

Polskie Towarzystwo Przyrodników
im. KOPERNIKA

KOSMOS

Seria B
PRZYRODA NIEOŻYWIONA



ROK VI

ZESZYT 1 (21)

WARSZAWA 1960

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

POLSKIE TOWARZYSTWO PRZYRODNIKÓW
im. KOPERNIKA

K O S M O S

Seria B: PRZYRODA NIEOŻYWIONA



ROK VI

WARSZAWA 1960

ZESZYT 1 (21)

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE

KOMITET REDAKCYJNY

Józef Hurwic, Leopold Infeld, Kazimierz Maślankiewicz,
Roman Żelazny

Adres redakcji: Warszawa, ul. Hoża 69

PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE
WARSZAWA, UL. MIODOWA 10

Nakład 708 + 122	Oddano do składania 18.XII.59 r.
Ark. wyd. 7 druk, 5,25 + 0,25 + 0,75 wkl.	Podpisano do druku 17.III.60 r.
Papier druk. sat.kl. III, 80 g 70 × 100 V kl.	Druk ukończono w marcu 1960 r.
Cena zł 15.—	Zam. 13 60 C.22.

Warszawska Drukarnia Naukowa, W-wa, Śniadeckich 8

Grzegorz Białkowski

MEZONY K

1. WSTĘP

Historia badań nad mezonami K jest bardzo krótka. Pierwsze doniesienie naukowe dotyczące obserwacji nowych nietrwałych cząstek, które zapoczątkowało te badania, pochodzi z 1947 r. Autorami doniesienia byli fizycy angielscy Rochester i Butler. Trzeba też zaznaczyć, że początkowo postęp w badaniach nad owymi cząstkami nie był tak szybki, jakby sobie tego, być może, można było życzyć, i że dopiero rok 1949, a właściwie nawet 1950 przyniósł stopniową poprawę sytuacji.

Wstępne doniesienia dotyczyły obserwacji w komorze Wilsona śladów jonizujących (a więc naładowanych elektrycznie) cząstek, które to ślady miały kształt mniej lub bardziej podobny do litery V. W związku z tym wszystkie zaobserwowane zdarzenia tego typu nazwano zdarzeniami V. Już pierwsze obserwacje w 1947 r. wskazywały, że istnienie tego rodzaju śladów można było interpretować dwojako: (a) jako rozpad cząstki obojętnej elektrycznie na dwie cząstki naładowane (oczywiście ładunkami o przeciwnym znaku) i, ewentualnie, na pewną ilość nie zarejestrowanych przez przyrządy cząstek pozbawionych ładunku, oraz (b) jako rozpad cząstki naładowanej elektrycznie na pewną ilość cząstek-produktów, wśród których, obok nieznaney bliżej ilości cząstek obojętnych, była też jedna cząstka naładowana.

Dalsze badania prowadzone głównie przy pomocy techniki emulsji jądrowych oraz komór — z początku komór Wilsona, potem komór pęcherzykowych — pozwoliły na ustalenie dwu podstawowych faktów. Po pierwsze okazało się, że wszystkie zdarzenia V można podzielić na dwie grupy; jedna z nich obejmuje zdarzenia charakteryzujące się tym, że podczas rozpadu emitowany jest jeden nukleon (proton lub neutron), druga zaś, przeciwnie, takie, że wśród produktów rozpadu znajdują się tylko cząstki lżejsze od nukleonów, głównie mezony π . Z rozważań energetycznych wynika od razu, że pierwsze zdarzenia odpowiadają rozpadom cząstek o masie większej od masy nukleonów (cząstki te wkrótce nazwano hiperonami), a mianowicie przekraczającej w każdym razie wartość $2000 m_e$ (m_e — masa elektronu; przypominamy że masa protonu wynosi około $1836 m_e$, a masa neutronu jest mniej więcej o $2 m_e$ większa). Drugie natomiast zdarzenia odpowiadają rozpadom cząstek o masie pośredniej między masą elektronu i masą protonu. Cząstki takie przywykło się nazywać mezonami. W r. 1947 znano już dwa rodzaje mezonów — mezony μ i mezony π . Masy tych cząstek równe są w przybliżeniu: $m_\mu \cong 210 m_e$ zaś $m_\pi \cong 270 m_e$. Nowo odkryte mezony nie należały jednak do żadnego

z tych dwu rodzajów, co było widać już stąd, że zarówno mezony μ , jak i mezony π zawierały się wśród ich produktów rozpadu. I rzeczywiście, okazało się wkrótce, że masy nowych mezonów są rzędu $1000 m_e$, ściślej rzędu $965 m_e$. Cząstki te wkrótce zaczęto nazywać mezonami K .

Drugi podstawowy fakt dotyczył ilości i rodzaju produktów rozpadu mezonów K . Okazało się przede wszystkim, że wśród zdarzeń V przeważają rozpady dwucząstkowe, choć niekiedy natrafiano też na rozpady na trzy cząstki. Wśród produktów obserwowanych rozpadów (mówimy o mezonach K) występuje zawsze co najmniej jedna cząstka naładowana. Wprowadzono więc specjalną nomenklaturę dla zaznaczenia, o jaki w konkretnym wypadku rozpad chodzi. Piszemy więc np. $K_{\pi 2}$ dla zaznaczenia, że chodzi tu o rozpad mezonu K na dwie cząstki, z których jedną (naładowaną) zidentyfikowano jako mezon π . Piszemy się np. K_3 , gdy się chce zaznaczyć, że ma się na myśli rozpad mezonu K na trzy cząstki, z których jedną (naładowaną) zidentyfikowano jako elektron, a dwie pozostałe są nienaładowane i — mamy nadzieję — tylko do czasu nieznane.

Drugi akt badań nad mezonami K rozpoczął się w r. 1949. W roku tym Brown i inni fizycy z grupy Powella w Bristolu zaobserwowali po raz pierwszy nieznaną dotąd ślad w emulsji jądrowej, który zresztą, jak się początkowo wydawało, nie miał nic wspólnego ze śladami zdarzeń V . Był to ślad, przypominający jakby kurzą łapkę; cząstka naładowana porusza się w emulsji aż do zatrzymania się, po czym rozpada się na trzy cząstki naładowane. Wkrótce przekonano się, że wszystkie te trzy cząstki są mezonami π . Analiza obserwacji tego rodzaju doprowadziła też do wniosku, że chodzi tu o rozpad cząstki o masie bliskiej $1000 m_e$, a ściślej — $965 m_e$, a więc w przybliżeniu równej masie mezonów K . Nazwano ją mezonem τ . Wobec tego, że wszystkie cząstki — pierwotna (mezon τ) i produkty (mezony π) były cząstkami naładowanymi, zjawiska takie można było stosunkowo łatwo analizować i wkrótce mezon τ stał się jedną z lepszych znanych cząstek.

2. ROZPADY MEZONÓW K

Badania nad mezonami K dostarczały coraz to nowych informacji dotyczących tych cząstek. Badania te szły między innymi w kierunku: (a) określenia, jakie są możliwe schematy rozpadu mezonów K ; (b) wyznaczenia czasów życia mezonów rozpadających się wedle określonego schematu; (c) wyznaczenia mas tych mezonów. Wszystko to razem, obok badania takich cech zdarzeń V , jak rozkład kątowy cząstek produktów, mogło służyć określeniu z iloma i jakimi mezonami K mamy do czynienia.

Jeśli idzie o punkt (a), to przekonano się, że możliwych schematów rozpadu jest bardzo wiele. Wymienimy tu niektóre, jak się zdaje najważniejsze (najczęstsze). A więc np. mezony naładowane dodatkowo mogą się rozpadać w następujący sposób:

$$K_{\pi 2}^+ = \Theta^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0, \quad (1)$$

$$K_{\mu 3}^+ \rightarrow \mu^+ + \pi^0(?) + \nu(?), \quad (2)$$

$$K_{e 3}^+ \rightarrow e^+ + \text{dwie nieznane cząstki nienaładowane elektrycznie}, \quad (3)$$

$$K_{\mu 2}^+ \rightarrow \mu^+ + \nu. \quad (4)$$

Jeśli się tu doda jeszcze dwa znane przykłady rozpadów:

$$\tau^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^+ + \pi^-, \quad (5)$$

$$\tau'^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0 + \pi^0, \quad (6)$$

to otrzyma się imponującą liczbę sześciu schematów rozpadu dla samego tylko mezonu K^+ . (W powyższych wzorach K oznacza oczywiście mezon K , π — mezon π , μ — mezon μ , ν — neutrino, e — elektron, zaś $+$, $-$, występujące w postaci wskaźników u góry po prawej stronie odpowiednich liter charakteryzują ładunek danej cząstki). Powstaje pytanie, czy każdy taki schemat rozpadu należy kojarzyć też z odrębną cząstką, czy też, przeciwnie, są to tylko rozmaite rozpady tej samej cząstki.

Podobnie też dla nienaładowanych mezonów K^0 istnieje kilka możliwych schematów rozpadu, wśród których na plan pierwszy wysuwa się obserwowany rozpad

$$K^0 = \Theta \rightarrow \pi^+ + \pi^-. \quad (7)$$

Nie jest wykluczone, że pewna ilość możliwych rozpadów cząstek obojętnych elektrycznie umyka naszej uwadze, jeśli (co się a priori oczywiście nie da wykluczyć) wszystkie cząstki-produkty nie są naładowane. Można by tu na przykład wymienić rozpad

$$K^0 = \Theta \rightarrow \pi^0 + \pi^0.$$

Nieco może oporniej posuwają się badania nad mezonami K^- , gdyż jak będziemy o tym mówić za chwilę, mezony te chciwie oddziałują z materią jądrową (neutronami i protonami), przy którym to oddziaływaniu często giną, a na ich miejsce pojawia się para hiperon — mezon π (pion). Oczywiście utrudnia to badanie rozpadów mezonów K^- , gdyż cząstki te oddziałują z nukleonami, zanim się zdążą rozpaść. Stwierdzono jednak i tu występowanie reakcji typu (1) — (6), np.

$$K_{\pi_2}^- = \Theta^- \rightarrow \pi^- + \pi^0. \quad (1')$$

Tak więc schematów rozpadu mezonów K jest bardzo wiele i nie jest w zasadzie wykluczone, że w dalszym ciągu będzie się wykrywać jeszcze inne ich przykłady. Zaobserwowano już rozpad typu

$$\Theta^+ \rightarrow \pi^+ + \pi^0 + \gamma. \quad (8)$$

Reakcji (8) nie umieściłem jednak wśród reakcji (1) — (6), ponieważ interpretacja jej jest jeszcze wątpliwa. Nie wiadomo bowiem, czy foton (oznaczony w (8) literą γ) jest emitowany w samym akcie rozpadu mezonu K^+ , czy też nieco później, na przykład przez naładowany pion.

Ważną informacją dla fizyka jest też względna częstość występowania poszczególnych schematów rozpadu. Znając tę częstość można próbować wysnuwać jakieś wnioski, co do charakteru i natężenia oddziaływań wiodących do rozpadu mezonów K .

Może powstać zaznaczone już wyżej pytanie, dlaczego całą grupę bądź co bądź odmiennych zjawisk łączymy ze sobą razem i nadajemy im wspólną nazwę rozpadów mezonów K .

Odpowiedzi na to pytanie można udzielić rozpatrując punkty (b) i (c), przedstawione na początku tych rozważań. Okazuje się bowiem, że jeśli idzie zarówno o masy mezonów K , jak też i o ich czasy życia, to są one sobie równe (dla ustalonego ładunku cząstki) w granicy małych już obecnie błędów doświadczalnych. Mianowicie masy wszystkich mezonów K równają się, jak już mówiliśmy, około $965 m_e$, zaś ich średnie czasy życia (dla cząstek naładowanych dodatnio) są rzędu 10^{-8} sek, podczas gdy dla mezonów K^0 (reakcja 7) czas ten wynosi 10^{-10} sek. Wreszcie analiza rozkładów kątowych produktów rozpadu (obok innych jeszcze badań) prowadzi do wniosku, że wszystkie mezony K (naładowane elektrycznie i pozbawione ładunku) mają ten sam spin („wewnętrzny” moment pędu) równy zeru.

Wszystkie te fakty razem wzięte przemawiałyby raczej za uznaniem wszystkich mezonów K (o danym ładunku) za tę samą cząstkę, dla której (w przypadku mezonu K^+) reakcje (1) — (6) stanowią tylko różne sposoby rozpadu, mniej czy bardziej prawdopodobne. Uzyskanie pewności pod tym względem jest jednak możliwe dopiero po zbadaniu także innych naszych wiadomości o mezonach K . Szczególnie zaś ważne są informacje dotyczące powstawania tych cząstek.

3. POWSTAWANIE MEZONÓW K

Przy badaniu reakcji tworzenia się mezonów K natknięto się na pewną ich cechę bardzo charakterystyczną i początkowo przynajmniej bardzo zagadkową. Nie można zresztą powiedzieć, by problem, o którym chcę mówić teraz, był już w stu procentach wyjaśniony.

Okazało się mianowicie, że nowe cząstki, czyli, jak je wkrótce zaczęto nazywać, „dziwne cząstki“, do których zaliczają się obok mezonów K także hiperony (znamy obecnie hiperony Λ , Σ i Ξ różnią się one od siebie masami), powstają zawsze parami. Oczywiście mam tu na myśli takie reakcje tworzenia się tych cząstek, w których dochodzi do reakcji w chwili początkowej między cząstkami „dawnymi“, niemal już „klasycznymi“, jak mezony π i nukleony. Wypowiedziana powyżej zasada zwana „zasadą łącznej produkcji“ wymaga jednak pewnego komentarza. Nie jest bowiem prawdą, że może nastąpić reakcja

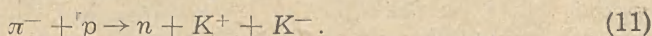
$$\pi^- + p \rightarrow K^- + \Sigma^+ \quad (9)$$

(gdzie Σ^+ oznacza jeden z hiperonów Σ), natomiast obserwuje się ciągle reakcję

$$\pi^- + p \rightarrow K^+ + \Sigma^- \quad (10)$$

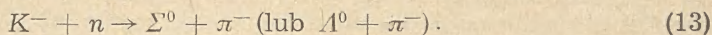
Istnieje więc pewna asymetria w zachowaniu się mezonów K^+ i K^- , asymetria, której się nie obserwuje w przypadku mezonów π^+ i π^- . Uprzywilejowuje ona co najmniej w niskich energiach tworzenie się tych pierwszych cząstek (K^+) w porównaniu z drugimi (K^-). Podobnie w zderzeniu $\pi^- + n$ (n oznacza neutron) nie może powstać para $K^- \Lambda^0$, czy też $K^- + \Sigma^0$. Może natomiast zajść w zderzeniu $\pi^+ + n$ reakcja prowadząca do powstania pary $K^+ + \Lambda^0$ czy też $K^+ + \Sigma^0$. W rezultacie, jeśli zderzające się cząstki — mezon π i nukleon mają niezbyt dużą energię, obserwuje się tworze-

nie wyłącznie mezonów K^+ . Mezony K^- natomiast mogą powstawać w zderzeniu takim w wyniku następującej na przykład reakcji

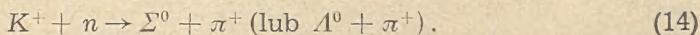


Ponieważ masa mezonu K znacznie przewyższa masę pionu, bardziej niż masa hiperonu Σ przewyższa masę nukleonu, zderzające się cząstki muszą mieć dużą energię kinetyczną ruchu względnego, na koszt której tworzona jest masa „spoczynkowa” cięższych cząstek.

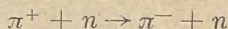
Z przeciwną sytuacją mamy do czynienia, gdy badamy nie tworzenie się, lecz oddziaływanie mezonów K z nukleonami. Jak już wspominałem, mezony K^+ w zderzeniu z nukleonami na ogół nie giną, by dać życie hiperonom, to znaczy podczas takich zderzeń zachowują się jak cząstki trwałe. Natomiast K^- często giną w zderzeniu z nukleonami, gdyż zachodzi wówczas na przykład następująca reakcja:



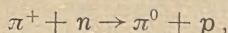
Odpowiednia reakcja dla mezonów K^+ nie zachodzi. Nie jest więc prawdą, że



Sformułowanie zasady łącznej produkcji oraz równoległej zasady dotyczącej oddziaływania mezonów K z nukleonami miało przełomowe znaczenie dla teorii dziwnych cząstek. Łatwo bowiem zrozumieć, że skoro nie są możliwe reakcje (9) czy też (14), możliwe są zaś reakcje (10) i (13), to musi istnieć pewne prawo, które może mieć charakter prawa zachowania analogiczny powiedzmy do prawa zachowania ładunku, które zakazuje reakcji nie występujących w przyrodzie, pozwala zaś, by istniały wszystkie inne reakcje. Podobnie np. prawo zachowania ładunku elektrycznego zabrania reakcji



(gdyż w reakcji tej ginałby jeden ładunek dodatni, a pojawiał się za to jeden ładunek ujemny), natomiast dopuszcza istnienie reakcji



rzeczywiście występującej w przyrodzie.

Ow nowy „ładunek” charakteryzujący jakby „dziwność” cząstek dziwnych nazwano właśnie dziwnością („strangeness” po angielsku). Aby uzyskać zgodność z faktami doświadczalnymi, wystarczy:

- (a) przypisać strangeness $S=0$ wszystkim cząstkom dawnym („klasycznym”), a więc mezonom π i nukleonom,
- (b) przypisać hiperonom Λ i Σ strangeness $S=-1$ (wybór znaku oczywiście dowolny, byle następował konsekwentnie),
- (c) przypisać również mezonom K^- strangeness $S=-1$,
- (d) przypisać mezonom K^+ strangeness $S=+1$.

Następnie trzeba już tylko zażądać, by podczas każdej reakcji wiodącej do tworzenia się lub rozpraszania ciężkich cząstek (a więc mezonów π i K , nukleonów i hiperonów) wielkość S nie ulegała zmianie. Dla przykładu podczas reakcji (10) łączna wartość S przed reakcją wynosi 0 i po

reakcji także 0; świadczy to o tym, że reakcja jest dozwolona ($S(K^+) + S(K^-) = +1 - 1 = 0$). Podobnie w reakcji (13) S równe jest zarówno przed, jak i po reakcji -1 . Natomiast w reakcji (14) wartość S przed reakcją równałaby się $+1$, a po reakcji -1 . Zgodnie ze sformułowaną przed chwilą zasadą dotyczącą zachowania S reakcja ta jest zabroniona.

Powstaje jeszcze pytanie, co począć z mezonami K^0 . Wiadomo o nich, że występują one w reakcjach zarówno typu (10):



jak i typu (13):



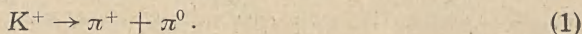
Naturalną jest więc rzeczą przyjąć, że w rzeczywistości istnieje nie jeden, lecz dwa rodzaje mezonów K^0 . Jedne z tych mezonów, a mianowicie te, które biorą udział w reakcji (15), muszą być spokrewnione z mezonem K^+ i mieć strangeness $S = +1$. Drugie zaś, występujące w (16), winny być kuzynami mezonów K^- i mieć $S = -1$. Dla odróżnienia od pierwszych, „zwykłych“ mezonów K^0 , nazywamy je mezonami anty- K^0 i oznaczamy przez $\bar{K}^0$. W ten sposób zasada łącznej produkcji uogólniona do zasady zachowania strangeness w silnych oddziaływaniach rzuca światło na problem mezonów K . Z punktu widzenia tej zasady, powtórzmy, istnieją dwie grupy po dwa mezony K (dwa dublety mezonów K), przy czym poszczególne cząstki w grupie różnią się ładunkiem, a poszczególne grupy przede wszystkim wartością strangeness.

Zasada zachowania strangeness i schemat klasyfikacyjny ciężkich cząstek, który jest dziełem uczonych amerykańskich Gell-Manna i Paisa, oraz, niezależnie, fizyka japońskiego, Nishijimy, ma o wiele rozleglejsze konsekwencje od tych, które tu mogliśmy omówić. Powrócimy do nich jednak jeszcze poniżej* omawiając oddziaływanie mezonów K z nukleonami.

4. HIPOTEZA GELL-MANNA I PAISA MEZONY K^0 KRÓTKO- I DŁUGOŻYCIOWE

Strangeness, w przeciwieństwie do ładunku elektrycznego, nie jest jednak bezwzględną stałą ruchu. Znaczy to że istnieją takie oddziaływania, które prowadzić mogą do zmiany S . Oddziaływania takie nazywamy oddziaływaniami słabymi. Nazwa ta bierze się stąd, że procesy, które zachodzą wskutek takich właśnie oddziaływań, trwają przez stosunkowo długi czas, przebiegają powoli, niezbyt energicznie. Zaznaczamy, że oddziaływania te powodują też rozpady mezonów K . Średnie czasy życia, jak już mówiliśmy, wahają się tu w granicach od 10^{-8} sek do 10^{-10} sek. Tymczasem oddziaływania silne, warunkujące procesy takie, jak na przykład tworzenie się dziwnych cząstek czy też ich rozpraszania, zachodzą prawie natychmiast, tj. w czasie rzędu co najwyżej 10^{-22} sek. Ten gwałtowny, szybki przebieg omawianych procesów uzasadnia nadaną silnym oddziaływaniom ich nazwę.

Weźmy np. reakcję



Tu strangeness $S(K^+) = +1$, $S(\pi^+) = S(\pi^0) = 0$. A więc zachodzi tu zmiana strangeness o 1. Podobna zmiana zachodzi też podczas reakcji (7):



przy czym mamy wszelkie powody, by sądzić, że po lewej stronie wzoru (7) może występować także cząstka $\bar{K}^0$ (anty- K^0), czyli że możliwa jest też reakcja



Gell-Mann i Pais wyciągnęli z powyższego faktu nieoczekiwane na pozór konsekwencje. Założyli oni mianowicie, że zarówno mezon K^0 , jak i $\bar{K}^0$ nie są cząstkami rzeczywiście indywidualnymi, lecz jedynie zlepkami czy też mieszanekami dwu innych cząstek, które oznaczyli oni przez K_1^0 i K_2^0 . Aby wyjaśnić genezę tego pomysłu, musimy powiedzieć coś o sprzężeniu ładunkowym (zwanym też niekiedy sprzężeniem cząstka-antycząstka). Sprzężenie to jest to taka operacja wykonywana na wielkości opisującej stan cząstki, a więc funkcji falowej tej cząstki, która tę funkcję przemienia w funkcję odpowiedniej antycząstki. I tak np. sprzężenie ładunkowe działające na funkcję falową protonu przeprowadza ją w funkcję falową antyprotonu — i na odwrót. Podobnie też operacja ta w działaniu na funkcję falową mezonu K^0 (oznaczymy ją przez a) przemienia ją w funkcję falową anty- K^0 (tę wielkość oznaczymy przez b).

