycznej (a więc i w mechanice teoretycznej), mówiąc krótko, polega na tym, że formułuje się w postaci matematycznej zasadnicze prawa, z których można wyprowadzić opis każdego poszczególnego zjawiska. Postępowanie polega tutaj na przetłumaczeniu zjawiska na język matematyczny (sformułowanie matematyczne zagadnienia), następnie na rozwiązaniu zagadnienia matematycznego na podstawie ogólnych praw, zgodnie z regułami ma-

tematyki i w końcu na przetłumaczeniu wyniku matematycznego na język fizyczny (interpretacja fizyczna wyniku). W podręczniku W. Rubinowicza i W. Królikowskiego postępowanie to jest konsekwentnie przeprowadzane. Podkreślić należy dwie rzeczy: dokładne wykonanie wszystkich rachunków oraz pełną interpretację fizyczną otrzymanych wyników.

Przeglądając treść *Mechaniki teoretycznej* znajdziemy w niej to wszystko, co jest potrzebne przy dalszym studiowaniu fizyki. Nie chodzi tu tylko o liczne fizyczne przykłady czy nawet metody (np. metoda zaburzeń). Rozwój fizyki przebiegał wielokrotnie w ten sposób, że po zaobserwowaniu zjawiska leżącego poza zakresem ważności danej teorii nie wiadomo było, jak teorię tę uogólnić czy przekształcić, dopóki teorii tej nie nadano innej równoważnej postaci. W mechanice teoretycznej postacią najłatwiej nadającą się do przejścia do mechaniki kwantowej jest teoria Hamiltona — Jacobiego. Została też ona w podręczniku W. Rubinowicza i W. Królikowskiego szeroko i precyzyjnie omówiona.

Podkreślić trzeba, że autorzy podają w swym podręczniku wiele rozważań również relatywistycznych, bez rozwijania oczywiście całej teorii względności.

Pięknym uzupełnieniem książki jest bogaty zbiór dobrze dobranych zadań. Nie trzeba dodawać, że samodzielne rozwiązywanie zadań jest nieodzowne do prawdziwego opanowania danego przedmiotu, nie mówiąc o tym, że stanowi ono dla studenta wstęp do pokonywania problemów naukowych.

Wielką i wcale niełatwą do osiągnięcia zaletą podręcznika jest jego zwięzłość.

Czytelnikowi sprawi przyjemność ładna szata graficzna książki zawierającej między innymi portrety wielkich twórców mechaniki teoretycznej. Pomysł ich umieszczenia wydaje mi się bardzo szczęśliwy i godny naśladowania.

Wszystkim studiującym fizykę należy podręcznik W. Rubinowicza i W. Królikowskiego gorąco polecić.

Janusz Dąbrowski

Piśmiennictwo chemiczne w Polsce Ludowej, PWT, Warszawa 1955, str. 207, cena 27,80 zł.

Dobra i dawna tradycja polskiej bibliografii oraz liczne naukowe prace bibliograficzne — teoretyczne i praktyczne — nakładają szczególne obowiązki troskliwego i starannego opracowania wszelkich bibliografii, jakie ukazują się w naszym kraju. Ostatnie lata przyniosły pokaźną liczbę retrospektywnych bibliografii specjalnych, również w dziedzinie nauk stosowanych, jak np. bibliografia rolnictwa, bibliografia leśnictwa, bibliografia piśmiennictwa technicznego (za pięciolecie 1945—1949) itd. Ostatnio ukazała się bibliografia chemii pt. *Piśmiennictwo chemiczne w Polsce Ludowej*. Jest to praca zbiorowa, którą przygotowało 10 autorów przy współudziale 2 redaktorów i jednego opiniodawcy — łącznie 13 osób.

Według informacji podanej na odwrotnej stronie karty tytułowej, „praca zawiera wykaz piśmiennictwa chemicznego w Polsce Ludowej w okresie 1944—1954 r.”. Jeżeli jednak sięgnąć do samej bibliografii, to okaże się, że obok 3539 numerowanych bieżąco pozycji obejmujących istotnie te lata zamieszczono też pewną liczbę pozycji z innego okresu, mianowicie z roku 1955. Pozycje obejmujące rok 1955 zostały dobrane jednak w sposób dość osobliwy: są to mianowicie książki wydane przez jednego tylko wydawcę.

Sprawa doboru pozycji do ogłoszenia w bibliografii budzi zresztą i w innych wypadkach poważne ogólne wątpliwości. Nigdzie w książce nie zostały podane kryte-

ria uwzględnienia lub odrzucenia w spisach bibliograficznych opublikowanych w Polsce prac chemicznych, poza dość zawodnym i nie objaśnionym kryterium „najważniejszej pozycji“. Odpisując nawet pewien procent nie zanotowanych pozycji na mogące się zawsze zdarzyć przeoczenia, nie podobna jednak odgadnąć, czemu przypisać takie np. osobliwości, jak choćby bibliografia prac Wojciecha Świętosławskiego. Z bibliografii opracowanej przez prof. Wiktora Kemulę (ogłoszonej w „Rocznikach Chemii“) wynika, że prof. Świętosławski ogłosił w Polsce po wojnie 63 prace naukowo-badawcze, 18 referatów i artykułów oraz 4 wydawnictwa książkowe — razem 85 pozycji bibliograficznych, nie licząc prac w wydawnictwach zbiorowych oraz licznych patentów. Tymczasem *Piśmiennictwo chemiczne w Polsce Ludowej* podaje tylko 58 pozycji.

Dalej rzuca się w oczy opuszczenie kilku poważnych książek, co jest szczególnie przykre, gdy chodzi o autorów powszechnie znanych i wysoko cenionych w świecie chemicznym. Przykładowo wskazać trzeba brak takich np. pozycji, jak *Zarys historii chemii w Polsce* prof. Wiktora Lampego, wydany w Krakowie w 1948 r. przez Polską Akademię Umiejętności, jak *Maria Skłodowska-Curie i Piotr Curie* prof. Alicji Dorabialskiej, wydane w Warszawie w 1948 r. przez Sp. Wyd. „Wiedza“, jak *Dymitr Mendelejew* prof. Józefa Hurwica, wydane w Warszawie w 1951 r. przez Sp. Wyd. „Czytelnik“, i wielu innych. Z prac zbiorowych nie można znaleźć w bibliografii np. *Kalendarza chemicznego*, wydanego staraniem Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego w roku 1950 w Łodzi, pod redakcją nieodżałowanego prof. Eugeniusza Bergera. Z tłumaczeń opuszczono również wiele ważnych pozycji — nie wspomniano np. ani jednym słowem o tak cennej książce, jak *Dzieje świecy Faradaya*, która w Polsce Ludowej doczekała się licznych masowych wydań.

Sprawa uwzględnionych w bibliografii artykułów z czasopism oraz doboru samych czasopism również budzi poważną troskę. Dużym brakiem i niewygodą dla użytkownika, a podstawowym błędem z punktu widzenia metody naukowej i zwyczajów bibliograficznych, jest brak spisu tytułów i roczników czasopism, które opracowano w bibliografii. Czytelnik został w ten sposób pozbawiony zasadniczej informacji i dopiero po żmudnym przejrzeniu całej książki może się przekonać, że nie uwzględniono w niej wielu czołowych polskich czasopism, jak np. „Nauka Polska“ albo „Problemy“. Skutkiem tego taki np. poważny dział, wyłącznie tylko w „Problemach“ stale prowadzony, jak *Wkład Polaków do nauki* nie został wcale wzięty pod uwagę przy zestawieniu bibliografii.

Nie dość jednak tego. Jedyne polskie czasopismo naukowo-techniczne poświęcone zagadnieniom całego przemysłu chemicznego, mianowicie „Przemysł Chemiczny“, potraktowane zostało w bibliografii wrywkowo i niedokładnie. Jednym z najbardziej rażących przykładów jest sposób uwzględnienia w bibliografii ogłaszanych regularnie w „Przemysle Chemicznym“ artykułów prof. Edmunda Treпки na temat przeobrażeń i osiągnięć światowego przemysłu chemicznego. Artykuły te, opracowywane według jednakowej metody w sposób ciągły — w zasadzie co roku — stanowią niezwykle cenny materiał informacyjny o postępie technicznym, o kierunkach rozwojowych światowej produkcji chemicznej, o nowej technice. Tymczasem bibliografia, zamiast ukazać w pełni nasz dorobek w tej dziedzinie, ogranicza się do wrywkowego zanotowania odpowiednich pozycji za rok 1951 i 1953, a pomija np. lata 1947, 1949, 1950. Jest to również niesłuszne, jak nieusprawiedliwione, użytkownika zaś pozbawia potrzebnej informacji, a nawet wprowadza go w błąd, gdyż wpaja w niego przekonanie, iż opracowań podobnych nie ma za inne lata oprócz tych, które podano w bibliografii.