Jeśli jednak dana cząstka nie ma antycząstek, to można jej przypisać taką funkcję falową, która przechodzi pod działaniem sprzężenia ładunkowego w samą siebie, z ewentualną zmianą znaku. Tak na przykład jest z mezonem π^0 , którego funkcja falowa przechodzi w samą siebie, czy też z fotonem, którego funkcja falowa zmienia przy sprzężeniu ładunkowym tylko swój znak. W takich wypadkach mówimy, że dana cząstka ma określoną parzystość ładunkową — dodatnią lub ujemną.

Utwórzmy teraz z wielkości a i b dwie następujące kombinacje: $a+b$ i $a-b$. Łatwo sprawdzić, że ponieważ $a \rightarrow b$, $b \rightarrow a$, to $a+b \rightarrow a+b$, $a-b \rightarrow -(a-b)$. Tak więc kombinacje te odpowiadają cząstkom o przeciwnej parzystości ładunkowej. Te właśnie cząstki Gell-Mann i Pais ozna- czyli przez K_1^0 i K_2^0 . Konsekwencją tego stanu rzeczy jest według Gell-Manna i Paissa, że mezony K_1^0 i K_2^0 mają zupełnie inne schematy rozpadu. A więc skoro K_1^0 rozpada się (umówmy się tak) na dwa mezony, to nie może się w podobny sposób rozpadać mezon K_2^0 . Wynika to z postulowanego przez Gell-Manna i Paissa prawa zachowania parzystości ładunkowej. Podstawa ta, jak się okazało w dwa lata później, była krucha, gdyż prawo to nie jest słuszne w słabych oddziaływaniach, ale mimo to wnioski Gell-Manna i Paissa można było umotywować inaczej, co też zrobili Lee, Oehme i Yang w r. 1957.

Ponieważ określony czas życia wiąże się zawsze z określonym schematem rozpadu, więc można było oczekiwać, że mezony K_1^0 i K_2^0 będą miały odmienne średnie czasy życia. Były mianowicie podstawy do przypuszczenia, że mezon $K_1^0 (\rightarrow \pi^+ + \pi^-)$ ma krótszy średni czas życia od mezonu K_2^0 . Na tej podstawie Pais i Piccioni zaprojektowali eksperyment, który w pełni potwierdził hipotezę Gell-Manna i Paissa.

Eksperyment ten miał polegać na wytworzeniu w reakcjach

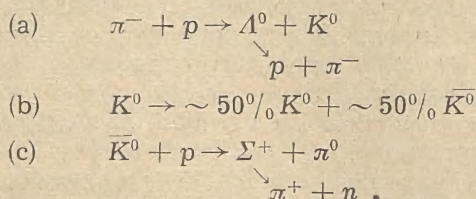
$$\left. \begin{aligned} \pi^- + p &\rightarrow K^0 + \Lambda^0 \text{ (lub } \Sigma^0) \\ \pi^- + n &\rightarrow K^0 + \Sigma^- \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

wiązki mezonów K^0 (na pewno o strangeness $S = +1$). Wiązka ta biegnąc w komorze Wilsona ulegałaby zmianom wskutek tego, że zachodziłyby rozpady (zwykle najczęstsze)

$$K^0 \rightarrow \pi^+ + \pi^- \quad (7)$$

Ale rozpadom takim, wedle Gell-Manna i Paisa, ulegają tylko mezony K_S^0 . Po pewnym czasie w wiązce mezonów K^0 pozostaną więc głównie mezony K_L^0 ; mezony te nie ulegają rozpadowi wedle wzoru (7), wobec czego reakcja ta ustanie. Mezony K_S^0 składają się zaś z kolei zarówno z mezonów K^0 , jak i mezonów $\bar{K}^0$. Te ostatnie oddziałują energicznie (podobnie jak mezony K^- , gdyż mają strangeness $S = -1$) z nukleonami. Jeśli się więc tę wiązkę mezonów K^0 przepuści z kolei przez płytę ołowianą, gęsto „upchaną“ nukleonami, to w płycie tej ulegnie osłabieniu składowa K^0 (wskutek reakcji na przykład $\bar{K}^0 + p \rightarrow \Sigma^+ + \pi^0$) i płytę opuści tylko składowa K^0 . Po przejściu płyty znów pojawią się więc charakterystyczne rozpady (7).

Wykonane doświadczenie zakończyło się pełnym sukcesem; w pełni potwierdziło ono hipotezę Gell-Manna i Paisa. Co więcej, znamy już obecnie bezpośredni dowód tej hipotezy w postaci zdjęć z komory Wilsona obrazujących następujący ciąg zachodzących po sobie reakcji



Etap (b) powyższego ciągu reakcji nie jest bezpośrednio obserwowany. Musi on jednak zachodzić, jeśli po reakcji (a) następuje reakcja (c). Tak więc hipoteza Gell-Manna i Paisa jest już w tej chwili potwierdzona eksperymentalnie. Nie znamy jednak jeszcze dokładnie średniego czasu życia długożyciowego mezonu K_S^0 . Jak przewidują Gell-Mann i Pais, różnice mas między oboma mezonami K_S^0 i K_L^0 są bardzo małe.

5. MEZONY K A ZACHOWANIE PARZYSTOŚCI

W r. 1956 i 1957 dokonano w fizyce szeregu sensacyjnych odkryć, które zmieniły w wielu miejscach jej obraz, jaki się wytworzył przed dwudziestu czy nawet trzydziestu laty, w czasie, kiedy się formowała mechanika kwantowa. Obraz ten zresztą do niedawna uważany był niemal za niewzruszony i nie sądzono, by któreś z fundamentalnych, jak się zdawało, praw przyrody, mogło się okazać w najmniejszym choćby stopniu niesłuszne. W tym wypadku chodziło o zasadę zachowania parzystości

(przestrzennej), której słuszność została podważona przez Lee i Yanga w drodze teoretycznej; w kilka miesięcy później wątpliwości Lee i Yanga zostały potwierdzone na drodze eksperymentalnej.

Mezony K odegrały i tu poważną rolę. Można bowiem powiedzieć, że badania nad tymi mezonami były decydującym bodźcem dla Lee i Yanga zniewalającym ich do zakwestionowania zasady zachowania parzystości.

Przypomnimy tu kilka podstawowych pojęć z omawianej dziedziny. Jak wiemy, pojęcie parzystości (przestrzennej) wiąże się ściśle z transformacją inwersji. Inwersja jest to operacja polegająca na zmianie kierunku wszystkich trzech osi współrzędnych układu kartezjańskiego, czyli na zmianie znaku wszystkich trzech współrzędnych. Jeśli taką operację zastosujemy do funkcji falowej opisującej konkretną pojedynczą cząstkę, to może to powodować, że funkcja ta ulegnie rozmaitym zmianom. Jeśli dana cząstka ma spin będący liczbą całkowitą (w praktyce zawsze 0 lub 1), to jej funkcja falowa może się albo wcale nie zmieniać, albo zmieniać znak, a więc mieć parzystość (przestrzenną) dodatnią lub ujemną podobnie jak w przypadku parzystości ładunkowej. Dla cząstek o spinie będącym liczbą połówkową (nieparzystą wielokrotnością $1/2$), w praktyce zawsze $1/2$, mamy nieco inną sytuację. Nie można bowiem w tym przypadku podać bezwzględnej parzystości cząstki; jeśli jednak mamy dwie takie cząstki, to możemy w zasadzie określić, czy parzystość ich jest jednakowa czy też przeciwna.

Możemy też, na tych samych zasadach, podać parzystość funkcji falowej układu cząstek, jeśli tylko znamy parzystości poszczególnych cząstek zaliczających się do układu oraz pewne wielkości mechaniczne charakteryzujące ten układ, a mianowicie wartości liczb kwantowych momentów pędu ruchu względnego cząstek.

Na tej podstawie sformułowano prawo zachowania parzystości. Mówi ono, że parzystość (przestrzenna) jest wielkością, która nie ulega zmianie w danym układzie cząstek mimo zmian, jakie mogą powstać wskutek działania sił wewnętrznych w tym układzie. Ponieważ przy inwersji lewoskrętny układ odniesienia przechodzi w układ prawoskrętny i na odwrót, często się formułuje lakonicznie, ale też niezbyt ściśle wyłożoną tu zasadę, jako równoważność „lewego“ i „prawego“. Opis praw fizyki nie ma więc zależeć od tego, czy użyjemy do tego opisu lewo- czy prawoskrętnych układów współrzędnych.

Proste rozważania, których tu nie będę przytaczał, a które się przeprowadza korzystając z zasady zachowania momentu pędu oraz takiejże zasady dla parzystości (przestrzennej) wiodą do wniosku, że cząstka o spinie zero może się rozpadać na dwa mezony π tylko wtedy, gdy parzystość jej jest dodatnia, na trzy zaś mezony π — gdy parzystość jej jest ujemna.

Porównajmy teraz reakcje rozpadu (1) i (5) lub (6). Widzimy, że rozpad typu θ ma dwa mezony π (występuje wśród rozpadów mezonów K obok rozpadu typu τ na trzy mezony π). Tymczasem przekonano się, że spin mezonów K (zarówno θ , jak i τ) równy jest prawie na pewno zero. Wynikałoby stąd, że mezony θ i mezony τ to dwie zupełnie odrębne cząstki o przeciwnej parzystości. Mają one jednak tę samą (w granicach błędu pomiaru) masę i ten sam czas życia, co jednak przemawiałoby za uznaniem ich za jedną cząstkę — mezon K^+ .

Wytworzona w ten sposób sytuacja niepokoiła fizyków. Problemem powyższym zajmowali się też Lee i Yang, uczeni chińscy, przebywający stale w USA. Z początku brali oni pod uwagę możliwość istnienia tzw. dubletów parzystościowych, to znaczy par cząstek różniących się jedynie parzystością. Dubletem takim byłyby więc na przykład mezony τ i θ . Hipoteza taka prowadziła jednak do wniosku, że dublety powyższe muszą istnieć także wśród hiperonów; tymczasem wniosek ten nie znajdował najmniejszego poparcia od strony eksperymentalnej. Lee i Yang sięgnęli więc po nową hipotezę, która radykalnie miała przeciąć ten gordyjski węzeł. Zapytali oni mianowicie, czy na pewno zasada zachowania parzystości jest słuszna w przypadku, gdy chodzi o procesy powolne (takie jak rozpad mezonu K) uwarunkowane zatem słabymi oddziaływaniami. Zaproponowali oni dla wyjaśnienia tej kwestii serię doświadczeń. Doświadczenia te wkrótce wykonano; wnioski, które z nich można było wyciągnąć, w pełni uzasadniły wątpliwości Lee i Yanga. Okazało się, że parzystość nie jest zachowywana w powolnych reakcjach. Od tej chwili rozpoczął się okres burzliwych zmian w teorii słabych oddziaływań, który już teraz doprowadził do częściowego uporządkowania tej teorii; autorom hipotezy dotyczącej załamania się zasad zachowania parzystości okres ten przyniósł nagrodę Nobla.

Tym samym, wraz z upadkiem bezwzględnej wartości zasady zachowania parzystości (przypomnijmy zresztą, że zasada ta ma dotąd pełne znaczenie w teorii silnych oddziaływań), upadł też problem $\tau - \theta$. Skoro podczas rozpadu mezonu K nie musi być spełniona zasada zachowania parzystości, to mezon ten — bez względu na to, jaką ma on parzystość — może się rozpadać zarówno na trzy, jak i na dwa mezony π . Problem $\theta - \tau$ miał jednak decydujące znaczenie dla teorii słabych oddziaływań i wywarł wielki wpływ na jej rozwój.

Osobnym zagadnieniem jest oczywiście wyznaczenie parzystości mezonu K , z jaką mezon ten występuje w silnych oddziaływaniach. W chwili obecnej zbliżamy się już do jego rozstrzygnięcia na korzyść wariantu przewidującego, że mezon K ma parzystość ujemną, a więc taką samą, jaką ma też mezon π . Ściślej biorąc trzeba by jednak mówić, że mezon K ma parzystość ujemną, jeśli hiperony i nukleony mają tę samą parzystość względną (są to wszystkie cząstki o spinie połówkowym, dla których, jak wiemy, można operować tylko pojęciem parzystości względnej). Gdyby parzystości hiperonów i nukleonów były przeciwne, to mezon K trzeba by uważać za cząstkę o parzystości dodatniej.

6. ROLA MEZONÓW K W TEORII SIŁ JĄDROWYCH

Jak wiadomo, w teorii silnych oddziaływań takich, jak np. siły jądrowe, działające między nukleonami, zasadniczą rolę odgrywają mezony π jako te cząstki, które to oddziaływanie przenoszą. Zachodzi pytanie, jakie jest znaczenie mezonów K dla sił jądrowych.

Na postawione pytanie można odpowiedzieć badając

- a) wprost — oddziaływanie mezonów K z nukleonami,
- b) pośrednio — oddziaływanie hiperonów z nukleonami.

Należy tu zaznaczyć, że wiele faktów wskazuje na znaczne podobieństwo mezonów K i mezonów π . W każdym zaś razie podobieństwo to sięga tak daleko, jak podobieństwo wzajemne nukleonów i hiperonów. Wielka rola, którą odgrywają mezony π w teorii sił jądrowych uzasadnia pytanie, które sobie przed chwilą zadaliśmy.

Co do punktu (a) trzeba od razu powiedzieć, że tu ostatnimi czasy obserwuje się pewien postęp. Jak już mówiliśmy, należy tu odróżnić oddziaływania z nukleonami mezonów K o strangeness $+1$ (K^+ , K^0) od oddziaływań mezonów K o strangeness -1 (K^- , $\bar{K}^0$). Pierwsze oddziałują z nukleonami dość słabo, przy czym charakter oddziaływania w dużym stopniu nie zależy od energii oddziałujących cząstek. Zasadniczo, oddziaływanie to ma, przynajmniej w niskich energiach, charakter odpychający. Dlatego też trudno przypuścić, by mezony te mogły z nukleonami tworzyć stan związany (tj. układ taki, jak np. deutron = neutron + proton).

Inną sytuację napotykamy w przypadku mezonów K^- . Oddziaływanie ich z nukleonami może przebiegać wieloma „kanałami“, a mianowicie albo wprost, jako zwykle rozpraszanie typu

$$K^- + p(n) \rightarrow K^- + p(n),$$

albo z wymianą ładunku

$$K^- + p \rightarrow \bar{K}^0 + n,$$

albo wiedzie do wytwarzania się hiperonów, na przykład

$$K^- + p \rightarrow \Sigma^- + \pi^+,$$

$$K^- + p \rightarrow \Lambda^0 + \pi^0,$$

$$K^- + n \rightarrow \Sigma^- + \pi^0.$$

W sumie, prawdopodobieństwo zajścia którejs z tych reakcji jest znacznie większe (co najmniej w niskich energiach) od prawdopodobieństwa zajścia jakiejś reakcji w zderzeniu K^+ + nukleon. Oddziaływanie to może mieć charakter przyciągający, nie jest więc w tym przypadku wykluczone istnienie stanu związanego układu K^- + nukleon.

Osobny problem przedstawia znalezienie wartości tzw. stałej sprzężenia („ładunku mezonowego“), która charakteryzuje „natężenie“ oddziaływania między hiperonami a nukleonami. Trzeba tu bowiem od razu zaznaczyć, że pojedyncze mezony K nie mogą przenosić oddziaływania między dwoma nukleonami, gdyż byłoby to sprzeczne z zasadą zachowania strangeness. Istnieje przypuszczenie, że stała ta jest kilka razy mniejsza od odpowiedniej stałej dla mezonów π . (Nawiasem mówiąc, wszystkie te sprawy mają bardzo głęboki podtekst, związany z dalszym uporządkowaniem ciężkich cząstek i teorią silnych oddziaływań. Ze względów symetrii chciałoby się niekiedy uważać nukleon i wszystkie hiperony za różne stany tej samej cząstki — barionu, zaś mezony π i K za różne stany jakiegoś, po prostu, mezonu. Wówczas być może, jak sądzono, dałoby się wszystkie silne oddziaływania zebrać razem w jedno oddziały-

wanie między owymi „barionami” a „mezonami”. W chwili obecnej hipoteza taka wydaje się jednak niesłuszną). Wracając do tematu powiemy, że wymienione wyżej założenie wskazywałoby na to, że obok oddziaływań silnych w pełnym tego słowa znaczeniu („bardzo silnych”) istniałyby też oddziaływania słabsze („średnio”, czy też „umiarkowanie” silne).

Hipotezę tę sprawdza się zarówno badając omawiane wyżej bezpośrednie reakcje mezonów K z nukleonami, jak też oddziaływania między nukleonami a hiperonami. Oddziaływania te mogą być w zasadzie przenoszone zarówno przez mezony K , jak i przez mezony π i teoretycznie oba rodzaje mezonów są za takie oddziaływania odpowiedzialne. Faktycznie jednak nie wiadomo, czy wkład obu mezonów jest tu jednakowy, czy też może np. wkład mezonów π jest przytłaczająco duży wobec wkładu mezonów K .

Przeprowadzone dotychczas badania nie są jeszcze w stanie rozstrzygnąć tej kwestii. Przypuszcza się jednak, że mezony π odgrywają jednak poważniejszą rolę nie tylko dla oddziaływań między nukleonami, lecz także dla oddziaływań między hiperonami a nukleonami. Mezony K nawet w tym drugim przypadku służyłyby tylko do uzupełnienia głównych zarysów tego obrazu zjawisk, który się otrzymuje biorąc pod uwagę jedynie mezony.

Na zakończenie tego pobieżnego przeglądu zagadnień, które się nasuwają w związku z mezonami K , trzeba jeszcze poruszyć problem, czy mezony K oddziałują silnie także bezpośrednio z mezonami π . Problem ten wysunięto w związku z niepowodzeniem szeregu prób teoretycznego wyjaśnienia sobie przebiegu rozpraszania mezonów K na nukleonach przy pomocy oddziaływań tzw. typu Yukawy, w których w akcie elementarnego oddziaływania bierze udział jedna cząstka o spinie całkowitym (np. mezon π lub K) i dwie cząstki o spinie połówkowym (np. nukleony bądź hiperony). Nowe takie oddziaływania $\pi-K$ mogą mieć albo charakter trójcząstkowy (w akcie elementarnego oddziaływania biorą udział trzy cząstki o spinie całkowitym) lub odpowiednio — czterocząstkowy. Powiemy od razu, że wśród tych trzech czy czterech cząstek dwie muszą być mezonami K , gdyż inaczej nie byłoby spełnione prawo zachowania strangeness. Z drugiej strony, mezon π ma, jak mówiliśmy, parzystość ujemną, więc, jeśli oba mezony K występujące w oddziaływaniu „trójcząstkowym” mają tę samą parzystość, to podczas odpowiedniej reakcji nie byłaby spełniona zasada zachowania parzystości (przestrzennej), która, jak mówiliśmy, ma dla silnych oddziaływań pełną wartość. Możliwe są tu dwa wyjścia — albo trzeba przyjąć oddziaływanie czterocząstkowe, w którym obok dwu mezonów K występują też dwa mezony π (o „łącznej” parzystości dodatniej), albo założyć, że mezony K występujące w oddziaływaniu trójcząstkowym mają przeciwne parzystości. Nie da się jednak tego uczynić bez wprowadzenia poważnych zmian do naszego dotychczasowego obrazu mezonów K , Pais, który jest gorącym orędownikiem referowanego tu punktu widzenia, zakłada, że mezony K^0 i $\bar{K}^0$ stanowią odrębną w stosunku do mezonów naładowanych grupę cząstek o przeciwnej im parzystości. Przy takim założeniu może on wprowadzić oddziaływanie trójcząstkowe między mezonem π a dwoma mezonami K o odmiennej pa-

rzystości, z których zatem jeden musi być obojętny elektrycznie, a drugi — naładowany. Hipoteza ta nie została, jak dotąd, przez nikogo ani potwierdzona, ani też obalona.

*

* *

W artykule tym starałem się opisać współczesny stan fizyki, szczególnie zaś teorii mezonów K. Mam nadzieję, że nawet na podstawie tak pobieżnego przeglądu tej problematyki, jakiego tu trzeba było dokonać, stało się dla Czytelnika oczywiste, że omawiana dziedzina badań znajduje się w centrum problematyki fizyki cząstek elementarnych. Być może, najbliższe miesiące przyniosą nawet głębokie zmiany w tym obrazie, jaki tu chciałem naszkicować.

Włodzimierz Hubicki

ALCHEMIA I CHEMIA W POLSCE W XVI WIEKU

Rok 1500 nie odznaczał się niczym szczególnym, mimo że liczne prognostykony i przepowiednie prorokowały koniec świata albo przynajmniej okropne wojny, zarazy i głód. Fale Tybru czerwieniły się podejrzanie — papież Aleksander Borgia pozbywał się przeciwników. Ludzie byli strwożeni szybko szerzącym się syfilisem. I tylko prasy drukarskie po różnych miastach starego świata stukwały beztrąsco: ... będzie lepiej, ... idzie nowa era, ... tak jak gdyby przypuszczały, czym stanie się kiedyś książka.

W tymże to roku właśnie spod prasy wyszła w Strasburgu *Liber de Arte Distillandi* (książka o sztuce destylowania) Hieronima Brunschwygka, jedna z pierwszych książek tej dziedziny. Nad początkami chemii ciążyła złowieszczą anatema na ogół niezrozumianej bulli Jana XXII (r. 1320), zaczynającej się od słów: *Spondent quas non exhibent divitias pauperes alchimistae...* Bulla ta skierowana przeciwko fałszerzom pieniędzy była ogólnie generalizowana w myśl zasady: od rzemyczka do koniczka, w tym wypadku w sensie: od *witriolu* do *falszerstwa monety*.