Dużym błędem jest zresztą niedocenienie w całej bibliografii znaczenia prac techno-ekonomicznych. Nie zostały one ujęte w odrębną grupę tematyczną, co stwarza niesłuszny pozór, że polskie piśmiennictwo chemiczne nie poświęciło dostatecznej uwagi zagadnieniom ekonomiki przemysłu. Ponadto opuszczono wiele podstawowych prac techno-ekonomicznych ogłoszonych w ubiegłym dziesięcioleciu — i to znowu w „Przemysle Chemicznym” — jak np. większość referatów na temat stanu przemysłu chemicznego w różnych krajach zagranicznych, prace na temat udziału kapitału zagranicznego w przedwojennym przemyśle chemicznym, prace na temat zagadnień statystycznych i wiele innych.

Odnosi się wrażenie, że przy opracowywaniu bibliografii nie korzystano z wyczerpujących i umiejętnie zbieranych materiałów Biblioteki Narodowej — Instytutu Bibliograficznego, ogłaszanych systematycznie drukiem w wydawnictwie „Bibliografia Zawartości Czasopism”.

Obok tych zasadniczych błędów i pomyłek, zanotować też można liczne pomniejsze niedociągnięcia, jak np. brak spisu użytych skrótów i objaśnienia ich znaczenia.

Do dodatknych stron *Piśmiennictwa chemicznego w Polsce Ludowej* zaliczyć trzeba przede wszystkim fakt, że większość pozycji zaopatrzona jest w adnotację dotyczącą treści rejestrowanej pracy. Adnotacje te są na ogół dokładne i sumiennie przygotowane, choć i tutaj nie udało się uniknąć pewnych potknięć. Przykładem niewłaściwej adnotacji jest choćby poz. 20, gdzie po tytule: *Podstawy chemii fizycznej* następuje tekst: „podstawowe wiadomości z chemii fizycznej”, który jest niczym więcej niż powtórzeniem tytułu, a dalej informuje się o zatwierdzeniu tego podręcznika do użytku szkolnego. Przy tak ustawionej adnotacji lepiej ograniczyć się do podania samej tylko ostatniej informacji.

Podkreślić należy staranne opracowanie typograficzne całej książki, ładną, czytelną czcionkę, estetyczną, choć skromną okładkę, brak „erraty”. Budzi wątpliwości bardzo niski nakład 1600 egzemplarzy — przy takim nakładzie książka z pewnością od dawna już będzie wyczerpana, zanim ta recenzja ukaże się w druku, gdyż pomimo wykazanych błędów i pomyłek bibliografię w całości uznać należy za pozycję cenną i potrzebną.

Tadeusz Zamojski

Kazimierz Smulikowski, *Minerały skałotwórcze*, str. 360, ryc. 255, Warszawa 1955, Wydawnictwa Geologiczne.

Jak autor podaje we wstępie, książka powyższa stanowi możliwie zwięzły zbiór wiadomości o minerałach skałotwórczych, zgromadzony z punktu widzenia praktyki petrograficznej. Nie podano w niej podstaw teoretycznych dotyczących krystalografii, krystalochemii i krystalofizyki tych minerałów, które nie mają one bezpośredniego i praktycznego znaczenia dla petrografa zajmującego się oznaczaniem składników mineralnych skał. Główny nacisk został położony na te wszystkie cechy i własności, które mogą służyć do rozpoznawania minerałów skałotwórczych i do interpretacji ich sposobu występowania w skałach.

Minerały skałotwórcze są przeznaczone zarówno dla studentów specjalizujących się w petrografii jak i wyszkolonych już pracowników laboratoryjnych zajmujących się badaniem skał. Metody badań petrograficznych zostały omówione z praktycznego punktu widzenia tylko w tym przypadku, gdy pewna grupa minerałów — wskutek swych szczególnych właściwości — wymaga zastosowania w praktyce petrograficznej pewnych specjalnych metod badawczych.