Chociaż bullę Jana XXII przypominały wszystkim pod koniec XV wieku krwawe wyroki sądów weneckich, mimo tego w okresie tym zaczęto ją bagatelizować nawet w sferach duchowieństwa i w klasztorach. W Poznaniu w tym czasie Kasper altarysta Kościoła Marii Magdaleny musiał tłumaczyć się przed sądem biskupim, że *aureum potabile artem alchimiae* sporządza.

W roku 1500 Wacław Hierowski w Wenecji, daleko od rodzinnych niw Wielkopolski, śleczął nad traktatem Jana Augustyna Pantheusa o transmutacji metali, nic z niego nie rozumiejąc. Zapewne, nie rozumiał jej także i sam autor, który uzyskał zgodę na druk nie tylko Rady Dziesięciu, ale także i Leona X. Być może dlatego, że wyrzekł się alchemii, a głosił niby coś innego, a mianowicie *Voarchadumie* — Kabałę Metali. Było to typowe dla owych czasów ominięcie wspomnianej bulli.

W Polsce w roku 1500, jak pisze Miechowita, było bardzo upalne lato i wczesne żniwa; panował Jan Olbracht. Do łaski króla apelował ostatni z Żegańskich Piastowiczów Jan II, prosząc o zwrot Księstwa Głogowskiego. Olbracht jednak był nieustępliwy; jeszcze zbyt ciepły był popiół zgłiszcz Wielkopolski — pamiątka sąsiedzkiego najazdu księcia Jana. Strapiiony Piastowicz zaczął w Grodzie Kraka szukać szczęścia w fabrykacji złota. W tym już bezkrwawym zajęciu dzielnie sekundowała mu żona Katarzyna, księżna opawska. Inny ze śląskich książąt Przemko, kanonik wrocławski mniej więcej w tym samym czasie pracował skromnie tylko nad wyrobem srebra, czego dowodem jest trak-

tacik *Practica verissima ad faciendam veram ac perfectam lunam*. Nie trzeba dodawać, że wartość tej luny-srebra była problematyczna.

Następca króla Olbrachta Aleksander Jagiellończyk nie miał do alchemików szczyścia. Bowiem zgon jego przyspieszył właśnie znachor alchemik zwany Baliński od wsi podkrakowskiej Balic, którą wziął wianem. po żonie. Sam zwał się Zopho, tak samo jak słynny niegdyś w wieku XII profesor medycyny z Salerno. O tym, jakie były praktyczne wiadomości z alchemii Aleksandra Balińskiego, nie wiadomo, nie zostawił po sobie żadnych traktatów. Co do jego zaś wiadomości lekarskich, trudno coś twierdzić na podstawie pozostałej po nim książki *De prestantia medicinae* (o znakomitości medycyny), z chwilą gdy biskup warmiński Łukasz Watzelrode w liście do prymasa Jana Łaskiego wydał o autorze niezbyt pochlebną opinię, pisząc: *medicus indoctus idiota*.

Druga połowa XV wieku i pierwsza połowa wieku XVI — to okres ożywionych poszukiwań górniczych i budowy hut w Polsce. Sypią się, jak dawne akta wykazują, przywileje królewskie: 2 maja 1502 r. Henryk Szlaker dostaje przywilej na poszukiwanie srebra w Tatrach i urządzenie tam kopalni; 7 marca 1504 r. Jerzy Manth otrzymuje przywilej na poszukiwanie „minerałów użytkownych” na obszarze całej Polski. W 1502 roku mieszczanin krakowski Kasper Rizinger buduje hutę ołowiu w Rabsztynie. W r. 1511 Andrzej z Chocimia stawia hutę żelaza tzw. wtedy rudę w Żelaznych Nogach koło Chęcín. W 1513 zawiązuje się spółka, mająca na celu odwodnienie kopalni ołowiu w Olkuszu. W 1534 r. powstaje nowa huta ołowiu w Tarnowskich Górach. Z początkiem XVI wieku w Polsce zaczyna się eksploatować rudy cynku, czego dowodem jest huta mosiądzu założona przez Krakowianina Pawła Kaufmana w 1524 roku w Staszynowie koło Olkusza. W drugiej połowie XVI wieku Jan Turzo mieszczanin krakowski, właściciel kopalni miedzi na Węgrzech, buduje w Mogile koło Krakowa hutę miedzi, o której Wapowski pisze w swej księdze, że „dymy jej pieców przypominały Etnę”. W roku 1514 jeden tylko kupiec gdański Maciej Kerner spławił Wisłą 8129 centnarów mogilskiej miedzi, o czym świadczą akta krakowskie.

Ktoś mógłby zapytać, co hutnictwo ołowiu, mosiądzu lub miedzi ma wspólnego z chemią? Ma, i to bardzo dużo. W Mogile wydobywano złoto i srebro z miedzi, nie tylko przy pomocy ekstrakcji ołowiem, lecz także na drodze mokrej przez wyługowanie i rozkład chlorków, przez procesy przypominające cementację. Wypuszczenie złotej monety, produkcja miedzi, rozwijająca się produkcja srebra olkuskiego skłoniły Zygmunta I w 1517 roku do ustanowienia Komory Górniczej, której pierwszym kierownikiem był Mikołaj Lanckoroński. Ta efemeryczna zresztą instytucja była ściśle związana z *Camera Separatoria*, gdzie oddzielano srebro od złota. Było to pierwsze „państwowe” laboratorium chemiczne w Polsce. Fabrykowano tam kwas azotowy, siarkowy, wodę królewską, oczyszczano siarkę, rtęć, antymon, gletę, ołów, ponieważ to wszystko było potrzebne do oddzielania złota od srebra. Mało tego. Musiano tam wykonywać nie tylko analizy jakościowe, ale także i ilościowe, o czym świadczy nie zmieniająca się jakość ówczesnej monety.

Duszą, kierownikiem i organizatorem *Camerae Separatoriae* i huty

w Mogile był mieszczanin krakowski Kasper Ber. Nie mógł on być „byłe kimś“ z chwilą, gdy Zygmunt I, jeszcze jako książę głogowski, gościł często u niego, a nie na ojcowskim Wawelu. Ber zawdzięczał swą rozległą wiedzę studiom we Włoszech, gdzie wysoko stało wówczas hutnictwo i praktyczna alchemia. Był on znanym mistrzem w swym zawodzie. Przyjeżdżali do niego do Krakowa na naukę adepci z Węgier, Niemiec, Czech i Śląska. On sam budował kopalnie i huty na Śląsku i na Węgrzech. Syn Kaspra Krzysztof poszedł w ślady ojca i prowadził przez długie lata szereg hut na Śląsku oraz kopalnię złota w Reichensteinie. Po Krzysztofie pozostało kilka krótkich rękopisów.

W Bibliotece Czartoryskich znajduje się rękopis alchemiczny z r. 1535 zatytułowany *Lapis philosophicus a domino Martino Casperberowicz Ordinis Cartusianorum in agone mortis suae descriptus pro testamento amicis datus* — kamień filozoficzny opisany testamentem przyjaciółom przez pana Marcina Kasperberowicza Kartuza na łożu śmierci. Długo mozoliłby się szukający Kasperbewicza w spisach zakonu Kartuzów. Zupełnie przypadkowo zidentyfikowałem go. Okazuje się, że Marcin — to drugi syn Kaspra Bera. Marcin Berowicz wstąpił do Kartuzów w 1527 r., a w 1536 r. był już opatem w Czerwonym Klasztorze w Pieninach. Czy uprawiał tam dalej praktyki chemiczne? — chyba tak. W każdym razie należy dodać, że jednego z jego poprzedników cisi i pobożni braciszczowie kartuzjańscy wyrzucili z opactwa, bowiem przepuścił na doświadczenia alchemiczne połowę majątku klasztornego; widocznie nie chcieli się stać zakonem żebraczym.

Określenie alchimista w XVI wieku oznacza często zdecydowany zawód, a nie jest synonimem oszusta. Np. 31 stycznia 1535 r. Piotr alchimista jako człowiek *fidei dignus* (godny zaufania i wiary) składa zeznania przed sądem krakowskim w sprawie lekarza-okulisty Eliasza Judaeusa.

Jak łatwo można się będzie przekonać z tego artykułu, alchemią w Polsce zajmowali się ludzie różnych zawodów i stanów. Miała ona w Polsce w XVI wieku możnego protektora w magnacie i panu olbrzymiej fortuny, wojewodzie sieradzkim Olbrachcie Łaskim. Był on wychowany na dworze cesarskim w Wiedniu, we wczesnej już młodości miał możliwość zapoznania się z tajnikami sztuki spagirycznej, jak często nazywano alchemię. Jak podaje Niesiecki w swym herbarzu, młody Łaski miał wydać milion złotych na badania alchemiczne. Śladów jego działalności należy szukać nie tylko w rodzinnym Keźmarku, gdzie złoto wydzielał z miedzi, nie tylko w Łasku, gdzie miał swoje laboratorium, ale po całej Europie. W roku 1575 robi doświadczenia na dworze francuskim, w r. 1577 spotykamy go zajętego fabrykacją złota na dworze Franciszka Marii Wielkiego Księstwa Toskanii. W 1582 r. widzimy go w Pradze u Rudolfa II, z którym był w przyjacielskich stosunkach, a w r. 1583 przebywa już w Anglii. Do Anglii Łaski udał się zarówno w sprawach dyplomatycznych, jak i alchemicznych. Miał tam załatwić pewne sprawy w imieniu Batorego i równocześnie odwiedzić dawniej poznanego w Wiedniu Johna Dee. Przyjęty został w Anglii jako polski książę z wielkimi honorami, był nawet gościem królowej Elżbiety. Brał udział w słynnej dyspucie oxfordzkiej, w czasie której Giordano Bruno bronił słusz-

ności też Kopernika; Łaski stanął po stronie Bruna. Lecz nie życie dworskie, dyplomacja i dysputy uniwersyteckie wypełniały czas Łaskiemu w Anglii. Wraz z Johnem Dee i jego pomocnikiem Edwardem Kelleyem prażą w tyglach różne substancje, szukając kamienia filozoficznego. John Dee, człowiek bez wątpienia wykształcony, jak na owe czasy, z jednej strony lekarz, astronom, matematyk, z drugiej zaś astrolog, alchemik i okultysta, przepowiada z kryształowej kuli Łaskiemu mitrę mołdawską, a nawet tron Polski.

Pobyt w Anglii i w tak miłym towarzystwie przeciągnąłby się zapewne dużo dłużej, gdyby nie to, że Łaski żył bardzo wystawnie i pełną garścią wyrzucał pieniądze na bezowocne poszukiwania. Z powodu zaciągniętych długów musiał potajemnie uciec z Anglii, a z nim Dee i Kelley. Po ucieczce z Anglii Łaski wraz z obu Anglikami zjawia się w Krakowie i przedstawia ich Stefanowi Batoremu. W zamku Niepołomicach w 1584 r. miały miejsce seanse spirytystyczno-kryształomancie, na których „anioł” gromił Batorego za niemoralne życie, dając mu równocześnie nadzieję osiągnięcia korony węgierskiej. Pomimo namów Łaskiego, by Batory zatrzymał obu Anglików na rok celem próby, bo ci na pewno otrzymają kamień filozoficzny, król jednak nie skorzystał z tych nęcących usług. Nie pomogły kontakty Johna Dee z Uniwersytetem Jagiellońskim, którego Bibliotecę ofiarował szereg książek. Nie pomogły znajomość i dysputy z Hannibalem Rosellim, spowiednikiem królewskim. Rosellego z Dee łączyła ściśle mityczna postać Hermesa Trismegistosa. Roselli był komentatorem traktatów religijnych Poimandrosa przypisywanych Hermesowi, John Dee — znawcą traktatów alchemicznych Hermesa.

Dee wraz z Kelleyem opuszczają swe mieszkanie przy ulicy Szczepańskiej w Krakowie i udają się do Pragi na dwór Rudolfa II, by z kolei jemu przepowiadać tron Polski, o który zresztą cesarz usilnie ubiegał. W Pradze kończy się awanturnicza kariera obu alchemików: Dee ucieka do Anglii, Kelley natomiast — pseudoposiadacz sekretu kamienia filozoficznego umiera w więzieniu. Dlaczego to i Dee, który był w łaskach u królowej Elżbiety i Kelley, o którego oszustwach poprzednich w Anglii już zapomniano, wyjechali tak chętnie do Polski wraz ze zbankrutowanym Łaskim? Odpowiedź na to pytanie można znaleźć w bardzo szczegółowych szyfrowanych pamiętnikach Johna Dee oraz w jego korespondencji z ministrem Walsinghamem. Otóż okazuje się, że alchemia i okultyzm były tylko płaszczykiem dla ich działalności szpiegowskiej i siania niepokoju w Europie. Do tego zresztą wnioskowi doszła Angielka Miss Smith Fell, autorka dużej monografii o Johnie Dee. Nie ziściły się Olbrachtowi Łaskiemu jego marzenia o koronie polskiej i księstwie mołdawskim, sny o kamieniu filozoficznym. Stracił prawie cały swój majątek; stał się tylko bohaterem w „Straconych Zachodach Miłosnych” Szekspira oraz w powieściach Waltera Scotta i Aleksandra Dumas.

Można jednak zaliczyć do niewielu zasług Łaskiego jego mecenat nad Adamem Schröterem. Był to Ślązak, a raczej Łużyczanin (urodził się w Żytawie nad Nysą Łużycką w r. 1525), po studiach w Pradze i Padwie zapisał się w 1552 r. na Akademię Krakowską i od tej pory przebywał stale w Polsce lub na Spiszu. Pierwszą publikacją Adama Schrötera był poemat o kopalni wielickiej *Salinarum Vielicensem iucunda ac vera*

descriptio wydany w Krakowie w 1553 r. Drugie wydanie tegoż poematu ukazało się w 1564 roku. Autor wyjaśnia w nim, zgodnie z koncepcją Paracelsusa, skąd się wzięła i do czego służy sól.

O Paracelsusie pisano setki rozpraw. Tak jak za życia, tak i po śmierci miał rzeszę swych zaślepionych zwolenników i rzeszę zacieklej wrogów. Położył on bez wątpienia duże zasługi dla chemii, których nie należy szukać w jego mistyczno-kabalistycznych traktatach, ani w jego teorii siarki, rtęci i soli, ale w tym, że był propagatorem stosowania leków chemicznych w medycynie oraz w tym, że wiele chorób (między innymi kamicy) tłumaczył w sposób chemiczny. Cały szereg procesów fizjologicznych tłumaczył Archeuszem-Chemikiem Przyrody, który miał mieszkać w ludzkim żołądku, mózgu czy sercu. Paracelsus sądził, że choroby są to silne trucizny spływające na ludzi z gwiazd i że te trucizny można unicestwić tylko silnymi mineralnymi truciznami; stąd w jego lekospisach: kalomel, sublimat, maście rtęciowe, preparaty antymonowe i arsenowe. Rtęć i jej związki okazały się skuteczne przy zwalczaniu kily; co prawda, ginęła ona nieraz łącznie z pacjentem, bo dawki były nawet nie końskie, ale raczej słoniowe.

Paracelsus w swej młodości pracował w kopalniach i hutach Styrii i Schwyzu. Przyglądając się tam pracy hutników, farbiarzy, smolarzy, destylatorów zdobył on olbrzymią, jak na owe czasy, wiedzę chemiczną. Błędne jest powszechne mniemanie, że Paracelsus po raz pierwszy wprowadził do medycyny leki chemiczne. Jatrochemia Paracelsusa miała prekursorów; przecież w Kanonie Avicenny wymienione są wśród leków chemicznych antymon, rtęć i ich sole. Jan Abiosus z Bagnoli w swym *Vaticinium* (przepowiednia), wydanym w Neapolu w 1525 r., podaje cały szereg leków chemicznych. Jan Franciszek Pico De Mirandola (zmarły w r. 1533) zaleca w swej *Liber de Auro* leczenie solami złota. Paracelsus zaś tylko propagował nie lubiane do jego czasów leki chemiczne oraz wprowadził wiele nowych. Tak jak odbiło się głośnie echem w całym świecie teologicznym wystąpienie Marcina Lutra, tak i demon-stracyjne spalanie przez Paracelsusa ksiąg Avicenny i Galena znalazło głęboki oddźwięk w ówczesnym świecie lekarskim. Powstały od razu dwa obozy zajadłych wrogów i duszą oddanych zwolenników. Właśnie te dwa obozy, które zwalczając się nawzajem i wytykając sobie ewidentne nonsensy i niezgodności (w których szczególnie celował Paracelsus), bezwiednie kierowały alchemię na nowe tory. Rozpoczęła się zażarta walka, a w walce zawsze rodzi się nowa jakość.

Po Bazylei, gdzie zabyła gwiazda Paracelsusa, Kraków stał się ośrodkiem paracelsysmu, na co nikt do tej pory nie zwrócił uwagi. W 1569 r. Adam Schröter tłumaczy z niemieckiego na łacinę i wydaje w Krakowie sumptem Łaskiego dwie książki Paracelsusa: *De Fraeparationibus* i *Archidoxae*. Nie tyle wydanie tych dzieł było ważne dla rozwoju paracelsysmu, ile właśnie fakt przetłumaczenia ich po raz pierwszy na łacinę. Język niemiecki poza Niemcami był znany w państwach ościennych, łacina natomiast była językiem międzynarodowym. Tak więc jak Paracelsus był propagatorem chemii w medycynie, tak Schröter przez swe tłumaczenia stał się propagatorem paracelsysmu.

Paracelsus był w Polsce około roku 1520. Miał ponoć dysputy w Gdań-

sku i Wilnie. Zawadził zapewne o Kraków, łączyły go bowiem więzy przyjaźni z Bonerami, z którymi korespondował i których leczył. Miał, jak sam pisze w *Berthonea*, wielu uczniów z Polski. Próżno dzisiaj głowilibyśmy się, który z polskich lekarzy czy alchemików był jego uczniem. Słownik polskich lekarzy Kościńskiego podaje Dawida Mayera i Wojciecha Bazę. Ten ostatni miał się zetknąć z Paracelsusem w St. Veidt w 1527 r. Do tych, którzy znali Paracelsusa i stykali się z nim bezpośrednio, należał Jerzy Joachim von Lauchen zwany Reticusem lub po prostu Retykiem (1514—1574), sławny ze swej roli, jaką odegrał w ostatnich latach życia Kopernika oraz jako ten, który skłonił Wielkiego Astronoma do wydania wiekopomnego dzieła. Retyk urodził się w Feldkirchen w Alpach w prowincji zwanej jeszcze z czasów rzymskich Recją i stąd jego humanistyczne nazwisko. Joachim Retyk, kolejno profesor matematyki w uniwersytetach w Wittemberdze i w Lipsku, rzuca z niewiadomych dokładnie powodów katedrę i osiada w 1550 roku w Krakowie, gdzie utrzymując się z praktyki lekarskiej mieszka ponad dwadzieścia lat. W Krakowie pisze dzieło swego życia *Canon doctrinae triangulorum*, wydane dopiero po śmierci Retyka. Ten książkę matematyków — jak go ówczesni nazywali, poza matematykę i astronomią, zajmował się także chemią. W liście do Joachima Cameriusa w 1567 r. pisze: „Dochodzą mnie wieści, że powstaje w Niemczech jakaś szkoła medyczna idąca za Theophrastem. Theophrasta poznałem i rozmawiałem z nim w 1532 roku. Był niewątpliwie wielkim mężem i wydał wspaniałe dzieła. ... Pociągają mnie zagadnienia chemiczne i astronomiczne, ale utrzymanie daje mi medycyna...”

W innym liście skierowanym do praskiego lekarza i astronoma Tadeusza Hayka wspomina: „Mam nadzieję, że będziesz gorliwym czytelnikiem pism Theophrasta Paracelsusa. A że sam jestem podziwu dla jego pism, pragnąłbym kiedyś o nich z tobą pogawędzić...”

Nie omylił się Retyk, nie tylko Hayek stał się paracelsystą, ale także i jego syn. Obaj dzielnie wspierali laboratorium Rudolfa II. Około roku 1568 Retyk ukończył pisanie większego dzieła chemicznego, o czym znajdujemy relację w jego liście do francuskiego humanisty Piotra Ramusa: „Ponieważ zaś najbardziej pociąga mnie chemia, wniknąłem w podstawy tej sztuki tak dalece, że nakreśliłem o niej siedem ksiąg...”

Retyk, tak jak i Schröter, tłumaczył również dzieła Paracelsusa, o czym wspomina Michał Toxites w przedmowie do *Onomasticon* wydanego w Strassburgu w r. 1574. Dzieło Retyka ani też jego tłumaczenia nie ujrzały nigdy prasy drukarskiej. Retykowi było trudno drukować, gdyż jego nazwisko figurowało w spisie ksiąg zakazanych. Rękopis chemiczny Retyka, znany jeszcze w XVIII wieku historykowi astronomii F. Weidlerowi, gdzieś przepadł. A wielka szkoda! Był pisany w Krakowie przez człowieka rzeczowego i pozbawionego mistycyzmu, byłby bezpośrednim świadectwem stwierdzającym, jak właściwie wyglądała chemia w XVI wieku. Zaginął również jego opis kopalni wielickich, które za namową Mikołaja Kopernika zbadał i opisał.

Żupy wielickie i bocheńskie zaczęły się w XVI w. wspaniale rozwijać, były przedmiotem wielu badań. Poza wspomnianymi już opisami Schrötera i zaginionym opisem Retyka znamy wiele innych. Jednym z pierw-

szych, który opisał wielkie kopalnie, był Warmińczyk Jodok Willich z Reszla, profesor medycyny we Frankfurcie nad Odrą. Jego *De Salinis Cracoviensibus Observatio* ukazało się w Krakowie 1543 roku. Opis ten został ponownie wydany w 1582 roku przez Hieronima Reussnera. Na marginesie dodam, że Reussner figurujący we wszystkich artykułach z zakresu chemii w Polsce, jako chemik lwowski, nie miał nic wspólnego ze Lwowem. Urodził się we Lwówku (Lemberg) na Śląsku, studia medyczne skończył w Bazylei, był lekarzem w mieście Hoff w Turyngii oraz w Nordlingen w Bawarii. We Lwowie, a może nawet w Polsce, zdaje się w ogóle nie był.

Do przyjaciół Retyka, a zwolenników Paracelsusa, należeli Antoni Schneeberger i Andrzej Dudycz. Schneeberger z pochodzenia Szwajcar, uczeń znanego przyrodnika Konrada Gessnera przyjechawszy na studia do Krakowa, osiadł w nim na stałe, ożenił się i Polskę przybrał za drugą ojczyznę. Poza licznymi dziełami lekarsko-botanicznymi napisał *De Multiplici Salis Usu* (Kraków 1562), w którym można znaleźć również wiadomości chemiczne. Andrzej Dudycz eks-biskup Pięciu Kościołów, teść Hieronima Moskorzewskiego, poseł Rudolfa II niejedną nowość alchemiczną i chemiczną przywoził do Krakowa, gdzie zresztą przez wiele lat mieszkał. Ze wzmianek XVII-wiecznej literatury lekarskiej wynika, że miał on napisać jakąś rozprawę chemiczną. Rozprawa ta, zdaje się, zaginęła lub została wydana anonimowo.

Utarło się powszechne nieuzasadnione przekonanie, że na Uniwersytecie Jagiellońskim w XV i XVI wieku wykładano magię i alchemię. Nie wskazują na to dochowane do dziś szczegółowe opisy wykładów Wydziału Sztuk, nie wskazują także skape zresztą scholarskie notatki wykładowe z tamtych czasów. Astrologia była wykładana oficjalnie; papież oraz wielu większych czy też mniejszych władców mieli na swych dworach astrologów. Natomiast magia była wtedy powszechnie potępiana i zdecydowanie zwalczana przez władze Akademii Krakowskiej, czego dowodzą wyroki sądów rektorskich. Alchemia zaś może była nawet tolerowana, ale brak dowodów, że wykładano ją oficjalnie; interesowało się nią wielu profesorów Akademii. Pamiętamy ponadto, że Akademia Krakowska była na wskroś katolicka, a władze jej dobrze musiały pamiętać o bulli Jana XXII, wspomnianej już poprzednio.

A jak ustosunkowała się Akademia Krakowska do Paracelsusa? Miał on tutaj, tak jak i wszędzie, swoich zwolenników i wrogów. Do zwolenników Paracelsusa należeli: profesorowie medycyny Stanisław Rożanka, Jan Międzyński, Dominik Drozdowski, Feliks Łazarowicz z Sierpca — dziekan Wydziału Lekarskiego, Grzegorz Macer — docent Wydziału Sztuk i komentator *Archidoxae*. Do wrogów zaś zaliczali się: profesorowie medycyny Marcin Fox, Walenty Fontana, Stanisław Picus Zawadzki, Andrzej Grutyński. Tarcia między nimi przybierały często charakter gwałtowny. Np. na dyspucie publicznej pomiędzy Feliksem z Sierpca a Stanisławem Zawadzkim, pierwszy z nich zarzucał swemu przeciwnikowi, że nie wierzy w Boga, gdyż atakuje alchemię, astrologię, skuteczność lekową pereł i drogich kamieni. Zawadzkiemu dysputa ta bynajmniej nie zaszkodziła; wkrótce został rektorem. Marcin Fox w swym *Quaestio* wydanym w 1573 roku pisze: „Próżna jest

opinia Paracelsusa Theophrasta, który prawi, że ciało nasze składa się z siarki, rtęci i soli...“

Nota bene, nie rozumiał dobrze teorii Paracelsusa. Andrzej Grutyński, następca na katedrze po Zawadzkim, zwalcza Paracelsusa w swej książce *Solus Philosophus sive Nova Medicinae et Chemiae compendiosa refutatio* wydanej w Padwie 1584 r. Niestety, nie wiadomo czyją stronę wziął Kasper ze Skarbimierza, również profesor medycyny w Akademii Krakowskiej, którego rękopis *Epistolae alchimicae* zaginął wraz z Biblioteką Żaluskich w pożodze ostatniej wojny.

Ludzie nie związani z Uniwersytetem również zajmowali się chemią. Mardocheus Nelle z Krakowa napisał komentarz do dzieł Paracelsusa o cementach. Doktor alchimista Mikołaj Hussman miał laboratorium w domu przy Bramie Wiślniej — zdaje się, że destylatornię wódek. W domu tym w 20 lat po śmierci Hussmana znaleziono „do alchemii naczynia szklanego sztuk dwadzieścia sześć“. Nie dość na tym. Byli nawet krakowscy księgarze, którzy specjalizowali się w literaturze alchemiczno-chemicznej, np. Zachaj Kessner i Jan Thenaud.

Cóż się dziwić? Przykład szedł z góry — z wysokości Zamku Wawelskiego czy pałacu biskupiego. Zygmunt August, jak pisze Bielski w swojej kronice „... bawił się alchemią“. Stefan Batory interesował się nią. Zygmunt III przez swe doświadczenia chemiczne miał dwukrotnie wywołać pożar na Wawelu w 1595 i 1596 roku. Biskup krakowski Franciszek Krasiński (1522—1577), o czym wspomina rękopis Jakuba Wereszczańskiego z 1578 roku, zajmował się alchemią. Zajmował się nią również biskup Padniewski. Krasiński miał poznać Twardowskiego na studiach w Wittemberdze, sprowadził go na dwór Zygmunta Augusta. Pamiętajmy jednak, że alchemik Twardowski to postać historycznie nieuchwytna. Diabelska księga Twardowskiego — rękopis z XV wieku *Liber viginti Artium* Pawła Żydka z Pragi — była już pod koniec XV wieku własnością Biblioteki Jagiellońskiej. Zwierciadło czarodziejskie Twardowskiego — nieodzowny atrybut praktyk katopromanckich — znajdowało się do czasów ostatniej wojny w kościele w Węgrowie. Duch Barbary Radziwiłłówny — to moim zdaniem — następstwo odkrycia przez Della Portę latarni magicznej; odkrycie to do Polski mogło dotrzeć bardzo szybko, gdyż Della Porta tułał się po Europie po rozwiązaniu założonej przez niego *Academiae Secretorum* przez papieża Pawła V.

Zostawmy jednak na uboczu Kraków, a przejdźmy na inne polacie XVI-wiecznej Polski. W dalekim od Krakowa Gdańsku alchemia miała wielu zwolenników. Hołdował jej mistyk astrolog Hildebrand Ferber, zażyły przyjaciel Kopernika. Przeciwnie poglądy niż Ferber, który kierował cały wysiłek w celu uzyskania skutecznych magicznych amuletów, miał Brettschneider-Placotomus profesor gimnazjum gdańskiego i uniwersytetu w Królewcu, lekarz Radziwiłłów. Brettschneider napisał między innymi dwie rozprawy *De destillationibus chemicis* — Gdańsk 1553 r. oraz *Pharmacopea in compendium redacta* — Antwerpia 1560 r. Ta ostatnia rozprawa była wzorem sławnej Farmakopei Kołońskiej.

Najślawniejszy z chemików gdańskich omawianego okresu był zupeł-

nie teraz zapomniany Aleksander Zuchta. Pochodził on ze starej kaszubskiej rodziny zwanej z niemiecka Suchten, która odgrywała pierwsze role w patrycjacie gdańskim i dała początek rodzinom Zuchta-Paubickich, Zuchta-Ossowskich i innych. Aleksander Zuchta zwalczał eksperymentalnie alchemię. On to pierwszy w dziejach chemii udowodnił przy pomocy wagi, że alchemiczna transmutacja metali nie jest możliwa. Okres młodości Zuchty jest otoczony mgłą tajemnicy. Nie wiadomo, kiedy się urodził, gdzie skończył pierwsze studia — czy w Krakowie czy w Elblągu. W Krakowie w latach 1520 i 1521 wykładał jako docent jakiś Aleksy De Gedano Zuchta alias Suchten dictus, Kaszuba Polonus. Ale czy ten Zuchta miał coś wspólnego z omawianym przez nas chemikiem i lekarzem nie da się w tej chwili rozstrzygnąć. Na losach życiowych Zuchty zaważył fatalnie jego wuj Aleksander Scultetus. Scultetus, kanonik warmiński, nie tylko że sam poszedł za duchem reformacji, ale także pociągnął za sobą i młodego Zuchtę. W roku 1541 pod naciskiem kleru wygnano obu z Polski, a dobra ich skonfiskowano. Życie Zuchty — to nieustanne pasmo tułaczki po Niemczech, Włoszech. Doktorat medycyny osiąga w Padwie. Z chemią Paracelsusa zapoznaje się jako bibliotekarz elektora Palatynatu Ottona Henryka i odtąd staje się jednym zezwolenników paracelsysmu, choć bardzo krytycznym. W Niemczech miał swoich uczniów, których wdrażał w arkana sztuki chemicznej. Około roku 1554 pojawia się w Polsce. W 1557 r. jest lekarzem Zygmunta Augusta, ale na skutek intryg lekarzy-galenistów traci to stanowisko. Jedzie więc do Królewca, by tam z kolei być lekarzem księcia Albrechta Pruskiego. Również i na tym stanowisku bawi krótko, niespokojna natura i żądza wiedzy pchają go do dalszych przygód i wędrówek. Zuchta pisał dużo. Pisał poezje, traktaty medyczno-filozoficzne oraz medyczno-chemiczne. Pierwszym jego większym poematem była elegia łacińska *Vandalus* o królownie Wandzie, co nie chciała Niemca. Z traktatów chemiczno-medycznych, noszących jego nazwisko, zostały kilkakrotnie wydane drukiem następujące: *Concordantia Chimica*, *Colloquia Chimica*, *De Antimonio Vulgaris*, *Explicatio Tincturae Paracelsi*, *De Secretis Antimonii*, *Dialogus Alexandri*, *De Vera Medicina*, *De Hydrope*. Inne jego rozprawy może drzemia gdzieś w rękopisach.

W *De Secretis Antimonii* Zuchta opisuje, w jaki sposób badał złoto i srebro sfabrykowane z antymonu przez jego przyjaciela. W tłumaczeniu na język polski i po wprowadzeniu nazw współczesnych opis ten brzmi: „Srebro jest piękne. Daje się odlewać, klepać i kuć jak naturalne srebro. Daje się odpędzać w ołowiu i przy kupelacji nie odchodzi. Długi czas sądziłem, że jest to najlepsze srebro. Lecz mój pomocnik powiedział mi — srebro to jest cięższe gatunkowo od naturalnego. Nabrałem wówczas podejrzenia, wziąłem to srebro i chciałem rozpuścić w kwasie azotowym, lecz srebra on nie nagryzał. Więc rozważając tak i tak, włożyłem je do wody królewskiej, wtedy rozpuściło się całkiem. Przypuszczałem więc, że przez ogrzewanie otrzymam złoto, a otrzymałem biały proszek podobny do cyny, gdy zostanie ona zadana kwasem azotowym. Gdy dalej ogrzewałem ten proszek otrzymałem mleczne szkło. A więc wykryłem co uważałem za srebro“.

Zuchta pisze dalej, o tym jak badał złoto, którego szczerze poświadczył złotnik Mistrz Jan: „Wziąłem to złoto. Dodałem cztery łuty srebra.

Zgranulowałem, rozdzieliłem kwasem azotowym; srebro rozpuściło się, złoto opadło na dno. Próba była rzetelna. Sproszkowane złoto zmieszałem z antymonem, stopilem z saletrą, wyciągnąłem antymon ze złota i przepędziłem je z ołowiem. Ta próba była też pozytywna. To odpędzone złoto stopilem ponownie z siarką i antymonem. Ta próba również wykazała złoto, z którego każdy chymicus by się cieszył. Ze względu, że srebro mnie oszukało, nie mogłem wierzyć złotu. Wywalcowawszy je cieniutko zamalgamowałem z rtęcią, a umieściwszy w cieple zauważyłem, że amalgamat jest miękniejszy niż być powinien. Wtedy umieściłem tygiel na małym ogniu i chociaż tygiel się nie żarzył, rtęć ze złota szybko uleciała, tak że myślałem, że rtęć przeszło w złoto. A że zważyłem złoto, znalazłem, że nie ważyło ono więcej niż dwa kwintle z łuta. Te dwa kwintle próbowałem dalej z rtęcią podobnie jak poprzednio, a ponieważ odpędziłem rtęć, znalazłem znowu te dwa kwintle“.

Pisze dalej po krótkiej dygresji: „Złoto, które pozostawało nie pochodziło z antymonu, ale było dodatkiem naturalnego złota. Bowiem nigdy nie udało mi się antymonu przekształcić w złoto. Jeżeli złota dodałem, pozostawało, inaczej nie“.

Teoretyczne uzasadnienie Zuchty, że w „regulusie nie łączy się *in radice sulphur antimonii* z *mercuriusem*“ i dlatego z antymonu nie można uzyskać ani żelaza, ani rtęci, ani złota czy ołowiu, jest jako *signum temporis* dla nas nie ważne, ale uderzający jest krytycyzm naukowy Zuchty i jego biegłość w analizie. W innym miejscu znajdujemy taką refleksję Zuchty: „Chociaż nie umiem robić złota i srebra, umiem przyrządzać arkana (tzn. lekarstwa)“.

Ciekawe są jego zapatrywania na rtęć: „Filozofi twierdzą, że wszystkie metale są z żywego srebra stworzone. Jest to fałszem, bowiem żywe srebro jest również metalem jak srebro czy złoto, ale ponieważ jest metalem ciekłym w filozofii tajemnej (alchemii) nie jest do metali zaliczane“.

Dużo wrzawy powstało w XVI wieku wokół ogłoszonych przez Zuchtę XVIII *propozycji Paracelsusa*, w których zarzucał aptekarzom, że zamiast leków sprzedają truciznę, a lekarzom — że są nieukami i oszukują chorych. Tomasz Erastus, znany przeciwnik Paracelsusa nazwał te *Propozycje* sarmackimi, dając tym samym świadectwo przynależności narodowej Zuchty. Jeżeli by kogoś interesował Zuchta, odsyłam go do mojego artykułu w Studiach i Materiałach z Dziejów Nauki Polskiej (PWN Warszawa 1953 — tom I, str. 102).

W Poznaniu działał aptekarz Ambroży Duft, który sam o sobie pisał: „Umiem robić złoto pijałne i nie żrące — i ja Ambroży jestem biegłym w tem, ale to jest tajemnica nad tajemnicami“.

Sławny na całą Europę był poznańczyk Józef Strusiek, dobrze znany i ceniony zarówno na dworze sultañskim, jak i na dworze Filipa II w Hiszpanii. Jego *De Ortu Causis Metallorum et Medicamentorum Spagyricae Praeparatione* (wyd. we Frankfurcie 1599 r.) traktuje o przyrządzaniu leków chemicznych. W Poznaniu również działał rabin Löw, kabalista i alchemik, który Rudolfowi II miał skonstruować potwora zwanego Golem. W Lesznie zajmują się alchemią Rosentrit, Bojanowski, Theobald Blasius i Bogusław Leszczyński. W Warszawie w latach 1571—1582 akta wymieniają Erazma Dębińskiego

przy którego nazwisku figuruje zawsze dodatek „alchemista“. Akta te wymieniają również jakiegoś bardzo krewkiego alchimistę, który pobił Stanisława Firleja. W Płocku w latach 1570—1577 działa doktor alchimista Gerhard Koster. W Toruniu zaś — Hierovius, Marcin Mochinger i Jan Amplas Soszyński, który badał wody iwonickie. W Ziemi Mazowieckiej rozwija działalność alchemiczną Jan Franciszek Górski, autor zaginionego traktatu *Fortium Aquarum Libellum* — księga o sporządzaniu kwasów. Czy to on był autorem *Magistri Joannis Poloni introductio in divinam Chemiam* z roku 1572 na temat destylacji — nie jest pewne.

Synowi kołodzieja warszawskiego Wojciechowi Oczce, sławnemu lekarzowi Stefana Batorego, nie obca była chemia i Paracelsus. W swych *Cieplicach*, omawiając badane przez siebie gorące źródła w Szkle i Jaworowie, pisze: „Ale to gorąca woda z ziemi idzie, tedy musi być tam ogień? Pewnie, że musi. Kwaśna woda, a język cierpnąc czuje smak hałunowy. Tedy tam podobno hałun jest? Możem wierzyć przez podobno; śmierdzi i kurzy się siarką woda biała, a srebro w nie włożywszy czerni“.

O tym, że paracelsusowe dzieła nie były mu obce, że znał je i ocenił, przekonać nas może inny wyjątek: „Y stąd owa Paracelsusowa fantazja urosła, którego dowcip coś głębiej niż starych mędrców, zawżdy, powiadać chciał za porządek rzeczy nie materię, kształt a odmianę, ale sól, żywe srebro a siarkę być położył“.

Móglbym wiele jeszcze przytoczyć nazwisk innych polskich alchemików czy chemików XVI wieku oraz cytatów z ich dzieł. Niejeden też cudzoziemiec w Polsce starał się sprzedać swe dobre czy też urojone recepty. Nieudolny naśladowca Paracelsusa Bazylejczyk Leonard Thurneiser pokrywał swą fachową niewiedzę magią, szalbierstwem i kabalistyką. Rozsyłał na całą Europę swe leki i preparaty z założonej przez siebie w Berlinie fabryki. W Polsce miał swych agentów handlowych i propagandystów, do nich należeli Theobald Blasius i Stanisław Bojanowski. Klientem Thurneisera był sam Stefan Batory, który po zamachu nań dokonanym przez czarnoksiężnika Gradowskiego, zwrócił się do tego berlińskiego szarlatana po poradę. On przysłał mu lekarstwo z listem: „Posyłam W. Kr. Mości pewne antidotum czyli Alexipharmacum przeciw wszelkiej truciznie, przystosowane do natury i kompleksji W. Kr. Mości. Balsam z niemalą pracą sporządzałem stosownie do prawideł kabalistyki i magii naturalnej, bo złość ludzka do tego stopnia doszła, że ostrożnym być należy nie tylko w jedzeniu i piciu, ale nawet w ubiorze, umywaniu i dotknięciu“.

Batory utrzymywał również kontakty z innym paracelsystą zagranicznym, był nim Francuz Józef Du Chesne Quercetanus. Zaproponował on Batoremu produkcję jakiegoś napoju alkoholowego o smaku najlepszego wina — mógł to być likier lub koniak. Mimo że dostał wyłączny przywilej fabrykacji tego napoju na całym obszarze Rzeczypospolitej, produkcja nie doszła do skutku. Tak przynajmniej należy sądzić z dopisku na odpowiednim akcie: „Napój śmieszny, którego nikt nie widział“. Prawdopodobnie Quercetanus był zbyt zajęty swą praktyką lekarską i służbą dyplomatyczną, by stać się w Polsce fabrykantem wódek gatunkowych.

W Grodnie 1583 roku przed Batorym produkuje się włoski alchemik Hieronim Scoto *artis magicae peritus*. Wielu zapewne musiał znaleźć łatwowiernych w Polsce, gdyż po kilku latach zjawia się w Pradze w karrecie wybitej czerwonym aksamitem w towarzystwie dwudziestu hajduków. Nie brakowało u nas domorosłych szarlatanów i fałszerzy pieniędzy. Ostatnich często skracala o głowę pewna ręka mistrza. Byli też i tacy, jak np. Gorajski, który chciał Rzeczypospolitą i jej skarb zbawić, proponując Zygmuntowi III bicie monet z alchemicznego złota i srebra swej produkcji. Przeciw wszystkim fałszywym alchimistom występowało wielu trzeźwych Polaków w XVI w. Wypowiedzi Aleksandra Zuchty o nienaukowej alchemii są tak lapidarne, że nawet nie nadają się do powtórzenia. Zuchta w swoim wierszu o rosenoblach wykazuje, że moneta, wybita niegdyś przez Edwarda III, ze złota fabrykowanego przez Raymunda Lullusa, była zwykłym oszustwem; „... Z innych metali nigdy nie uczynisz złota. Wierz mi i ucz tak swoich synów“.

Stanisław z Gór Poklateľski, autor książeczki *Pogrom czarnoksiężskie błędy latawców zdrady y alchemickie fałsze jako rozplasz*“ (Kraków 1595 r.), pisze w rozdziale IV: „Może alchimia władzą ognia rozmaitych naczyń złozenia rzeczy y wodek wiele narobić a rozłożenie uczynić wielu rzeczy przyrodzonych. Y może niektóre rzeczy sprawić tak dla ukochania ludzkiego jako y dla ozdoby, różnemi farbami, naczynia rozmaitego ... Złota takiego jakie natura sobie upodobała y dawa światu żadnym obyczajem sprawić iż nie może Alchimista którykolwiek bądź z słusznych przyczyn uznać się może. Rzecz jest doświadczona, że kruszec natury swej odmienić nie może w inny kruszec chociaż z jakimkolwiek podobieństwem to pokazuje. Kiedy miedź tak przyprawiue, wytarwszy ołów, że się stać będzie podobna złotu, przecie według swych natur miedzią y ołowiem będą“.

Andrzej Grutyński w swym *Medicus Dogmaticus* (Kraków 1598 r.) pisze: „Chimista bowiem szuka ciepła odpowiedniego by złoto uczynić, znając materię metali nie może dojść aby uczynił złoto a czyni coś insze złotu podobne. Jest bowiem nieskończona różnica którą Natura sama mieszaniem prawdziwym uczyniła. Głupiem jest bowiem i śmiesznem wśród dymu i węgla się pocić i wielki wydatek czasu w co lepsze użytym być może i rzeczy co familię i biednych żywić powinny na takie głupstwałożyć i tracić“.

Panuje na ogół przekonanie, że wiek XVI w historii chemii— to okres tylko bezsensownej pogoni za eliksirem życia, kamieniem filozoficznym, to okres niezliczonych prób fabrykacji złota i jeden niekończący się łańcuch oszustw. Przekonanie takie jest mylne. Bowiem niezależnie zupełnie od mętnych w swym mistycyzmie różnych specjalności alchemii i ich zwolenników rozwijała się eksperymentalna chemia, której współczesny chemik nie ma się co wstydzić. Czasem prymitywność urządzeń i naiwność niektórych operacji budzi uśmieszek na naszych ustach. Niemniej jednak w wielu wypadkach jesteśmy zdumieni wiedzą naszych kolegów po fachu sprzed czterystu lat.