Ze względu na praktyczny charakter książki opisywany materiał podzielił autor na dwie grupy: I — minerały nieprzezroczyste, i — II minerały przezroczyste. Ta druga grupa wielokrotnie większa od pierwszej została podzielona na: A — minerały optycznie izotropowe i B — minerały optycznie anizotropowe, które z kolei autor podzielił na: B₁ — minerały optycznie jednoosiowe i B₂ — minerały optycznie dwuosiowe, dzielące się w zależności od symetrii na minerały rombów jednooskośne, trójskośne. Uzupełnienie książki stanowią dwie tabele służące do wstępnego oznaczania minerałów skałotwórczych.

Opisy poszczególnych minerałów zawierają: 1) nazwę minerału (w przypadkach, gdy polska terminologia znacznie odbiega od oryginalnej, w obcym języku, autor podaje również i nazwę obcą), 2) wzór chemiczny w postaci uzasadnionej krystalochemicznie, nieraz także w postaci sumarycznej lub rozbitej na składniki proste, 3) skład chemiczny z podaniem procentów wagowych poszczególnych składników i domieszek izomorficznych, 4) formę (kształt i pokrój kryształów, najważniejsze ściany, płaszczyzny łupliwości, zbliżniaczenia), 5) własności fizyczne ze szczególnym uwzględnieniem twardości i gęstości, 6) własności optyczne a zwłaszcza te cechy optyczne, które mają znaczenie dla rozpoznania danego minerału, 7) własności optyczne (rozpuszczalność w najprostszych odczynnikach, topienie się itp., o ile mają one praktyczne znaczenie dla rozpoznawania minerałów), 8) wrostki, 9) przeobrażenia (procesy i produkty wtórnych przekształceń pod wpływem powietrza, metasomatozy lub metamorfozy), 10) rozpoznawanie (podanie konkretnych sposobów rozpoznawania z równoczesnym zwracaniem uwagi na podobieństwo z innymi minerałami, mogące niekiedy doprowadzić do mylnych oznaczeń), 11) występowanie w skałach — magmowych, metamorficznych i osadowych. Poza minerałami bardzo pospolitymi autor wymienił występowania minerałów w skałach spotykanych w różnych regionach Polski.

Bardzo szczegółowo i wyczerpująco zostały przez prof. Smulikowskiego opisane minerały pospolite i ważne w petrografii a zwłaszcza skalenie, co jest zrozumiałe wobec dominującej roli tych minerałów wśród innych składników mineralnych. Nie pominięte jednak zostały i minerały rzadsze, które niekiedy tylko w postaci minerałów akcesorycznych występują w skałach.

Chociaż faktyczny materiał zawarty w powyższej książce musiał zostać zaczerpnięty z różnych zagranicznych podręczników treści mineralogicznej i petrograficznej *Minerały skałotwórcze* są książką oryginalną zarówno przez ujęcie i przemysłany dobór zawartej treści jak i opisy wielu minerałów zwłaszcza występujących w skałach na terenie Polski.

Na liczne ilustracje (255) składają się rysunki najbardziej charakterystycznych form kryształów, orientacje optyczne oraz liczne mikrofotografie. Te ostatnie, poza nielicznymi, zostały wykonane na skałach polskich, co podnosi ich wartość i praktyczne znaczenie.

Bardzo staranne opracowanie treści, przejrzysty układ i jasny opis stanowią najważniejsze zalety tego pierwszego praktycznego podręcznika z dziedziny petrografii. Książkę prof. Smulikowskiego można niewątpliwie zaliczyć do najbardziej wartościowych pozycji podręczników, jakie w dziedzinie nauk geologicznych ukazały się w okresie powojennym.

Wydawnictwa Geologiczne dołożyły starań, by ta wartościowa książka otrzymała należytą szatę zewnętrzną.

LIST DO JOASI

Kochana Joasiu!