Alchemia miała wielkie teoretyczne problemy oraz skromne praktyczne specjalizacje. Do wielkich problemów zaliczano zagadnienie stworzenia homunculusa, otrzymanie eliksiru życia, białej i czerwonej tynktury —

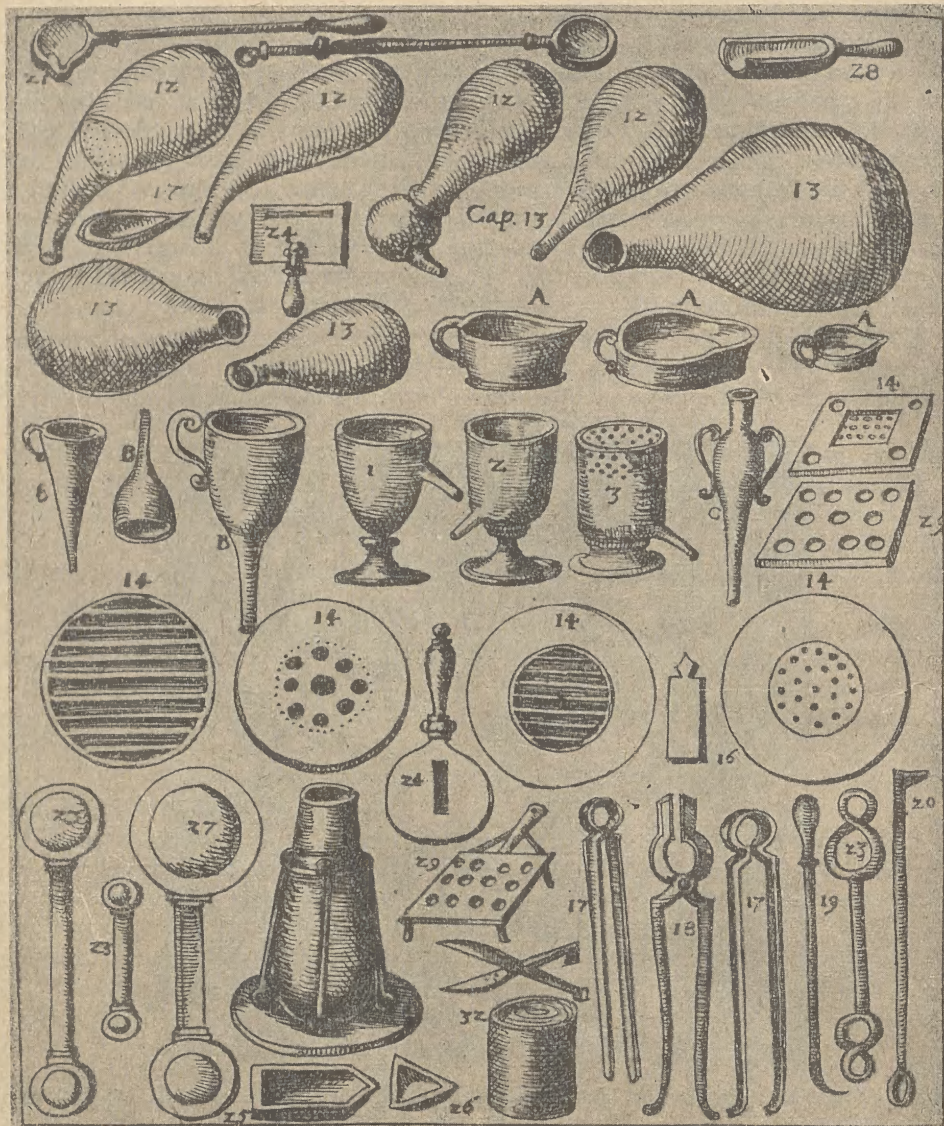
kamienia filozoficznego. Natomiast do skromnych specjalizacji należały farbiarstwo, probierstwo, częściowo hutnictwo, destylowanie wódek itp. Nie trzeba dodawać, że ludzie zajmujący się wielką teoretyczną problematyką gardzili praktykami wąskich specjalności. Chemia jako nauka, w naszym współczesnym pojęciu, nie wywodzi się z problematyki alchemicznej. Nie należy również szukać jej początków w medycynie czy też farmacji średniowiecznej, ale właśnie w probierstwie, hutnictwie, sztuce destylowania. Tutaj bowiem spotykamy pierwsze próby racjonalnej analizy i syntezy chemicznej. Fakt, że pojęcia teoretyczne chemii i alchemii często pokrywają się i że nie raz bezsensownym usiłowaniom niektórych alchemików zawdzięczamy nowe odkrycia, jest inną sprawą.

W XVI wieku dobrze odróżniano alchemię od prawdziwej chemii. Daje tego dowód np. Zuchta w swym traktacie o antymonie, gdzie sam nazywa siebie *chymicus*, a tych, którzy złoto chcą fabrykować, *alchymistae*.



Rys. 1. Wnętrze laboratorium chemicznego w XVI wieku wg Agricoli *De Re Metallica*, Bazylea 1556

Zróznicowanie tych nazw znajdujemy w cytowanej już wypowiedzi Poklateckiego. Paracelsus nie precyzował tego wyraźnie; alchemią nazywał sztukę oddzielania substancji czystych od nieczystych, zaś mianem alchemików obdarzał też hutników, probierców, farbiarzy. Georgius Agricola w *De Re Metallica* odróżnia hutników i probierców od *chemistarum sectatores*. Łazarz Ercker nazywa sam siebie probiercą, a tych którzy otrzymają *Crocus Martis* (siarczan żelazowy) zwie filozofami-alchemikami. Ercker podkreśla na samym wstępie swej książki *Beschreibung allerführnemsten Mineralischen Ertz*, że probierstwo jest częścią alchemii.



Rys. 2. Różne przyrządy metalowe stosowane w laboratorium XVI-wiecznym wg J. Mylius'a *Opus Medico-Chimicum*, Frankfurt 1618



Rys. 3. Różne naczynia szklane i gliniane używane w laboratorium XVI-wiecznym wg J. Mylius *Opus Medico-Chimicum*, Frankfurt 1618

My natomiast możemy się tylko umówić, że za alchemików będziemy uważać tych, którzy usiłowali fabrykować złoto i kamień mądrości, szalibierzy i oszustów; a za chemików — tych, którzy zajmowali się probierstwem, wyrobami skutecznych lekarstw, destylacją itp. Nie możemy jednak zapominać, że alchemia była częścią ówczesnej filozofii przyrody oraz że jej teorie tkwiły korzeniami w księgach greckich myślicieli Arystotelesa i Platona. Nie możemy też zapominać, że zarówno alchemikom, jak i probiercom czy destylatorom przyświecał często ten sam mistycyzm — epigon ponurego średniowiecza. Mistycyzm, który na przełomie wieków XVI i XVII znowu osiągnie maksimum, a jego rzecznikami będą Jakub Böhme i Henryk Khunrath, autor mistyczno-kabalistycznej *Chemii Fizycznej* z 1594 roku. Michał Kowacz, autor pierwszego podręcznika chemicznego w języku węgierskim (r. 1807), wypowiedział zdanie, w którym bezsprzecznie jest dużo racji: „Alchemia z chemią nie ma nic wspólnego poza podobieństwem samych nazw. Chemia bez wątpienia jest córką alchemii. Ale cóż jest winna córka, że jej matka jest starą wariatką?”.

Z chwilą gdy jest mowa o chemii i chemikach z XVI w., spróbujmy nie zagłębiając się zupełnie w tajniki teorii alchemicznych, zadać sobie pytanie: Jak w Polsce wyglądała w tych czasach chemia? Na pytanie to nie starał się nikt dotąd dać odpowiedzi. I zdawać by się mogło, że jest to nieosiągalne. XVI-wieczna literatura pisana po polsku z zakresu chemii prawie nie jest znana, a nieliczne łacińsko-niemieckie druki względnie rękopisy Polaków, przeważnie poświęcone jatrochemii, nie dają należytej odpowiedzi na postawione przez nas pytanie. Ktoś kiedyś wygłosił maksymę: „Pokaż mi swe książki, a powiem ci co umiesz”. Nieaktualna ta dzisiaj maksyma była jednak w XVI wieku aktualna, gdyż wtedy książka była jeszcze zbyt rzadka i droga, by nie być dosłownie przeczytaną od deski do deski, w które nierzadko była oprawna. Dlatego też przeglądajmy inwentarze bibliotek lekarzy, mieszczan i magnatów, którzy zajmowali się w owym czasie chemią. Zachowało się dość takich inwentarzy w naszych archiwach. W inwentarzach tych znajdziemy komplety pism Paracelsusa (np. u lekarzy krakowskich Miączyńskiego i Drozdowskiego); możemy znaleźć bardzo popularne z końcem XVI wieku dzieła Andrzeja Libaviusa *Syntagma Alchymiae Arcanorum* i nieznanego autora *Alchimia Vera*, w których zawarte jest dużo praktycznej chemii, książki o destylacjach Della Porta, książki Placotomusa, Zuchty oraz małe książeczki probierskie takie jak: *Ein nutzlich Berg Buchlein, Probierebuchlein, Rechter Gebrauch Alchymeis*, których ukazało się kilkanaście w XVI wieku i które mimo mylącej nazwy nie mają nic wspólnego z mistyczną alchemią. W inwentarzach tych znajdziemy dalej Alexego Pedemontana *De Secretis*, Fallopiusza z Modeny *Secreti diversi*, a w końcu olbrzymie dzieło Georgiusa Agricoli *De Re Metallica* oraz wspaniałe podręcznik probierski owych czasów Łazarza Erckera *Beschreibung allerführnemsten Mineralischen Ertz*.

Pamiętać należy, że łacina była u nas wówczas bardzo rozpowszechniona, a język niemiecki, szczególnie wśród mieszczaństwa, dobrze znany. Wymienione książki dadzą nam minimalny zarys ówczesnej wiedzy chemicznej w Polsce. *De Re Metallica* Agricoli posiadali Zygmunt August

Lapis philosophicus a D^{no}
 Martino Casperberowicz ordi
 nis Cartusianorum in agone Her
 tis sue descriptus pro testamen
 to amicis datus

℞ lb i & lb i vitrioli vulgaris et
 dimidia lb salis communis po
 ne vitrioli et sal in vas sublima
 toris ad ignem proceri in his Mercuri
 guttatim commiscendo ut totus in corpo
 rearet et omnino nil appareat tanq^{uam} post
 ad furnum sublimatorium et hoc quatuor
 dies colige pulcherrime et frigus fuit abbi
 & colige vitrioli et salis communis tota
 cui austerius nigrum virginem Mercuri
 sublimasti sublima virginem et hinc
 pura et sic iam habebis & puritati sua
 humiditati et optimis om^{nibus} operari

Postea ℞ S^umb^u Mercurij lb i rem
 Recipe straminis duricoris et siccioris
 in tantum quantum posuit ad dim
 dea p^{er} h^{oc} vrenum h^{oc} ingred^{ere} et h^{oc}
 ad aliud vrenali id est quia d^{icitur}

*Et protensisima Immutata Cracovichis Bibliotheca, omnium (sane olim)
Artium et scientiarum libris munificè ornata, vno saltem aduoc (raro valde)
esset memento ornatio. (tam, propter Repub. literaria emolumentum
aliquod, aliquando, vide futurum, quam ut mea, per hoc, tale quale munus,
erga gravissimum, doctissimū, discretissimūq. Virum, Reuerendum
Dominum Martinum Bihensem, Cononicum Cracovichem, Sacre
Theologia Doctorem, empiricūq. Universitatis dignissimum Rectorem, et
alios optimarum artium professores, studiososq. contes fata esset
benivolentia, et officiorum meorū prastandarum promptitudo :) Hoc
Opusculum, valde antiquum, Maximi Planudes, Monachi Constanti
nopolitani (ex Illustrissimi illius Boetij Conpolatione Philosophiæ
Latina, græca Versione, conscriptum) Ego Ioannes Dee Anglus,
Philosophiæ Christianæ, et Mathematicarum Artium Studiosus, eidem
Bibliotheca, in perpetuos Studioforum Usus do: immo libentissimè et
humillimè, propria manu offero.*

Novembri die 24 Anno Dñi, 1584

Ioannes Dee, Londinensis

*Adiunguntur etiam Catonis Romani Prologus
in Ciceronem, Libris quinq. ab eodem
Maximo Planude, ex lingua sua Latina
in græcum conversa Sermonem.*

Liber vnus
De secretis Antimonij.

Das ist/

Von der gros-
sen heymlicheit/ des An-
timonij die Artzney belangent.

Durch den Edlen/ vnd hochges-
lehrten Herrn Alexander von
Suchten/ der waren Philosophi, vnd
Artzney Doctorn.

Allen Medicis nothwendig zu wissen.

LXXX 8.

*Non est occultum, quod non manifestum sit futu-
rum: nec absconditum, quod non cognoscendum,
& in propatulum venturum.*

Cum Privilegio Cesareo ad decennium.

Getruckt zu Straßburg/ bey Chris-
tian Müllers Erben. Anno

1 5 7 0.

De Præparationibus
P. THEOPHRASTI
PARACELSI, AB HOHENHAIM
Germani, Philosophiæ Medici, omnium
iudicio absolutissimi:
Libriduo,

Cura et industria, summaq; fide et integritate, qua
fieri potuit, ab Adamo Schrötero, Silesio,
Philosopho et Poëta Laureato, etcet.
in lucem editi.

Cum privilegio Cæsareo ad Septennium.

CRACOVIAE.
Ex officina Typographica Mathiæ
Wirzbiatæ, Anno Domini
1 5 6 9.

Wankel 1798

ARCHIDOXÆ

PHILIPPI THEOPHRASTI PA.

PARACELSI MAGNI GERMANI PHI.

*lophi & Medici Solertissimi, et Mysteriorum
necnon secretorum et Artificii at solutis-
simi. Libri X.*

Nunc primum studio et diligentia Adami Schrö-
teri, Philosophi et Poëta Laureati etc. & Ger-
manico in Latinum translati, et editi.

Marginalibus annotationibus, & Indice copio-
sissimo, per Joannem Gregorium Macium,
Philosophum & Medicum, adiectis.

Cum Gratia & Privilegio Imperiali
ad Septennium

CRACOVIAE.

Ex Officina Typographica Mathie Wir-
biciæ, Typographi Regij.

*Flaviano Cakhar hi Kojda
Amico fratri suo Joanne
Gregorio Macio ite
Inveniendi pignus amara ..
victoris filio.
Tam in manu foy
Cakhar fratri & foy
invenit in manu C.*

oraz Just Decjusz, zwierchnik Kaspra Bera. W Bibliotece Jagiellońskiej znajduje się obecnie egzemplarz księgi Agricoli noszący podpisy Schneebergera i Retyka. Dzieło *De Re Metallica* daje nam całokształt ówczesnej wiedzy górniczo-hutniczej. Zawiera w VII i XII Księdze dużo wiadomości z zakresu chemii. Prawdopodobnie Agricola był sam w Polsce, opisuje bowiem dokładnie polskie sposoby wytapiania ołowiu.

Opierając się na wspomnianych dziełach i książkach, postaram się zrekonstruować szkieletowo wyposażenie ówczesnego laboratorium oraz opisać, w jaki sposób przeprowadzano w nim niektóre analizy i syntezy.

Przede wszystkim piece laboratoryjne o różnych kształtach i przeznaczeniach należały do przyrządów, do których XVI-wieczny alchemik czy probierca przywiązywał bardzo duże znaczenie. Poza najbardziej cennym piecem krytym — *athanorem*, były w użyciu oddzielne piece do kalcynacji czyli prażenia, oddzielne do cementacji czy ogrzewania metali z siarką lub ołowiem, piece kupelacyjne — *furni catini*, piece do rewerberacji, czyli do ogrzewania ogniem bezpośrednim, piece ascensoryjne i descensoryjne służące do destylacji, a w końcu małe piece probiercze. Leksykon alchemiczny Marcina Rulanda (r. 1575) wymienia aż 20 rodzajów pieców. Zygmuntowi III szlachta zarzucała na sejmikach, że „...gra w piłkę i wciąż nowe piece buduje“. Cóż mu się dziwić? To drugie zajęcie musiało być pasjonujące. Kąpiele Marii tak nazwane łaźnie wodne, łaźnie piaskowe, żelazne, czyli wypełnione opiłkami żelaza, łaźnie gnojowe — były nieodzowne w ówczesnych pracowniach. W związku z piecami i łaźniami warto też wspomnieć, że zwracano wtedy baczną uwagę na temperaturę reakcji, posługując się do oznaczenia jej tzw. *Gradi Ignis* — stopniami ognia. Skal takich było wiele. U Zuchty znajdujemy następujące stopnie ognia:

- 1) gdy ciało ogrzewane można dotknąć ręką i jest tak gorące jak dzień Sw. Jana,
- 2) gdy ogrzewane ciało zaczyna rękę parzyć,
- 3) gdy piasek łaźni względnie pieca jest tak gorący, że drzewa jeszcze nie zwęgla,
- 4) gdy drzewo w piasku się zwęgla, ale jeszcze nie żarzy.

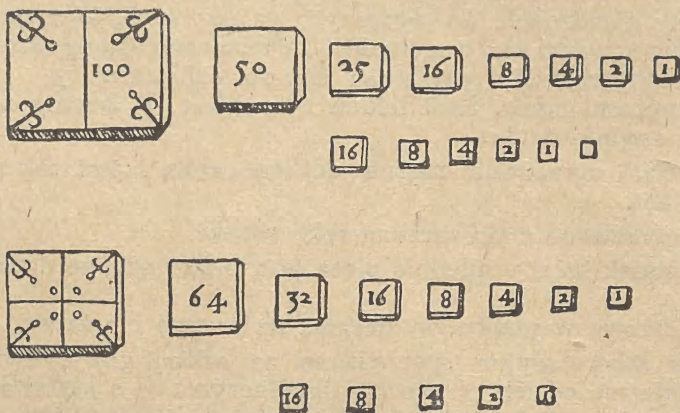
Naczynia laboratoryjne sporządzano ze szkła, gliny, cyny, żelaza, miedzi — zależnie od ich przeznaczenia. Naczynia te o kształtach dla nas dziwacznych miały chyba jeszcze dziwaczniejsze nazwy: Fiola, czyli strus była to kolba o bardzo długiej szyi. Naczynie przypominające obecną zlewkę nosiło nazwę matuli, kolba z bardzo krótką szyją — kukurbity, nasadka destylacyjna — alembiku; alembik z kołnierzem pozwalającym na chłodzenie wodą nosił nazwę głowy murzyna. Kolba z szeroką szyją i alembikiem nosiła nazwę niedźwiedzia albo urnału. Skomplikowany aparat do frakcjonowanej destylacji był nazywany hydra herculea. Poza tym były żółwie, pelikany, dioty, bliźniaki, które nie łatwo opisać. Różnego kształtu tygle metalowe i gliniane, parownice, krystalnice, przyrządy do sączenia, rozdzielacze i odstojniki uzupełniały inwentarz laboratorium. Rzecz zrozumiała, że szlifów ani korków w owych czasach nie znano, a łączenie alembików z kolbami względnie montowanie bliźniaków wymagało uszczelnień. W tym celu używano tzw. *lutum sapientiae* lub pie-

części Hermesa. Była to, wg Zuchty, papka przygotowana z mielonej cegły z równą częścią popiołu i dobrego kleju.

Zwiedzając XVI-wieczne laboratorium znaleźlibyśmy na poczesnym miejscu wagi. Było ich kilka rodzajów na wielkie, średnie i małe obciążenia. Waga najczulsza, czyli analityczna znajdowała się w oszklonym pudle, by, jak pisze Agricola, ochronić ją od kurzu, wszelkich powiewów i przeciągów. Przepisy o tym, jak należało zbudować wagę, wyznaczyć jej czułość, jak należało się z nią obchodzić, możemy znaleźć w książeczce Cyriaka Schreittmanna wydanej we Frankfurcie w 1580 roku. Belkę wagi, o długości 60 razy większej od jej przekroju, należało sporządzić z kutego żelaza. Srebrne szalki zawiesić na jedwabnym sznurze. Języczek wykonać ze stalowego drutu. Odważniki wykonywano ze srebra i przechowywano w odpowiednich pudełeczkach z wyciętymi na nie wgłębieniami. Już wówczas zalecano brać odważniki wyłącznie szczypcami.

Stopa miar i wag była bardzo różnorodna w XVI w.; bez mała każde miasto miało swoją. W probierstwie jednak często stosowano następujący rodzaj stopy (Schreittmann):

1 funt = 32 łuty = 128 kwintli = 1 105 902 atomów czyli elementów. Wziąwszy pod uwagę czułość ówczesnej wagi trudno uwierzyć, by te atomy, które — jak Cyriak Schreittmann pisze — „były lekkie jak pył widziany w blasku słońca“, mogły być kiedykolwiek w użyciu. Agricola



Rys. 4. Odważniki analityczne (probiercze) w XVI wieku wg Agricoli *De Re Metallica*, Bazylea 1556

podaje inną stopę; u niego centnar probierczy, czyli drachna (około 3,6 g) dzieliła się na uncje probiercze (1,14 mg), a te z kolei na silici (1 silic = = 0,57 mg).

Zdumienie nas ogarnia z chwilą, gdy przeglądamy ówczesne przepisy analityczne. Okazuje się, że analiza chemiczna nie była obca chemikowi, probiercy czy też jatrochemikowi. Na przykład: złoto w minerałach lub kruszcu oznaczano się w ten sposób, że 1 drachmę badanej próbki, czyli około 3,6 g należało prażyć z 1 uncją (ok. 30 g — nie jest to uncja pro-

biercza!) ołowiu z dodatkiem tzw. sztucznej soli zmieszanej z potażem wraz z suchą pozostałością po destylacji moczu; potem poddawano produkt kupelacji, a otrzymane ziarno złota ważono. Następnym etapem było oznaczanie zawartości srebra w wytopionym zlocie, czego dokonywano albo przez wytrawianie go kwasem azotowym względnie przy pomocy lidyty i igieł probierczych. Trzeba podkreślić, że stosowano wówczas cztery rodzaje igieł probierczych: złoto-srebrnych, miedziano-złotych, złoto-srebrno-miedzianych oraz miedziano-srebrnych. Pierwszych trzech używano do badania złota, czwartego rodzaju — do srebra. Do badania zaś stopów srebra i złota używano 12 igieł, do stopów złota i miedzi — 13, do stopów łącznych złota, srebra i miedzi — 37, do srebra z miedzią 24 lub 31 igieł. Czystość złota i srebra oznaczano w karatach, co i dzisiaj jest w użyciu.

Srebro w minerałach oznaczano podobnie jak i złoto, ogrzewając z ołowiem i kupelując do błysków srebra. Wody źródlane, które ze względu na ciemną lub mleczną barwę podejrzewano o zawartość srebra, odparowywano do suchości, a pozostałość ogrzewano z ołowiem.

Cyna w XVI wieku w Polsce, jak zresztą często i za granicą, była zaliczana do metali szlachetnych. Miała ona swoją punce: orla i inicjały królewskie. Rozporządzenie Zygmunta Augusta z 1555 r. dla konwisarzy krakowskich i poznańskich dokładnie określało próbę tego metalu. Cynę w minerałach oznaczano tym sposobem, że odważoną i utartą na pył próbkę umieszczano we wgłębieniu kawałka węgla drzewnego, po czym zasypywano ją pyłem węglowym. Po wyprażeniu w piecu zredukowany metal ważono. Czystość cyny oznaczano przez porównywanie mas równo odlanych kul z cyny czystej-wzorcowej i badanej. Można wnioskować z cytowanych poprzednio wypowiedzi Zuchty, że oczyszczanie cyny na drodze mokrej poprzez kwas metacynowy było również w użyciu.

Podobnie jak cynę oznaczano w minerałach antymon, bizmut i przy tym umiano je odróżnić. Rtęć oznaczano ilościowo przez ogrzewanie zważonej próbki badanego minerału z opiłkami żelaza w zamkniętej retorcie i następnie ważenie skroplonej rtęci w odbieralniku. Żelazo w rudzie oznaczano przez prażenie próbki z węglem i następnie ważenie oddzielonych przy pomocy magnesu ziarenek żelaza. Siarkę lotną, tzn. tę którą można otrzymać przez suchą destylację piryty, oznaczano przez prażenie odważonych ilości tego minerału w otwartych tyglach. Różnica mas piryty oraz powstałego na skutek prażenia *Caput mortuum* (tlenek żelaza) przedstawiała zawartość siarki, co jest zgodne w granicach kilku procent błędu. Dzięki tego rodzaju analizie przekonywano się o przydatności danego piryty do wyrobu witrioli.

Miedź w minerałach wykrywano przy pomocy perły fosforanowej lub boraksowej. Zarówno boraks, jak i fosforan amonowo-sodowy otrzymywany z moczu były wówczas w częstym użyciu. Miedź w rudach oznaczano ilościowo przez redukcję jej węglem przy użyciu boraksu, szkła tłuczonego i potażu.

Tylko laik i niedouk alchemiczny mógł sądzić, że powleczenie miedzią żelaza, zanurzonego do „koperwasu“ (siarczanu miedzi), jest transmutacją metali — tak jak się to dzisiaj często mylnie mniema o tych czasach. Ercker pisze wyraźnie w III rozdziale swej książki, że żelazo z roztworów

solu miedzi wytrąca miedź, miedź z kolei wytrąca srebro i złoto z roztworów, a złoto z jego soli można wytrącić srebrem. Zastanawiający jest fakt, że w bogatej literaturze niemieckiej z zakresu historii chemii nie ma żadnej obszerniejszej pracy na temat Łazarza Erckera i jego książki, która była w użyciu w ciągu ponad 150 lat.

A jak przedstawiały się w tym czasie import i eksport chemikalii, produkcja chemikalii i szkła chemicznego? Cynober, rtęć były sprowadzane z Austrii. Olej merkurialny, tzn. azotan rtęci, sublimat, kalomel wytwarzało każde laboratorium samodzielnie. Cech złotników lubelskich sprowadził w 1562 roku poważne ilości rtęci. Miedź sprowadzano z Węgier, cynę z Saksonii i Anglii, sodę i boraks z Włoch; antymon, jego siarczki, arszenik, którego właściwości były dobrze znane, sprowadzano z Niemiec. Ze Wschodu sprowadzano indygo i inne barwniki roślinne. Produkcja czerwca w XVI wieku zamiera u nas w Polsce, bowiem towar eksportowany był tak zafałszowany, że nie chciano go kupować za granicą.

Chemikalia można było kupić w każdej aptece. Inwentarz zapasów krakowskiego aptekarza Wojciecha Rzęczyca z r. 1566 wymienia poza licznymi ziołami, cukrem, wyrobami cukierniczymi i takimi specyfikami, jak kamień bazyliszków, lisie płuco, sproszkowana mumia, również antymon, sublimat, arszenik, aluny, salmiak, minię, siarczan miedzi, węglan amonu, naftę, terpentynę, kwasy. Szkło chemiczne sprowadzano z Wenecji i Wrocławia. Podobno też w Krakowie, który słynął z handlu szkłem, była w XVI wieku również huta szkła chemicznego. Kwasy mineralne azotowy, siarkowy i solny, wodę królewską wyrabiała każde laboratorium w swoim zakresie. Głównym surowcem wyjściowym do produkcji kwasów był siarczan żelazowy względnie alun. Otrzymywano je przez sztuczne wietrzenie drobno zmielonych wilgotnych pirytów lub łupków bogatych w piryty. Proces wietrzenia przeprowadzano w dużych zbiornikach, trwał przez kilka miesięcy. Po tym czasie zadawano wodą deszczową, a powstały roztwór przeprowadzano rynnami do panwi, w których roztwór zagęszczano. Wytrącający się najpierw gips oddzielano a z roztworu krystalizowano siarczany. Aluny natomiast otrzymywano w ten sposób, że do takich roztworów przed krystalizacją dodawano moczu względnie potażu, bo jak Agricola pisze: „Mocz oddziela witriol od alunu; ten ostatni osadza się na dnie, a pierwszy pozostaje w roztworze“.

Aluny są, rzeczywiście, trudniej rozpuszczalne niż pojedyncze siarczany. Najbardziej ceniony z alunów był alun rzymski, występujący jako alunit w Tolpa koło Rzymu. Po całej Polsce licznie były rozsiane saletrzarnie; za granicę eksportowano duże ilości saletry. Saletrę otrzymywano dwoma metodami, które w swoim chemizmie właściwie sprowadzały się do jednej. Pierwsza metoda polegała na tym, że brano bogatą w azotany ziemię ze stajen i owczarni, układano ją w beczkach warstwami, na dłoń wysokimi, na przemian z mieszaniną dwóch części palonego wapna i trzech części popiołu dębowego. Taką zawartość beczek zalewano wodą. Powstały roztwór odsączano i zalewano znowu wodą. Nie każdy z nas zdobył by się na badanie ziemi stajennej do wyrobu saletry według zalecenia Agricoli. Mianowicie, należało przez pewien czas trzymać jej próbkę w ustach, a słony i ostry smak świadczył o jej przydatności. Lepszą stanowczo metodą ilościowego badania ziemi stajennej podaje Ercker, m. in. pewną

ilość wyciągu wodnego badanej ziemi odparować do sucha, a suchą pozostałość ogrzewać na węglu, bacznie zwracając uwagę na pryskanie, topliwosć i palenie się próby. Druga metoda otrzymywania saletry polegała na tym, że gnojówką z różnymi odpadkami organicznymi z rzeźni i garbarni polewano ziemię zmieszaną z wapnem. Na skutek procesów fermentacyjnych powstałe azotany wapnia wylugowywano, by z kolei przez działanie potażem przeprowadzić je w saletrę potasową.

Z saletry i alunu otrzymywano kwas azotowy przez prażenie ich w zamkniętych retortach. Otrzymywano w ten sposób kwas surowy, bowiem zawierał on chlorki i nie nadawał się do oddzielania srebra. Chlorki z takiego kwasu usuwano, gotując go ze skrawkami blachy srebrnej. Po odsączeniu chlorków srebra ponownie kwas destylowano. Wodę



Rys. 5. Laboratoryjne otrzymywanie siarki w XVI wieku wg Agricoli *De Re Metallica*, Bazylea 1556

królewską przyrządzano przez ogrzewanie mieszaniny alunu, saletry i soli. Fabrykację kwasu solnego podaje Della Porta: należy ogrzewać zwykłą sól z alunem, wówczas powstaje „woda solna co bieli zęby”. Przez ogrzewanie w retorcie soli zwykłej, pisze ten sam autor, z „wodą destylowaną z saletry” otrzymuje się „wodę solną” i saletrę.

Przypadkowo całkiem znalazłem krótki łaciński rękopis z roku 1560, pochodzący z Krakowa, traktujący o destylowaniu kwasu siarkowego. Nieznanym autorem rękopisu był Polak, na co wskazują liczne glosy polskie pisane tym samym charakterem. Rękopis ten podaje, jak fabrykowano w Krakowie kwas siarkowy w XVI wieku. Należało wpierw ogrzewać siarczan żelaza aż do barwy czerwonej, sproszkować, umieścić w retorcie

możliwie płaskiej, połączyć z długim i szerokim odbieralnikiem oraz dobrze uszczelnić gliną. Następnie trzeba było retortę umieścić w piecu, ogrzewać najpierw słabo aż do ukazania się dymów, potem mocno aż cały odbieralnik pokryje się nalotem, co było znakiem, że destylacja jest ukończona. Po zgaszeniu ognia w piecu i ostygnięciu retorty należało odbieralnik z zawartością ogrzewać na łaźni wodnej, by pozbyć się flegmy względnie przykryć szmatą i pozostawić na kilka dni. O przepisie tym możemy obecnie powiedzieć, że jest wygodny, szybki i tani. Procedura jest tak prosta, że nie wymaga chyba komentarzy.

Trudno mówić o przemyśle chemicznym w Polsce w XVI wieku; niemniej jednak istniały załączki jego w postaci manufaktur. Szkło wytwarzano w Myślenicach, Szklarach pod Krakowem, w Poznaniu, w Lasach Radoszyckich. W drugiej połowie XVI w. Mateusz Al m a n założył duże huty szkła. Centrum handlu flaszkami, szklankami i błonami — jak wówczas nazywano szyby — mieściło się, jak już wspomniałem, w Krakowie. Tak zwane szkło krakowskie wysyłano do Węgier, Mołdawii i dalej. W 1583 r. Włoch Antoni De Ste zi uzyskał przywilej od Batorego na założenie fabryki majoliki; Ste zi sprowadził z Włoch współpracowników, fabryka jednak szybko upadła na skutek kłótni jej twórców. Na Karpackim Podgórzu eksploatowano zarówno sól potasową, jak i kamienną. W Swoszowicach pod Krakowem kopano i destylowano siarkę. Całe lasy palono, by eksportować do Flandrii potaż, celowali w tym magnaci. Rozwiniętą u nas gałęzią przemysłu było garbarstwo; z samego Krakowa w r. 1533 wywieziono 87 000 skór wyprawnych. W każdym większym mieście fabrykowano mydło z łoju wołowego, baraniego, masła i potażu. Ilość mydlarzy była jednak ograniczona, np. w Krakowie liczba ich mogła dochodzić tylko do dwunastu, gdyż jak majstrzy mydlarscy twierdzili: „Gdyby się zagęściła większa liczba mydlarzy wtedyby nie tak warowne mydło robione było i drogość by większa łoju była.”

Mydło wyrabiano w twardych tablicach, które nosiły znaki fabrykantów. Podobnie jak saletrarnie tak i prochownie były rozrzucone po całej Polsce. Zdaje się, że młyny prochowe miał niemal każdy większy gród czy zamek. W 1523 r. wyleciała w powietrze olbrzymia na owe czasy fabryka prochu w Zwierzyńcu pod Krakowem. Za panowania Batorego Mikołaj S c h u l t z — prochownik króla jegomości w Zielonce pod Krakowem oraz Sebastian S z y j o w s k i w Czajowicach wybudowali wielkie młyny prochowe. Smolarni było także bez liku. Pod Sączem destylowano terpentynę, którą spławiano tratwami do Gdańska oraz wywożono na Węgry. Destylowano również ropę naftową, a nafta jako lek przy schorzeniach skóry miała odbiorców wśród aptekarzy i medyków. Z piwa słynęły Pułtusk, Dobrzyń i Sącz. Napój ten wyrabiano z pszenicy, żyta lub jęczmienia, przy czym przez pewien okres wyrób piwa z jęczmienia był karany jako fałszerstwo.

Już z tego krótkiego szkicu rozwoju chemii w Polsce w XVI w., który przedstawiłem, wynika niezbicie, że zainteresowania naszych pradziadów w tym kierunku były bardzo duże. W takim razie czym wytłumaczyć tak małą ilość rękopisów alchemiczno-chemicznych i tak małą ilość druków z tej dziedziny? Otóż, rękopisy i druki chemiczne niszczyły się w laboratoriach, nieraz paliła je inkwizycja dominikańska, a często były

umyślnie niszczone jako mające coś wspólnego z nieczystymi siłami. Wiele z nich ponadto zostało wywiezione za granicę przez namiętnych zbieraczy. Najprawdopodobniej, zaledwie tylko parę procent naszych XVI-wiecznych ksiąg dochowało się do obecnych czasów. Niektóre prace alchemiczno-chemiczne znamy obecnie tylko z tytułów.

Jak wytłumaczyć natomiast fakt, że u nas w następnych wiekach nie rozwinęły się nauki przyrodnicze mimo tak pięknych tradycji XVI-wiecznych? Czemu nie rozwinęła się zdrowa myśl chemiczna? Dlaczego nie mieliśmy swoich Boylów i Łomonosowów? By odpowiedzieć na te pytania, należy wnikać w ówczesną strukturę gospodarczą. Warstwa rządząca — szlachta widziała tylko dla swych synów dwie możliwości kariery, mn. wojskowo-administracyjną oraz na szczeblach hierarchii kościelnej, no i w najgorszym razie w handlu, ale tylko zbożem, nie czym innym. Szlachta więc nie dopuszczała mieszczan i chłopów nie tylko do wyższych stanowisk zarówno administracyjnych, jak i kościelnych, lecz także nawet i do szkół. Chłop był prawnie przywiązany do ziemi. Akademia Krakowska miała dla plebejuszy zamknięte podwoje. Gorsząc burdy religijne żaków, które miały miejsce w jej murach, słaba i lichy płatna obsada profesorska spowodowały, że Akademia Krakowska straciła jakiegokolwiek znaczenie na długie lata. W r. 1560 na sejmie w Piotrkowie padł nawet wniosek, by tę jedyną w Kraju uczelnię w ogóle zlikwidować. Studia za granicą, w następnych wiekach, miały przeważnie charakter dorywczy i były uważane za konieczne do zdobycia tzw. oglady towarzyskiej. Drugą przyczyną upadku nauk przyrodniczych w Polsce były kwestie religijne. Kościół katolicki widział źródła wszelkich herezji przede wszystkim w czytaniu biblij i oraz w studiowaniu nauk przyrodniczych. Stojąc niewzruszenie na fundamentach przyjętej filozofii Arystotelesa, tępił wszelkie nowinki i wszystko co nie było zgodne z usankcjonowanymi tezami tego filozofa. Nieco inaczej zaś przedstawiały się te sprawy w Niemczech, Anglii, Holandii i Francji, gdzie głos w sprawach wiary mieli Kalwin, Luter, Zwingli czy Arianie. Tam też, a nie u nas, powstały zręby współczesnej wiedzy przyrodniczej. Marcin Luter bardzo przyjaźnie odnosił się nawet do alchemii, widząc w jej alegoriach podobieństwo do zmartwychwstania, sądu ostatecznego itp. Kościół katolicki w alchemicznym mistycyzmie widział herezję, której rozwojowi należało ostro przeciwdziałać.

Zwykłą koleją czasu nadszedł rok 1600. W Rzymie ginie na stosie Giordano Bruno. Na Śląsku Jakub Böhme głosił koniec świata. W naszym Kraju gasowała zaraza. W tymże roku umarł w Lublinie Wojciech Oczko. Alchemik lwowski Stanisław Karliński napisał nowy prognostykon. Alchemik Pontezjusz wyjechał z Krakowa do Anglii, by Johnowi Dee zastąpić Kelleya. W roku tym sekretarz i poseł królewski Michał Sędziwój, po kilkunastu latach nieobecności, powrócił do Polski po to, by znowu się udać w następną podróż. Rok ten zakończył wiek XVI, który pięknie ma zapisane karty historii naszej nauki.

Artykuł ten jest skrótem kilku rozdziałów przygotowywanej przez autora do druku monografii pt. *Alchemia i chemia w dawnej Polsce*. Tam też czytelnik będzie mógł znaleźć wszystkie przypisy i odnośniki do literatury.

Adam Danek

PODSTAWY POLAROGRAFII I JEJ ZASTOSOWANIE W BIOLOGII *

W roku bieżącym mija 33 lat od chwili ukazania się pracy Sylwestra Prata *Die Anwendung der Polarographie in der Biologie*. Praca ta zapoczątkowała nowy kierunek w polarografii związany z badaniem żywej materii i rozwijający się równie szybko jak polarografia teoretyczna czy przemysłowa. O tempie tego rozwoju świadczy fakt, że blisko $\frac{1}{3}$ ogłoszonych do dziś publikacji z zakresu polarografii wiąże się bezpośrednio z biologią, biochemią, medycyną lub farmacją.

Istotę polarografii — metody analitycznej opracowanej w latach dwudziestych przez J. Heyrovskiego¹ — stanowi elektroliza rozcieńczonych roztworów substancji ulegających elektroredukcji lub elektrotlenianiu, z równoczesną (zwykle automatyczną) rejestracją zależności natężenia płynącego przez roztwór ciągły napięcia. Elektrolizę tę prowadzi się w specyficznym układzie elektrod: jedną z nich jest kroplowa elektroda rtęciowa, drugą warstwa na dnie naczynka elektrolitycznego (rys. 1). Każda z tych elektrod może być użyta jako katoda lub jako anoda. Prądem elektrolizy kierują w takim układzie elektrod zjawiska zachodzące na elektrodzie kroplowej o małej powierzchni, ponieważ potencjał jej ulega zmianie na skutek zmiany przyłożonego napięcia. Potencjał drugiej elektrody pozostaje praktycznie stały, niezmienny z uwagi na to, że liczba jonów rozładowujących się na niej jest bardzo mała w stosunku do jej dużej powierzchni. Tym samym odgrywa ona rolę elektrody porównawczej.

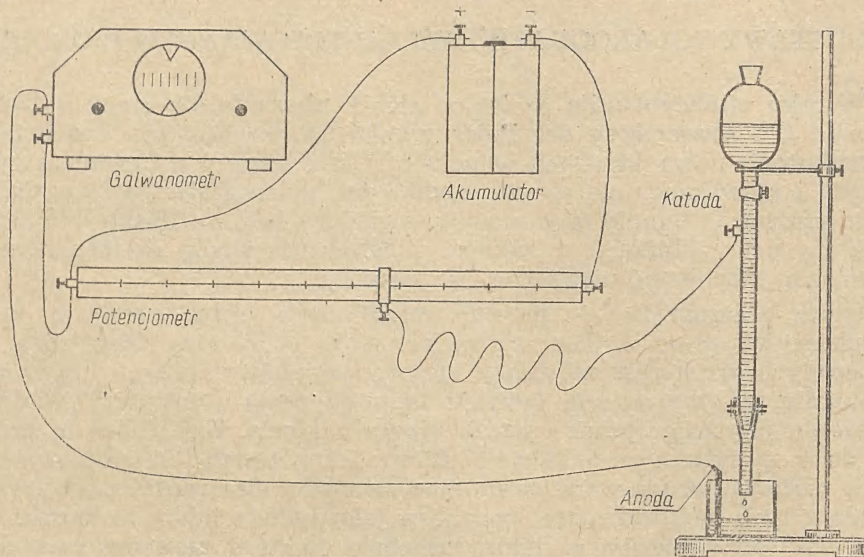
Aby rozumieć zasadę procesu polarograficznego, należy rozpatrzyć zachowanie się takich elektrod zanurzonych do roztworu zawierającego substancję ulegającą redukcji, np. jony cynku, oraz zmiany natężenia prądu (i) płynącego przez roztwór w czasie zmiany przykładanego napięcia (V).

Początkowo mimo wzrostu napięcia natężenie prądu równa się zeru, prąd przez roztwór praktycznie nie płynie. Elektroda kroplowa jest całkowicie spolaryzowana, tzn. tworzy z elektrodą porównawczą ogniwo gal-

* Referat wygłoszony na posiedzeniu Krakowskiego Oddziału Polskiego Towarzystwa Przyrodników im. Kopernika w dniu 13.I.1959 r.