W tym kolejnym liście chcę opowiedzieć Ci o urodzie ścisłego myślenia, o poezji matematyki. Widzę Twoją zdziwioną twarz. Jak to myślisz sobie zapewne — rachunki, obliczenia, tablice, wykresy, wzory, wszystko, co zdaje się być najbardziej wolne od wzruszeń, co jest dokładnie wyprane z doznań emocjonalnych, miałoby jakiś związek z poezją i pięknem? Jest to rozpowszechniony niestety pogląd profanów. Powiem Ci rzecz szczególną, Joasiu: ten związek istnieje, ale podobnie jak szlachetność frazy muzycznej, uroda myśli jest najbardziej szlachetnym gatunkiem piękna. Poeci opiewali nasze wzruszenia, namiętności i walki, ale żaden nie wznosił się na wyżyny, z których dostrzegłby nieporównywalną z niczym estetykę myślenia, żaden nie opiewał myśli, owego „błysku pomiędzy dwiema wiecznościami śmierci, który jest wszystkim“ (Poincaré). I tylko w muzyce obok przejmujących burz wzruszeniowych, jak Skriabinowska „Ekstaza“, rozlega się głos olbrzyma — Jana Sebastiana Bacha — który pięknem w swojej „Sztuce Fugi“ zdaje się zbliżać do urody myśli.

Napisałem kiedyś, kilkanaście lat temu nowelę; podobnie jak wszystkie inne, miała być ilustracją do teorii determinanty. Nazwałem ją „Ciąg“: jest to opis walki intelektualnej, którą stacza dwóch młodych podchorążych. Więc w tej noweli jeden z podchorążych — Andrzej — stara się wytłumaczyć swemu przyjacielowi Teodorowi, co to są wzruszenia estetyczne w procesach myślowych. Ale w tym miejscu przerwę opowiadanie, aby przytoczyć, co o tym wzruszeniu estetycznym mówi Henryk Poincaré.

„Dziwnym się może wyda powoływanie się na wrażliwość, gdy mówimy o twierdzeniach matematycznych, które, zdawałoby się, wchodzą w zakres jedynie intelektu. Przypomnijmy tedy, że istnieje uczucie piękna matematycznego, harmonii liczb i kształtów, wytworności geometrycznej. Jest ono prawdziwym uczuciem estetycznym, dobrze znanym wszystkim prawdziwym matematykom. I wkracza niewątpliwie w dziedzinę wrażliwości“.

„Kombinacjami użytecznymi są właśnie kombinacje najpiękniejsze, to znaczy te, które zdolne są wywrzeć urok na ową szczególną wrażliwość, znaną wszystkim matematykom, a tak obcą profanom, że często słysząc o niej, tłumić muszą uśmiech“.

„Tak więc wrażliwość estetyczna odgrywa rolę owego subtelного sita i dlatego ten, kto nie jest nią obdarzony, nie będzie nigdy prawdziwym twórcą“.

Właśnie o tym wzruszeniu mówił Andrzej i przytoczył szereg przykładów rozumowań, które wywołują uczucie estetyczności. Andrzej wierzył, że człowiek jest istotą twórczą i niesie w sobie twórczy instynkt, który nazywał determinantą. Andrzej nie powiedział tego wprawdzie, ale wierzył, że to uczucie jest najczystszy i nieskażonym objawem determinanty, i dlatego właśnie, że tak wierzył, powiedział Teodorowi, że to nikle i mało komu znane uczucie jest największą potęgą w czło-

wieku. I bardzo przejęty tą prawdą dodał w uniesieniu coś w tym rodzaju: „trudno nawet wyobrazić sobie, jak straszliwą jest ona potęgą!“ Ale ja myślę, że go Teodor nie zrozumiał.

Więc chcę Ci opowiedzieć dokładnie o jednym z przykładów, które przytoczył. Aby go zrozumieć, nie trzeba umieć więcej z matematyki niż to, czego nauczyli Cię w szkole.

Liczby całkowite są to liczby tworzące ciąg:

$$\dots -5 -4 -3 -2 -1 0 +1 +2 +3 +4 +5 \dots$$

Niektóre liczby rozkładają się na sumę dwóch kwadratów liczb całkowitych np. $10 = 1^2 + 3^2 = 1 + 9$, albo $1 = 0^2 + 1^2$ albo $4 = 2^2 + 0^2$. Liczba ujemna podniesiona do kwadratu daje ten sam wynik co ta sama liczba dodatnia podniesiona do kwadratu, na przykład $(-2)^2 = (+2)^2 = 4$.

Liczby mogą bądź nie rozkładać się wcale na sumę dwóch kwadratów, bądź rozkładać się na kilka sposobów, na przykład

$$1 = 0^2 + 1^2 = 0^2 + (-1)^2 = 1^2 + 0^2 = (-1)^2 + 0^2$$

tj. 1 rozkłada się na 4 sposoby. Natomiast 3 wcale się nie rozkłada na sumę dwóch kwadratów.

Oznaczmy liczbę rozkładów na sumę dwóch kwadratów jakiejś liczby n przez $t(n)$, więc $t(1) = 4$, $t(3) = 0$. Możesz z łatwością sprawdzić $t(n)$ dla pierwszych 10 liczb:

$t(1) = 4$	$t(6) = 0$
$t(2) = 4$	$t(7) = 0$
$t(3) = 0$	$t(8) = 4$
$t(4) = 4$	$t(9) = 4$
$t(5) = 8$	$t(10) = 8$

Wartość $t(n)$ dla kolejnych liczb zmienia się nieprzewidywalnie, nie można dostrzec żadnej reguły, żadnego prawa, według którego liczby te się zmieniają. Z teorii liczb wiadomo w niektórych wypadkach, jaka jest wartość $t(n)$, gdy n posiada pewną formę. Więc na przykład gdy $n = 4k + 1$, wtedy $t(n) = 8$, a gdy $n = 4k + 3$, wtedy $t(n) = 0$. Ale to nam nic nie pomaga, aby dowiedzieć się, według jakiej reguły zmienia się wartość $t(n)$, gdy n rośnie. Żadnej reguły nie ma.

Ale teraz, co się okazuje! Jeżeli dodamy do siebie liczby $t(1)$, $t(2)$, $t(3)$ $t(n)$ — oznaczmy tę sumę przez $T(n)$ — i podzielimy ją przez n :

$$\frac{T(n)}{n} = \frac{t(1) + t(2) + t(3) + \dots + t(n)}{n},$$

to ten iloraz przestaje zachowywać się nieregularnie i gdy n rośnie — dąży po pewnej określonej granicy. Otóż tą granicą jest liczba π , to jest stosunek obwodu koła do jego średnicy!

$$\frac{T(n)}{n} \rightarrow \pi, \text{ gdy } n \text{ rośnie nieograniczenie.}$$

Otóż to jest właśnie uderzające i budzi uczucie estetyczności. Zdawałoby się: co mają wspólnego rozkłady na sumy dwóch kwadratów ze stosunkiem obwodu do jego średnicy? Właśnie to nagłe i nieoczekiwane powiązanie odległych od siebie i obcych rzeczy, ujawnienie związków tam, gdzie by się ich człowiek najmniej spodziewał, wykręcie prawa — gdzie, zdawałoby się, nie ma w ogóle żadnego powiązania — wszystko to budzi zawsze wzruszenie estetyczne.

Ale wróćmy do naszego przykładu. Otóż:

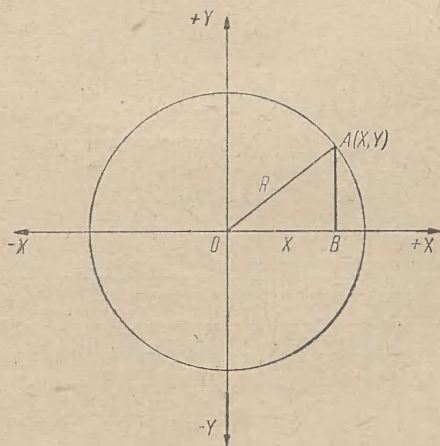
$$\begin{array}{rcl} T(10) = 36 & \frac{T(10)}{10} = 3,6 \\ T(100) = 316 & \frac{T(100)}{100} = 3,16 \\ T(400) = 1256 & \frac{T(400)}{400} = 3,14 \end{array}$$

a jak wiadomo, liczba $\pi = 3,14159265\dots$. Wygląda więc istotnie tak, że $T(n) : n$ zbliża się do π , gdy n rośnie.

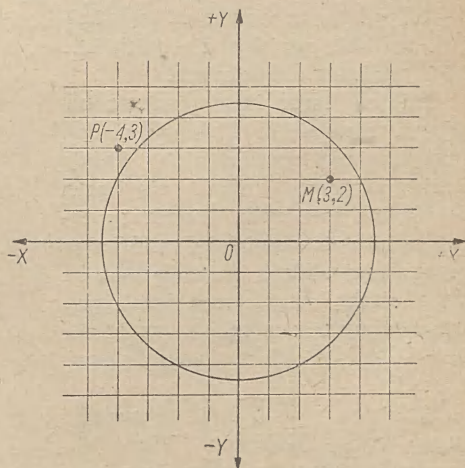
I tak jest naprawdę. Przytoczę zaraz uzasadnienie posługując się zupełnie elementarnym wywodem, który z pewnością będziesz mogła zrozumieć.