¹ W Polsce zagadnieniami polarografii zajmuje się od wielu lat prof. dr. W. Kemula, który wraz ze swoimi współpracownikami ogłosił wiele interesujących prac z tej dziedziny. Z polskich prac omawiających zastosowanie polarografii w biologii i biochemii na wymienienie zasługuje artykuł J. Witwickiego „Zastosowanie polarografii w biochemii i biologii” (Prace Konferencji Polarograficznej — Warszawa 1956 r., str. 147—190).

waniczne, którego *SEM* kompensuje przyłożone napięcie. Wykres zależności: $i=f(V)$ przebiega prawie poziomo (rys. 2). Z chwilą osiągnięcia pewnego napięcia (w naszym przypadku około 1 V) natężenie prądu zaczyna silnie wzrastać (rys. 2, pkt B). Elektroda kroplowa osiągnęła potencjał rozkładowy cynku, przez roztwór płynie prąd elektryczny, w układzie zaczęła się normalna elektroliza: jony cynku (depolaryzatory) redukują się na kroplowej katodzie. Dalszy wzrost napięcia powoduje wzrost natężenia prądu zgodnie z prawem Ohma ze względu na to, że zwiększa się



Rys. 1. Schemat układu polarograficznego

ilość jonów cynku redukujących się na kroplowej katodzie. Ponieważ liczba tych jonów doprowadzonych do powierzchni elektrody uwarunkowana jest ich dyfuzją z wnętrza roztworu do powierzchni elektrody, następuje taki moment, w którym natężenie prądu przestaje wzrastać pomimo dalszego wzrostu przykładanego napięcia. Tę ustaloną wartość natężenia prądu nazywamy prądem granicznym. Na wartość jego wpływa jednak w pewnym stopniu wędrówka jonów w polu elektrycznym wytworzonym pomiędzy elektrodami, przy czym liczba jonów wędrujących ku elektrodom rośnie ze wzrostem napięcia. Aby to niepożądane zjawisko usunąć, dodaje się do analizowanego roztworu substancji, która redukuje się przy potencjale bardziej ujemnym niż badany jon czy cząsteczka, a będąc w dużym nadmiarze przejmując na siebie całe przewodnictwo, tak że analizowany składnik (w rozpatrywanym przez nas przypadku jony cynku) praktycznie nie bierze udziału w przewodzeniu prądu. Substancja taka, którą może być np. KCl, stanowi tzw. elektrolit podstawowy. Prąd graniczny mierzony w przypadku obecności dużego nadmiaru soli przewodzącej nosi nazwę prądu dyfuzyjnego. Nazwa „dyfuzyjny” podkreśla, że natężenie tego prądu zależy wyłącznie od szybkości dyfuzji depolaryzatora z wnętrza roztworu do powierzchni elektrody kroplowej. Ponieważ szyb-

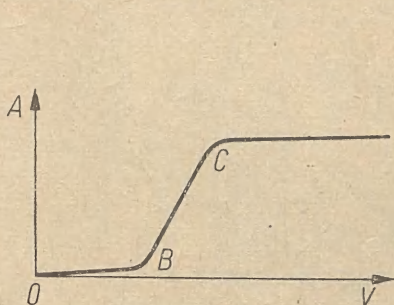
kość ta z kolei zależy od stężenia analizowanej substancji w roztworze, wartość natężenia prądu dyfuzyjnego jest miarą tego stężenia.

Jeżeli w roztworze znajdują się obok siebie dwie lub więcej substancji ulegających redukcji (np. jony cynku i manganu) wykres zależności natężenie — napięcie przyjmuje postać jak na rys. 3.

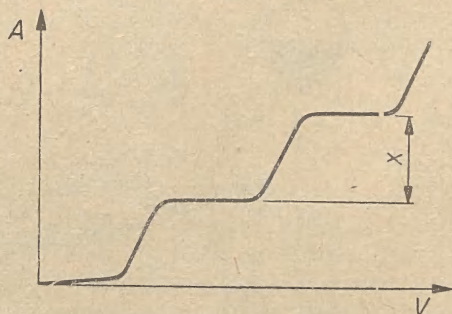
Wykresy takie jak ten i poprzedni nazywamy krzywymi polarograficznymi, poszczególne stopnie na krzywych — falami, a odcinek x odpowiadający prądowi dyfuzyjnemu — wysokością fali.

Jak widać z rysunku, fala na krzywej polarograficznej ma dwie zasadnicze cechy: napięcie, przy którym zaczyna się proces elektrolizy i wzrost natężenia prądu oraz natężenie prądu dyfuzyjnego określone wysokością fali.

Pierwsza z tych cech — potencjał wydzielania — jest różny dla różnych substancji, zależy jednak od wielu czynników (między innymi od stężenia roztworu) i dlatego nie może w pełni charakteryzować depolaryzatora jakościowo. Z rozważań teoretycznych dotyczących równania



Rys. 2. Wykres zależności natężenia prądu od napięcia w układzie polarograficznym (Polarogram)



Rys. 3. Polarogram

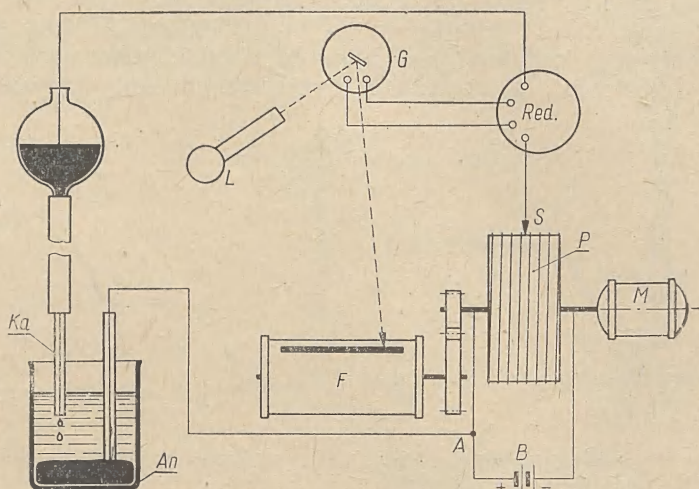
fali polarograficznej wynika, że wielkością charakteryzującą depolaryzator jednoznacznie, w sposób niezależny od stężenia jest potencjał półfali, tj. potencjał mierzony w połowie wysokości fali polarograficznej. Wielkość ta jest w danym roztworze podstawowym ważną stałą fizykochemiczną o takim znaczeniu dla depolaryzatora, jak jego temperatura wrzenia, topnienia, gęstość, współczynnik załamania światła itp.

Druga cecha fali polarograficznej — natężenie prądu dyfuzyjnego, mierzone jako wysokość fali, pozwala interpretować polarogram ilościowo i wyciągać wnioski o stężeniu depolaryzatora w roztworze. Najprostsza metoda polega na sporządzeniu krzywej kalibracyjnej, czyli wykresu zależności wysokości fali od stężenia.

Dla otrzymania polarogramu za pomocą przyrządu przedstawionego na rys. 1 należałoby po każdorazowej zmianie napięcia odczytać wielkość natężenia prądu płynącego przez roztwór i wyniki przedstawić w układzie współrzędnych natężenie — napięcie. Postępowanie takie, jakkolwiek ma wiele zalet, jest jednak długotrwałe i kłopotliwe. Trudności z nim związane pozwala ominąć aparatura skonstruowana przez twórcę metody po-

larograficznej, a której zasadę działania objaśniają rys. 4 i 5. Zarejestrowane automatycznie, zwykle na papierze światłoczułym, krzywe polarograficzne, noszą nazwę polarogramu.

Oznaczenia polarograficzne są czułe i szybkie. Stężenia analizowanych roztworów są rzędu 10^{-4} — 10^{-5} mola za liter, czas trwania analizy 2—8 minut (bez uwzględnienia przygotowania próbki do analizy, które może trwać od kilkunastu minut do kilku godzin). Ponieważ prąd płynący przez roztwór jest bardzo mały, rzędu 10^{-9} — 10^{-6} ampera, zużycie oznaczanej substancji jest również znikomo małe. W tej samej objętości roztworu analizę można więc powtórzyć wielokrotnie, bez wyraźnej zmiany stężenia depolaryzatora. Ponadto objętość badanego roztworu jest bardzo mała — kilka do kilkunastu mililitrów (w przypadku pracy w skali mikro



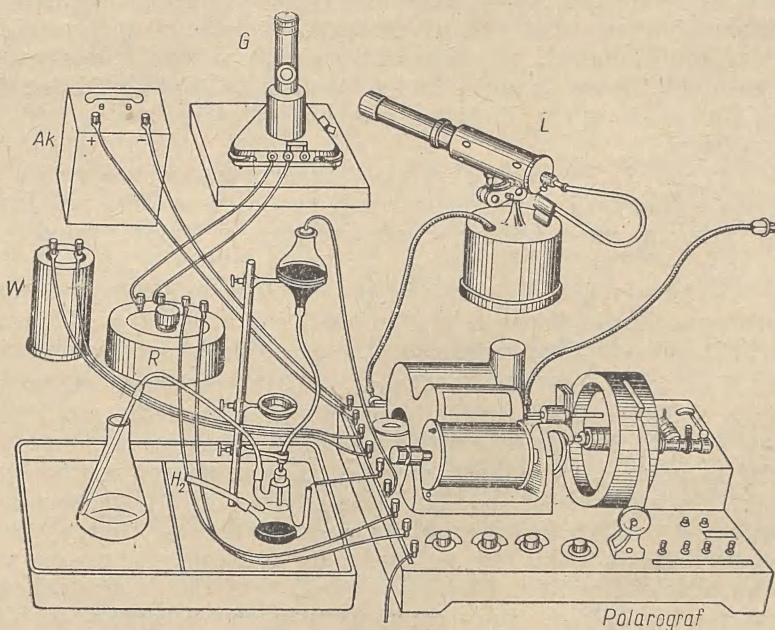
Rys. 4. Schemat polarografu Heyrovskiego: napięcie doprowadzane z akumulatora B na potencjometr P jest zbierane z niego poprzez zacisk A oraz ruchomy styk S i doprowadzone do anody An i katody Kd. Natężenie płynącego prądu pozwala zmierzyć galvanometr lusterkowy G oświetlany lampą L. Promień odbity od lusterka galvanometru pada na papier fotograficzny umieszczony w kasie F obracanej wraz z potencjometrem przez silnik M. Reduktor czułości Red. pozwala zmniejszyć czułość galvanometru.

do analizy wystarczy kropla roztworu), a z wykonanej analizy pozostaje trwały dokument — polarogram, obiektywny dowód wykonanej analizy.

Praktycznie zastosowania polarografii idą (jeżeli chodzi o zastosowanie w biologii) w kilku kierunkach. Obok wielu prac poświęconych analizie spotyka się prace mające na celu porównanie własności polarograficznych depolaryzatora z jego czynnością biologiczną, dalej badanie niektórych procesów fizjologicznych, badanie kinetyki reakcji chemicznych i struktury związków.

Jeżeli chodzi o badania analityczne, to dotyczą one zarówno połączeń nieorganicznych, jak i organicznych, analizy związków wyodrębnionych z tkanek, jak też oznaczeń *in vivo*. Ze związków nieorganicznych zbadano większość jonów metali, aniony niektórych kwasów tlenowych i bez-

tlenowych, cząsteczki obojętne w rodzaju O_2 , H_2O_2 , nadtlarki. Ze związków organicznych związki z grupami: nitrową, nitrozową, azową, dwuazynową, hydroksylaminową, karbonylową w aldehydach i ketonach, nadtlarkową, dwusiarczkową, karboksylową, związki z ugrupowaniem $C=C$ i $C\equiv C$ —, alkohole, endiole, związki chlorowcowe, czwartorzędowe zasady amoniowe. W ich liczbie znajduje się wiele związków biologicznie ważnych, jak hormony, enzymy, witaminy cukru, antybiotyki, azuleny, barwniki antocyjanowe, aminokwasy, glikozydy, alkaloidy. Wymienione



Rys. 5. Widok ogólny polarografu Heyrovskiego

grupy połączeń oznaczono również w płynach ustrojowych i tkankach, jak krew, limfa, płyn mózgowo-rdzeniowy, płyn śródoczny, sok żółdkowy, żółć, ślina, kał, mięśnie, kości, naskórek, szkliwo zębów, włosy oraz w narządach, jak serce, nerki, wątroba, śledziona i inne.

Ogólnie biorąc oznaczenia związków nieorganicznych w materiale biologicznym przeprowadza się po uprzednim zmineralizowaniu próbki lub ekstrakcji badanych połączeń z tkanki czy organu, dobierając taki skład roztworu podstawowego, przy którym inne związki przeszkadzające oznaczeniu zostaną zamaskowane tworząc kompleksy z elektrolitem podstawowym, bądź ich potencjały półfali będą przesunięte w kierunku wartości bardziej ujemnych niż potencjał półfali badanego jonu czy związku.

W przeciwieństwie do tej ogólnej zasady, słusznej w przypadku analizy związków nieorganicznych, analiza połączeń organicznych wymaga dobrania specjalnych warunków, zmieniających się od przypadku do przypadku.

Analizy te dają niejednokrotnie ciekawe rezultaty. Tak np. A. A.

Smirnow (1948) oznaczając zawartość cynku w erytrocytach potwierdził wysuwane dawniej przypuszczenie, że aktywność anhidrazy kwasu węglowego rośnie ze zwiększeniem poziomu cynku.

M. M. Ginzburg i J. E. Elpiner (1947) znaleźli większą zawartość cynku i miedzi w zębach zepsutych niż w zdrowych.

E. Hamamoto (1935) oznaczał mangan w ryżu łuszczone i niełuszczone, znajdując w jego łuskach 6 razy więcej manganu niż w ryżu łuszczone. Wątroba dzieci zmarłych na beri-beri zawiera przeciętnie o 50% mniej manganu niż wątroba dzieci zmarłych z innych przyczyn.

W obszernej pracy nad rakiem nabłonka płaskiego u myszy C. Caruthers (1950) znalazł, że zawartość Cu i Zn w tym stanie patologicznym ulega wybitnemu zmniejszeniu z $5,3 \mu\text{g Zn}$ i $0,58 \mu\text{g Cu}$ (na 100 mg) do $0,7 \mu\text{g Zn}$ i $0,10 \mu\text{g Cu}$. Podobną zależność stwierdzono w takich przypadkach u ludzi.

A. Velich i P. Sevchenko (1936) badając zawartość miedzi w pokarmie kobiecym i sianie (*colostrum*) zaobserwowali pewną zależność pomiędzy anemią noworodków i obniżonym poziomem miedzi w pokarmie.

H. G. Petering i F. Daniels (1938) badali zużycie tlenu przez wypręparowane tkanki szczura. W obecności soli sodowej kwasu cukrowego stwierdzili oni oddychanie jeszcze w godzinę po śmierci zwierzęcia.

G. H. Hartmann i O. F. Gaett (1942) oznaczali zawartość witaminy C w mleku z ilości znajdującego się w nim tlenu, ponieważ ubytek kwasu askorbinowego jest proporcjonalny do stężenia tlenu.

Chociaż w wielu przypadkach metodę polarograficzną można by zastąpić innymi, do stosowania jednak właśnie polarografii zachęca z jednej strony ogromna czułość, która umożliwia np. oznaczanie cystyny w hydrolizacie włosa o masie kilku mg, z drugiej zaś prostota wykonania pomiaru i niewielka objętość próbek. Niekiedy jednak metoda polarograficzna jest nie do zastąpienia, jak np. przy oznaczaniu kwasu dehydroaskorbinowego w obecności askorbinowego.

Drugą dziedziną, w której polarografia oddaje cenne usługi jest porównywanie czynności biologicznej związków z ich własnościami polarograficznymi, takimi jak potencjał półfali, będący miarą zdolności oddawania lub przyjmowania elektronów, kształt i wysokość fali polarograficznej, oraz zdolność do tłumienia tzw. maksimów na krzywych zależności $i=f(V)$.

Porównanie pierwszej z tych zależności — potencjału półfali i działania biologicznego doprowadziło do bardzo ciekawych wyników. Tak np. J. E. Page i F. A. Robinson (1943) stwierdzili, że wszystkie chinony obdarzone własnościami bakteriostatycznymi wobec Gram-dodatnich bakterii (*Staphylococcus aureus*) mają potencjały półfali w granicach — 0,10 V do — 0,15 V, przy czym najsilniejsze działanie wywierają związki o potencjałach półfali — 0,03 V.

A. G. Stromberg i L. M. Reinus (1946) badali wiele podobnych fuksionów: aurynę, rubrofen, eipiton, o-krezaurynę stwierdzając, że potencjały półfali tych związków niewiele różnią się między sobą. Rubrofen jest związkiem stosowanym w niektórych formach gruźlicy. Autorzy przypuszczali, że lek ten działa nie z uwagi na swoją strukturę, ale z uwagi na taką, a nie inną zdolność oddawania elektronów, wobec czego w ana-

logiczny sposób powinny działać pozostałe związki, które — jakkolwiek różnią się budową, mają takie same potencjały półfali. Doświadczenia potwierdziły ten pogląd przyczyniając się tym samym do poznania sposobu działania tych połączeń.

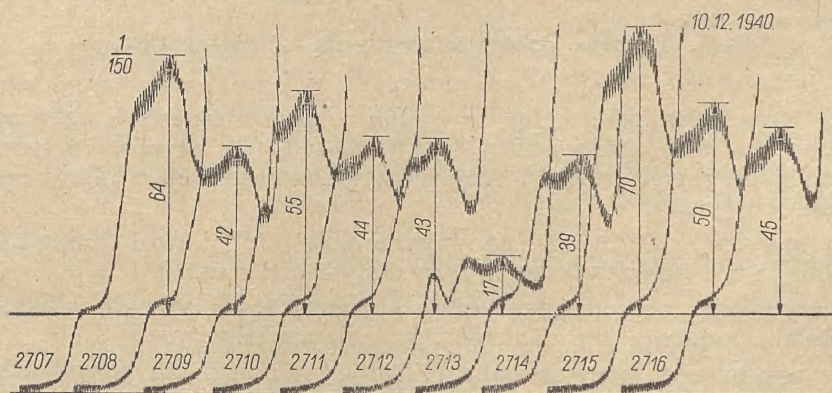
S. Wawzonek i J. H. Fossum (1951) badali zależność pomiędzy potencjałem półfali estrów niektórych pochodnych kwasu akrylowego a ich działaniem bakteriostatycznym. Autorzy znaleźli, że działanie to wzrasta ze wzrostem potencjału półfali redukcji wiązania podwójnego.

Podobną zależność dla akrydyny oraz jej pochodnych znaleźli B. Breyer, G. S. Buchanan i H. Duewell (1944) stwierdzając, że wysoką działalność bakteriostatyczną wykazują te pochodne akrydyny, których potencjał półfali (mierzony względem elektrody wodorowej) jest bardziej ujemny od $-0,4$ V.

Obszernym działaniem badań tego typu są wykorzystywane szeroko w medycynie badania białek surowicy krwi metodą Brdicki. Zasadą ich jest interpretacja wysokości, a czasem kształtu tzw. katalitycznych fal białkowych, tzn. fal wodoru wywołanych dodatkiem niewielkich ilości związków zawodowych ułatwiających wydzielenie się wodoru z roztworów. Do związków takich należą: cystyna, białka, alkaloidy i niektóre barwniki.

Najwygodniej jest śledzić tę reakcję w roztworach soli kobaltowych lub kobaltowych, gdzie za falą redukcji kobaltu powstaje zaokrąglone „maksimum“.

Białka czynne są katalitycznie w obecności soli kobaltowych i kobaltowych. Na krzywej redukcji widoczne jest tuż za falą redukcji Co^{2+} — „maksimum“. Kształt tych „maksimów“ otrzymanych z surowicy człowieka zdrowego jest odmienny od kształtu „maksimów“ otrzyma-

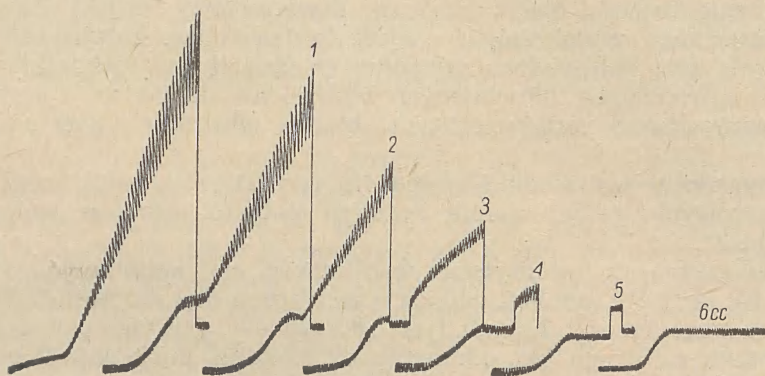


Rys. 6. Polarogramy kilku surowic karcinomatycznych (rak płuca, rak trzonu macicy i inne)

nych wobec surowicy w takich stanach patologicznych, jak choroby nowotworowe, gruźlica, szkarlatyna, zapalenie płuca, opłucnej i inne. Eliminując drogą badań klinicznych te ostatnie schorzenia, można bezoperacyjnie z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić istnienie nowotworu (rys. 6).

Do celów praktycznych znalazło też zastosowanie tłumienie maksimów na krzywych natężenie — napięcie przez niektóre gazy ustrojowe. Maksima takie powstają wówczas, gdy depolaryzator dostaje się do elektrody kroplowej nie tylko drogą dyfuzji, ale np. wskutek tworzenia się dokoła niej wirów. Są one tłumione przez substancje powierzchniowe czynne, których cząsteczki adsorbują się na elektrodzie kroplowej (rys. 7). Działanie tłumiące tych substancji określamy rozcieńczeniem (objętością V_a), w jakim substancja powierzchniowo aktywna zmniejsza dane maksimum (np. maksimum otrzymane podczas elektrolizy tlenu obecnego w 0,0014 m KCl) do połowy.

E. Petracek (1930) badał gazy z pęcherzy w przypadkach różni, oparzenia słonecznego, wyprysków (egzem), pęcherzycy, dalej gaz mózgowo-rdzeniowy i surowicę krwi. Autor stwierdził, że zdolność do tłumienia



Rys. 7. Tłumiące działanie fuksyny na maksimum tlenowe

mienia maksimów przez gaz z pęcherzy pochodzących z pęcherzycy, egzem i różni jest bardzo duża ($V_a=10\,000-15\,000$), gazów ze świeżych oparzeń słonecznych prawie 7 razy mniejsza, a najmniejsza gazu mózgowo-rdzeniowego.

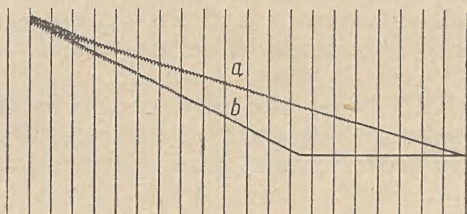
Węglowodory rakotwórcze są aktywne powierzchniowo i tłumią maksima silniej niż nierakotwórcze w tym samym stężeniu.

U czynnych chemoterapeutycznie sulfamidów aktywność biologiczna zmienia się podobnie jak zdolność tłumienia maksimów.

Nie uszkodzone korzenie bobu (*Vicia faba*) rosnąc na pożywkach zawierających wodorofosforan potasu, azotan wapnia i siarczan magnezu wydzielają związki powierzchniowo czynne, tłumiące maksima tlenowe. Ekskrecja przebiega inaczej w obecności chlorku wapnia i potasu niż w obecności pożywki o podanym wyżej składzie. Poza wymienionym bobem podobnie zachowują się wyka, słonecznik, nasturcja i łubin. Wydzielanie tych substancji przez grube korzenie kasztanowca (*Aesculus hippocastanum*) jest wybitnie słabsze. Pozostaje to prawdopodobnie w jakimś związku z małą powierzchnią grubych korzeni. Po obcięciu roślinie wierzchołka wzrostowego lub liści, szybkość wydzielania tych substan-

cji tłumiących maksimum maleje. Wynika stąd wniosek, że wydzielanie tych połączeń związane jest również ze wzrostem rośliny.