Wykreślmy układ współrzędnych (xy) , których środek jest w punkcie 0. Ze środka 0 zakreślmy koło o promieniu R . Pamiętajsz niewątpliwie ze szkoły twierdzenie Pytagorasa, że w trójkącie prostokątnym OAB (patrz rys. 1)

$$\overline{OB}^2 + \overline{BA}^2 = \overline{OA}^2.$$



Rys. 1.



Rys. 2.

Oznaczmy współrzędne punktu A przez (xy) . Współrzędna x jest to odległość A od osi y , a współrzędna y to odległość punktu A od osi x . Wobec tego

$$\begin{array}{l} \overline{OB} = x, \overline{AB} = y, \overline{OA} = R, \\ x^2 + y^2 = R^2 \end{array} \quad (1)$$

Jakikolwiek punkt weźmiesz na kole, zawsze dla jego współrzędnych zachodzi równanie (1). Dlatego to równanie nazywa się równaniem koła. Jeżeli R jest jego promieniem, w takim razie pole tego koła równa się πR^2 .

Przejdźmy teraz do rys. 2 i odłóżmy wzdłuż osi x na prawo odcinki $+1, +2, +3, \dots$ i na lewo odcinki $-1, -2, -3, \dots$. Podobnie na osi y , do góry odcinki $+1, +2, +3, \dots$ i do dołu odcinki $-1, -2, -3, \dots$. Poprowadźmy przez te punkty proste równoległe do osi x i do osi y . Przyjrzyj się punktom leżącym w oczkach tej siatki, która tworzą równoległe linie. Punkt M na przykład będzie odległy o $(+2)$ odcinki od osi x i o $(+3)$ odcinki od osi y , jego współrzędne będą więc $(3, 2)$. Inny punkt P odległy jest od osi x o $(+3)$ odcinki a od osi y o (-4) odcinki, jego współrzędne są więc $(-4, 3)$. Kwadrat

odległości od środka punktu M będzie $2^2 + 3^2 = 13$, dla punktu P będzie $(+3)^2 + (-4)^2 = 25$. Każdy punkt siatki przedstawia więc pewną liczbę, a jego spórzędne dają rozkład tej liczby na sumę dwóch kwadratów.

Oznaczmy R^2 przez n . Dla wszystkich punktów, leżących na kole zachodzi równanie

$$x^2 + y^2 = n,$$

ale dla punktów leżących wewnątrz koła suma $x^2 + y^2$ będzie oczywiście mniejsza niż R^2 , tj. mniejsza niż n

$$x^2 + y^2 < n \quad (\text{znak } < \text{ oznacza — mniejszy}).$$

Punkty położone na kole i wewnątrz koła przedstawiają więc wszystkie rozkłady na sumę dwóch kwadratów dla wszystkich liczb mniejszych od n i dla samego n , tj. dla wszystkich liczb $1, 2, 3, \dots, n$. Ale ponieważ liczbę rozkładów liczby n oznaczyliśmy przez $t(n)$, więc liczba punktów wewnątrz koła równa się w przybliżeniu sumie

$$T(n) = T(1) + t(2) + t(3) + \dots + t(n).$$

Na przykład $T(400) = 1256$; jeżeli zakreślimy koło o promieniu $R = 20$ (wtedy $n = R^2 = 400$), to wewnątrz tego koła i na kole znajdzie się dokładnie 1257 punktów siatkowych.

Zrobimy teraz inny rysunek, na którym równoległe linie poprowadzimy w ten sposób, ażeby każdy punkt siatkowy znalazł się teraz w środku kwadratu. Kwadraty te — są takiej samej wielkości co w poprzedniej siatce. Łatwo widać, że nową siatkę otrzymamy, jeżeli poprowadzimy równoległe w punktach $(0,5), (1,5), (2,5), (3,5), \dots$ wzdłuż osi x i osi y .

Każdemu punktowi odpowiada teraz pole kwadratu. Wszystkie kwadraty leżące wewnątrz koła i na kole, razem wzięte, mają więc powierzchnię równą w przybliżeniu powierzchni koła. Tylko na obwodzie niektóre kwadraciki będą wylażały poza obręb koła. Ale im koło będzie większe, tym naturalnie dokładność będzie większa, tj. mniejsze znaczenie będą miały te wylażące kwadraciki w stosunku do powierzchni koła.

Teraz już wszystko jest jasne. $T(n)$, tj. liczba rozkładów na sumę dwóch kwadratów wszystkich liczb od 1 do n — równa się w przybliżeniu polu koła o promieniu R .

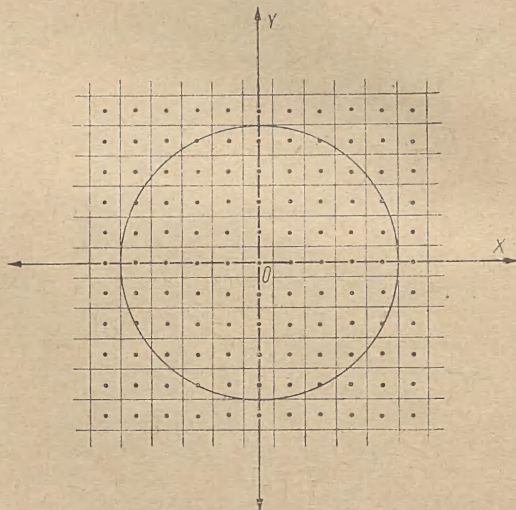
$$T(n) = \pi R^2,$$

ale ponieważ oznaczyliśmy R^2 przez n , więc

$$T(n) = \pi \cdot n$$

skąd wynika, że

$$\frac{T(n)}{n} = \pi.$$



Rys. 3.

Jest to równość przybliżona, ale tym dokładniejsza, im większe jest n , i gdy n rośnie nieograniczenie, wtedy stosunek $T(n)$ do n zbliża się nieograniczenie do π , tj. do stosunku obwodu koła do jego średnicy. Więc jeżeli się chce być ścisłym, trzeba napisać tak:

$$\frac{T(n)}{n} \rightarrow \pi \text{ gdy } n \rightarrow \infty$$

gdzie symbol ∞ oznacza nieskończoność.

Napisz mi, Joasiu kochana, czy to wszystko jest zrozumiałe. Jeżeli jest trudne, to zapewniam Cię, że warto trochę się pomęczyć, żeby to zrozumieć. Więc napisz mi, jak poszło. I pokaż to Zosi, bo to i dla niej powinno być zrozumiałe, a ciekawe będzie na pewno.

Hej, serce moje! Mocno Cię ściskam i całuję.

Twój ojciec

T R E S Ć

<i>Kazimierz Maślankiewicz — Georgius Agricola</i>	107
<i>Janusz W. Ostrowski — Antoni Bolesław Dobrowolski</i>	125
<i>Marian Mięslowicz — Zapotrzebowanie surowców energetycznych a zagadnienie energii atomowej</i>	149
<i>Olgiard Wołczek — Uwagi o izotopach</i>	157
<i>Krystyna Pożaryska — Co wiemy o szelfie i stoku kontynentalnym</i>	161

KRONIKA NAUKOWA

<i>Bogusław Bobrański — XIV Kongres Międzynarodowy Chemii Czystej i Stosowanej oraz XVIII Konferencja Międzynarodowej Unii Chemii Czystej i Stosowanej w Zurychu</i>	180
<i>Tadeusz Skaliński — Dwie konferencje optyczne (Toruń i Weimar)</i>	183
<i>Lech Stolarczyk — Konferencja Elektrochemiczna</i>	193
<i>Kazimierz Maślankiewicz — Uroczystości jubileuszowe w 400 rocznicę śmierci Georgiusa Agricoli</i>	196

RECENZJE

<i>Janusz Dąbrowski — W. Rubinowicz, i W. Królikowski, „Mechanika teoretyczna“</i>	198
<i>Tadeusz Zamoyski — „Piśmiennictwo chemiczne w Polsce Ludowej“</i>	199
<i>Kazimierz Maślankiewicz — K. Smulikowski, „Minerały skałotwórcze“</i>	201

MISCELLANEA

<i>List do Joasi</i>	203
--------------------------------	-----

Cena zł 12.-