Polarografia stwarza także bardzo interesujące możliwości badania niektórych procesów zachodzących w organizmach bez ich uprzedniego uśmiercania. Prace z tej dziedziny dotyczą badań nad fotosyntezą, oddychaniem organizmów żywych w wodzie, zużyciem tlenu przez drożdże,



Rys. 8. Krzywe zużycia tlenu przez drożdże: a) w nieobecności, b) w obecności glukozy

korę mózgową, nerwy (zwłaszcza przy narkozie) itp. Badania nad oddychaniem drożdży w buforze fosforanowym prowadził J. P. Baumburger (1939). Metoda jego polegała na tym, że rejestrował on w sposób ciągły zmiany stężenia tlenu w roztworze. Krzywe: stężenie tlenu — czas dla drożdży w obecności i nieobecności glukozy przedstawia rys. 8.

Ten sam autor stwierdził (1941), że podczas utleniania fibrynogenu w obecności błękitu metylenowego zostają zużyte cztery cząsteczki tlenu na jedną cząsteczkę fibrynogenu.

H. G. Petering i F. Daniels badali proces oddychania drożdży w płynie fizjologicznym podczas wzrostu i po dodaniu glukozy. Wielu autorów badało ten proces w obecności KCN, CO, azydów i soli rtęci, śledząc wpływ tych trucizn na zużycie tlenu.

R. A. Alson, F. S. Bracker, i R. G. Crickard (1949) śledzili respirację *Sacharomyces cerevisiae* w buforze fosforanowym, a W. H. Bartholomew ze współpracownikami (1950) oddychanie *Sacharomyces griseus*.

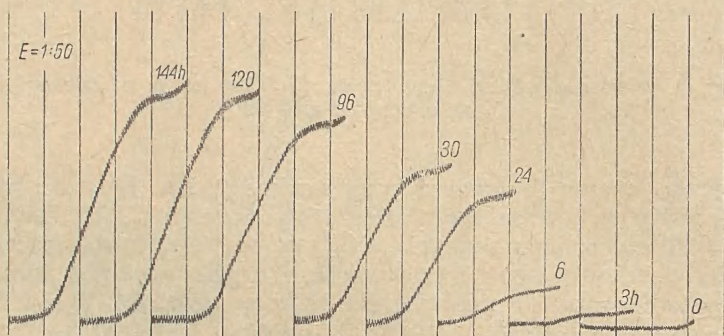
H. G. Petering i F. Daniels (1938) oznaczali za pomocą oryginalnej skonstruowanej przez siebie aparatury zużycie tlenu przez glony. Autorzy naświetlali naczynko z glonami znajdującymi się w roztworze z pożywką Warburga światłem czerwonym. Zachodziła wówczas fotosynteza i stężenie tlenu w roztworze wzrastało. Po zgaszeniu światła miało miejsce zwykle oddychanie, połączone z zużyciem tlenu. Stwierdzono, że w temperaturze 25° na jeden kwant zaobserwowanego światła czerwonego powstaje 0,04—0,1 cząsteczki tlenu.

A. Trifonow (1948) opracował metodą oznaczania penicyliny polegającej na pomiarze obniżania przez nią zużycia tlenu przez *Stafylokokki*. Stwierdzono, że ze wzrostem stężenia penicyliny w postępie geometrycznym stężenie tlenu maleje liniowo. Metoda ta nadaje się również do oznaczania tego antybiotyku w surowicy krwi.

In vivo badano również oddychanie kory mózgowej, szczególnie po jej stymulacji prądem elektrycznym oraz takimi związkami, jak chloreton, ewipan, adrenalina, efedryna. W badaniach tych stosuje się oczywiście w miejsce elektrody kroplowej odpowiednie mikroelektrody stałe (Pt, W).

Coraz częściej spotyka się również w literaturze prace na temat polarograficznego badania kinetyki reakcji. Przykładem może być śledzenie przebiegu inwersji sacharozy. Szybkość tej reakcji mierzy się wzrostem fali fruktozy powstającej w czasie hydrolizy cukru (ryc. 9). Do tego samego typu prac należy badanie szybkości utleniania witaminy K₅ czy SH aneuryny.

J. Molland (1947) badał kinetykę procesu rozpadu nadtlenu wodoru, określając go jako reakcję dwucząsteczkową. Wielu badaczy śledziło aktywność katalazy produkowanej przez różne rodzaje bakterii. Stwier-



9. Polarogramy procesu inwersji sacharozy

dzono, że najbardziej czynne są bakterie należące do *Enterobacteriaceae*, podczas gdy *Bacillaceae* i *Actinomycetaceae* nie wykazują praktycznie żadnego działania katalitycznego.

R. W. Kerr (1940) wykorzystał falę glukozy w buforze fosforowym o pH=9 do śledzenia procesu rozpadu skrobi. Wyniki jego badań polarograficznych są zgodne z wynikami otrzymanymi na innej drodze.

W. Dirscherl i H. V. Bergmeyer (1948) śledzili proces kondensacji aldolowej etanolu, znajdując dla tej reakcji okres półtrwania równy 53 minuty. Obecność siarczynów wpływa na ten proces katalitycznie.

Ostatnie z zastosowań różnych od analitycznego to zastosowanie do identyfikacji metabolitów i określania struktury związków chemicznych. Ciekawe prace na ten temat ogłosili B. G. Engel i W. Brzeski (1947), identyfikując w przysączu kultury *Penicilium Urticae* Bainer alkohol gentyzynowy i chinon gentyzynowy przy użyciu 1 mg substancji, dalej A. Kleinzeller i Z. Fencel (1952), którzy badali metabolity pewnego gatunku bakterii hodowanych na pożywce z benzenem jako jedynym źródłem węgla. Autorzy przypuścili, że metabolitem będzie jeden z produktów utlenienia benzenu, kwas mukonowy. Doświadczenie, tzn. pomiar potencjału półfali wyodrębnionej substancji, dało wynik zgodny z potencjałem półfali kwasu mukonowego otrzymanego syntetycznie.

W. Stricks i J. M. Kolthoff (1949) oznaczali polarograficznie ciężar cząsteczkowy substancji białkowych, wykorzystując tworzenie przez nie połączeń z czynnym polarograficznym metyloranzem. Powstanie tego połączenia pociąga za sobą obniżenie fali metyloranzu. Z pomiaru tego obniżenia obliczyli oni współczynnik dyfuzji występujący w równaniu Ilkovicza na natężenie prądu dyfuzyjnego, a z niego za pomocą równania Stockesa—Einsteina ciężar cząsteczkowy tego połączenia. Ponieważ cząsteczka barwnika jest mała w porównaniu z cząsteczką białka, można wynik w przybliżeniu odnieść do samej substancji białkowej. W ten sposób znaleziono dla albuminy surowiczej wynik 66 000 zgodny z danymi literaturowymi 68 000—70 000.

P. Karrer i H. Schmidt (1946) zastosowali metodę polarograficzną do określania struktury aukubiny (substancja krystaliczna wydzielona z ziarn *Aucuba japonica*), wykazując obecność w jej cząsteczce dwóch wiązań podwójnych ulegających polarograficznej redukcji. Po uwodnieniu tych wiązań niklem Raneya fali redukcji nie zaobserwowano.

Przykładów takich można by podać więcej. Wymienione powyżej nie wyczerpują oczywiście nawet w drobnej części wszystkich możliwości, jakie stwarza polarografia. Przykłady te ujawniają jedynie te możliwości i wskazują celowość coraz szerszego stosowania polarografii w biologii i biochemii.

Krzysztof Birkenmajer

POLSKA WYPRAWA NA SPITSBERGEN 1957—1958

Po osiemnastu latach przerwy spowodowanej drugą wojną światową polscy badacze polarni znów zjawili się na Spitsbergenie w roku 1956, przygotowując wyprawę naukową organizowaną w ramach Międzynarodowego Roku Geofizycznego przez Polską Akademię Nauk. Nie było przypadkiem, że właśnie Spitsbergen został wybrany jako teren badań polarnych. Archipelag wysp zwany Svalbardem, w skład którego wchodzi Wyspa Zachodniego Spitsbergenu (zwana w skrócie Spitsbergenem), położony z grubsza między 74 a 81° szerokości geograficznej północnej i między 10 a 30° długości geograficznej wschodniej, w niedalekim sąsiedztwie bieguna, jest znany Polakom z kilku przedwojennych wypraw. Tutaj właśnie na najbardziej na południe wysuniętą wyspę archipelagu, Wyspę Niedźwiedzia, przybyła w 1932 roku pierwsza w odrodzonej Polsce ekspedycja polarna zorganizowana w ramach światowej imprezy naukowej zwanej II Rokiem Polarnym, którego kontynuację stanowił III Międzynarodowy Rok Geograficzny.

Wyprawa na Wyspę Niedźwiedzia, która przebywała tam przez okres kilkunastu miesięcy w latach 1932—33 zebrała interesujący materiał naukowy głównie z zakresu fizyki atmosfery.

W roku 1934 została zorganizowana pierwsza polska wyprawa na Spitsbergen, która w czasie kilkunastomiesięcznej pracy w zupełnie prawie wówczas nieznaney Ziemi Torella, wykonała mapę fotogrametryczną i geologiczną na znacznym obszarze.

W roku 1936 trzyosobowa polska grupa alpinistyczna dokonała znakomitego wyczynu sportowego: pierwszego i dotychczas przez nikogo nie powtórzonego przejścia całego Spitsbergenu wzdłuż na trasie ponad 800 km. Uzyskane wówczas doświadczenia dopomogły do zorganizowania już w następnym roku wyprawy do Zachodniej Grenlandii i w r. 1938 następnej wyprawy naukowej do północno-zachodniego Spitsbergentu.

Można się spytać, jaki ma interes nauka polska przeprowadzając badania na terenach polarnych. Odpowiedź nie jest trudna: z jednej strony jest to polski wkład do międzynarodowego dorobku naukowego w poznawaniu najodleglejszych i najtrudniej dostępnych zakątków Ziemi i szkolenie wartościowych kar naukowych, z drugiej zaś strony, badania terenów polarnych dają nam klucz do zrozumienia najmłodszej historii geologicznej Polski. Warunki klimatyczne, jakie dziś panują na Spitsbergenie, są podobne do tych, jakie kilkakrotnie w ciągu ostatniego miliona lat panowały na większej części obszaru Polski, w czasie tzw. epoki lodowej (plejstocenu).

Epoka ta pozostawiła po sobie gruby płaszcz osadów lodowcowych z licznymi, nieraz potężnych rozmiarów głazami narzutowymi przywleczonymi przez lądolód ze Skandynawii, oraz charakterystyczne formy krajobrazu polodowcowego, jak pradoliny, jeziora rynnowe Wielkopolski, jeziora morenowe Pojezierza Mazurskiego czy Pomorskiego, doliny lodowcowe Tatr itd. Stąd też jest oczywiste, że badania porównawcze zjawisk lodowcowych, jakie można prowadzić na Spitsbergenie, w odniesieniu do badań utworów i form klimatu glacialnego w Polsce, mają znaczenie zarówno dla nauki, jak i dla celów praktycznych.

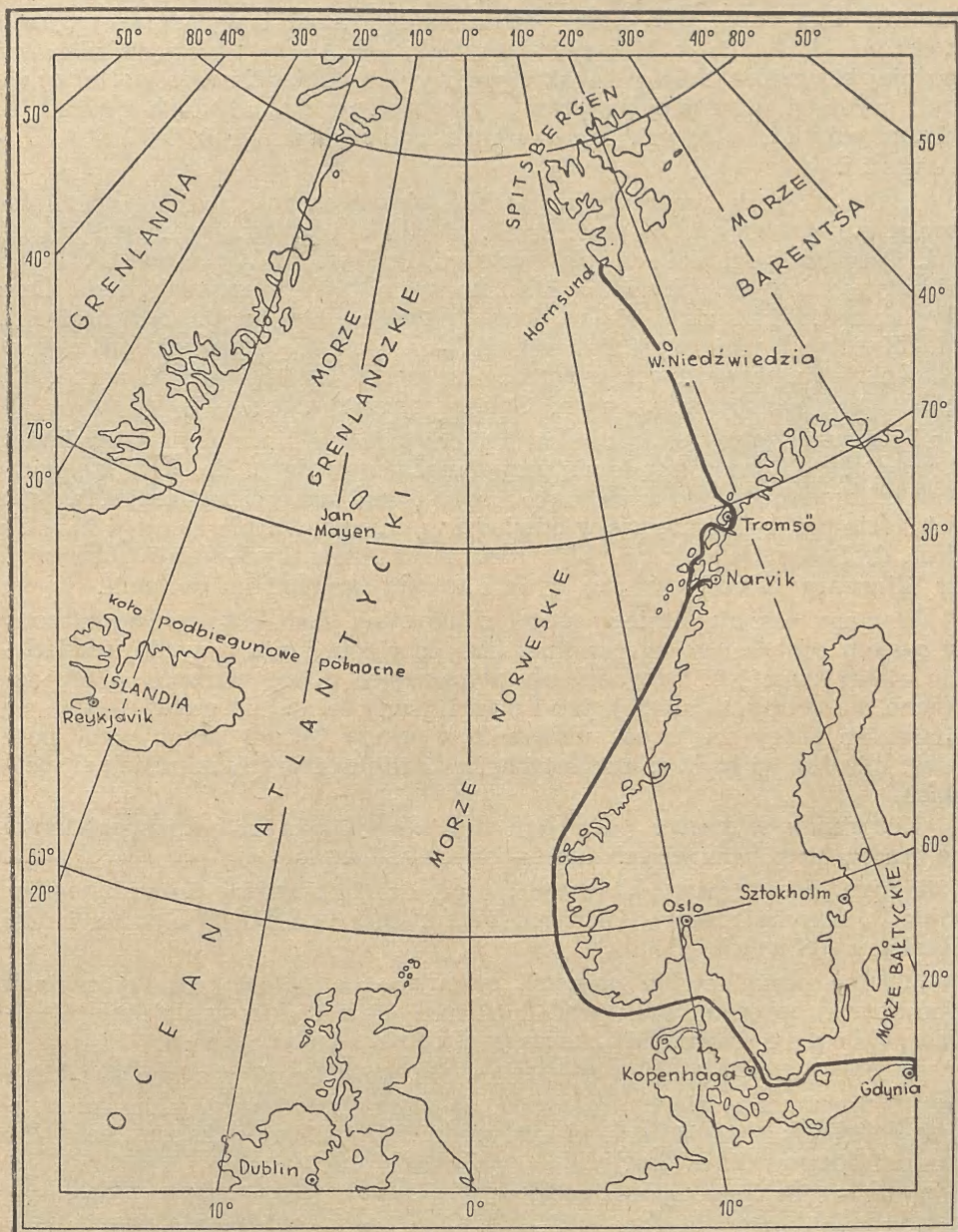
Polska wyprawa arktyczna na Spitsbergen w latach 1957—58 była dostosowana do wytycznych Międzynarodowego Roku Geograficznego. Stąd też jej program w pierwszym rzędzie obejmował badania z zakresu geofizyki i nauk pokrewnych, jak meteorologia i glaciologia. Na dalszym planie znajdowały się badania wpływu arktycznego klimatu na rzeźbę terenu i strukturę warstwy zwietrzelinowej (peryglaciologia), badania geologiczne, botaniczne i zoologiczne.

Wyprawa została podzielona na dwie grupy. Pierwsza, składająca się z dziesięciu uczestników przebywała na Spitsbergenie blisko piętnaście miesięcy, przeprowadzając rozległe badania naukowe w oparciu o dom mieszkalny, zbudowany przez uczestników ekspedycji w pierwszym sezonie jej działalności. Grupa druga, licząca około 25 uczestników pracowała w rejonie fiordu Hornsund na Spitsbergenie w ciągu dwóch sezonów lata polarnego 1957 i 1958 r., łącznie około sześciu miesięcy. Kierownikiem całości wyprawy, który wchodził w skład grupy zimującej, był doc. dr Stanisław Siedlecki, geolog, doświadczony polarnik, uczestnik wyprawy na Wyspę Niedźwiedzią w latach 1932—33, wypraw na Spitsbergen w latach 1934 i 1936 oraz wyprawy do Zachodniej Grenlandii w 1937 r.

Właściwą wyprawę poprzedził tzw. „rekonesans” w roku 1956¹. Pięcioosobowa grupa rekonesansowa w składzie: doc. dr Stanisław Siedlecki, geolog (kierownik), mgr inż. Krzysztof Birkenmajer, geolog, inż. Maciej Kuczyński, architekt, organizator techniczny wyprawy, mgr inż. Jerzy Piotrowski, architekt, projektant domu stacji badawczej, doc. mgr Stanisław Rafałowski, meteorolog, przeprowadził w ciągu 11 dni pobytu we fiordzie Hornsund rozpoznanie warunków pracy i wyznaczyła miejsce pod budowę domu stacji badawczej właściwej wyprawy, która miała przybyć w roku następnym. Wybrane miejsce pod budowę domu bazowego w Zatoce Białego Niedźwiedzia (Isbjörnhamna) u nasady Półwyspu Wilczka (Wilczekodden) posiada współrzędne geograficzne: 77° szerokości północnej i 15°30' długości na E od Greenwich.

Przygotowania do wyprawy trwały przez jesień 1956 i wiosnę 1957 r. Wreszcie w dniu 26 czerwca 1957 roku odplynął z Gdyni Okręt Hydrograficzny „Bałtyk” dowodzony przez por. Janusza Rutkowskiego, zabierając na pokład oba zespoły: zimujący i letni, w prawie kompletnym składzie. Po drodze na Spitsbergen zatrzymano się krótko w Narvik, dłuższy zaś postój wypadł w Tromsø, gdzie do ekspedycji przyłączył się prof. dr Jan Dylik.

¹ Patrz *Kosmos* „B”, 3, 1 (9), 1957.



Rys. 1. Droga polskiej wyprawy na Spitsbergen w roku 1957

W dniu 16 lipca O.H. „Bałtyk“ wypłynął do Hornsundu i jeszcze tego samego dnia rozpoczęło przewożenie na ląd ludzi i wyładunek sprzętu z okrętu. Następnie rozładowywano statek S/S „Ustka“, który w kilka dni później przywiózł główny bagaż wyprawy. Na pokładzie tego statku przybyli też dalsi uczestnicy wyprawy, jak prof. dr Alfred Jahn, inż. M. Kuczyński, mgr inż. Jerzy Pruchnicki i mgr inż. Maciej Zalewski.

Skład osobowy wyprawy został bez większych zmian aż do końca sezonu letniego z tym, że prof. dr J. Dylik i towarzyszący ekspedycji inż. Czesław Centkiewicz, członek Podkomisji Wypraw M.R.G., po kilkutygodniowym pobycie w Hornsundzie odpłynęli norweskim statkiem do Tromsö, skąd udali się w drogę powrotną do kraju. Również inż. M. Kuczyński wyjechał do Polski wcześniej powrotnym rejsem „Ustki“, aby przygotować żywność i sprzęt potrzebny grupie zimującej, który miał być przywieziony na Spitsbergen na jesieni.

Prace terenowe rozpoczęte w drugiej połowie lipca trwały do końca września, kiedy po grupę letnią przypłynął ponownie O. H. „Bałtyk“, wyposażony zaopatrzenie żywnościowe i sprzęt dla grupy zimującej. Na jego pokładzie przybyli wówczas w odwiedziny przedstawiciele Komisji M.R.G.: prof. dr Stefan Manczarski (Sekretarz Naukowy Komisji) oraz prof. dr Wincenty Okołowicz, wraz z towarzyszącymi im osobami.

W ciągu sezonu letniego został zbudowany dom bazowy zaopatrzony w system centralnego ogrzewania, bieżącą ciepłą i zimną wodę, oświetlenie elektryczne itp. udogodnienia stwarzające dobre warunki pracy zarówno dla grupy zimującej, jak i części grupy letniej. Z uwagi jednak na charakter pracy większość uczestników grupy letniej przebywała poza bazą, mieszkając bądź w namiotach, bądź też w starych domkach traper-skich.

Uczestnicy wyprawy podzieleni byli ze względu na swe specjalności na szereg grup badawczych lub też pracowali samotnie.

Grupę glaciologiczną stanowili: prof. dr Aleksander Kosiba (kierownik), mgr Stanisław Baranowski, mgr Gabriel Wójcik i mgr Stanisław Warzecha.

„Grupę peryglacialną północ“, pracującą na północnych wybrzeżach Hornsundu reprezentowali: prof. dr Alfred Jahn (kierownik), mgr Zdzisław Czeppe i doc. dr Stanisław Szczepankiewicz.

W Ziemi Południowego Przylądka (Sörkapp Land) pracowała „grupa peryglacialna południe“: prof. dr J. Dylik (kierownik), który przebywał w Hornsundzie jedynie kilka tygodni, mgr Leopold Dutkiewicz i mgr Tadeusz Klatka.

Główną grupę geodezyjną stanowili: mgr inż. Cezary Lipert, major W.P. (kierownik), mgr inż. Jerzy Fellmann i inż. Jan Staszczel. Z grupą tą w pewnym okresie współpracował też mgr inż. Mieczysław Samek-Gąsienica, geodeta wchodzący w skład ekipy filmowej. Drugą grupę geodezyjną reprezentował doc. inż. Jerzy Jasnorzewski, któremu przez pewien czas pomagali: lek. Zbigniew Jaworowski, mgr inż. J. Piotrowski, mgr inż. J. Pruchnicki i mgr inż. M. Zalewski.



Wyladunek sprzętu wyprawy w Hornsundzie z początkiem lata 1957 r.

Fot. K. Birkenmajer



Drzewo dryftowe — materiał do budowy mola wyladunkowego

Fot. K. Birkenmajer



Dom stacji polskiej w Hornsundzie zbudowany przez uczestników wyprawy w r. 1957 z prefabrykatów przywiezionych z kraju

Fot. K. Birkenmajer



Doc. dr Stanisław Siedlecki — kierownik polskiej wyprawy na Sbitsbergen w latach 1957—1958

Fot. K. Birkenmajer



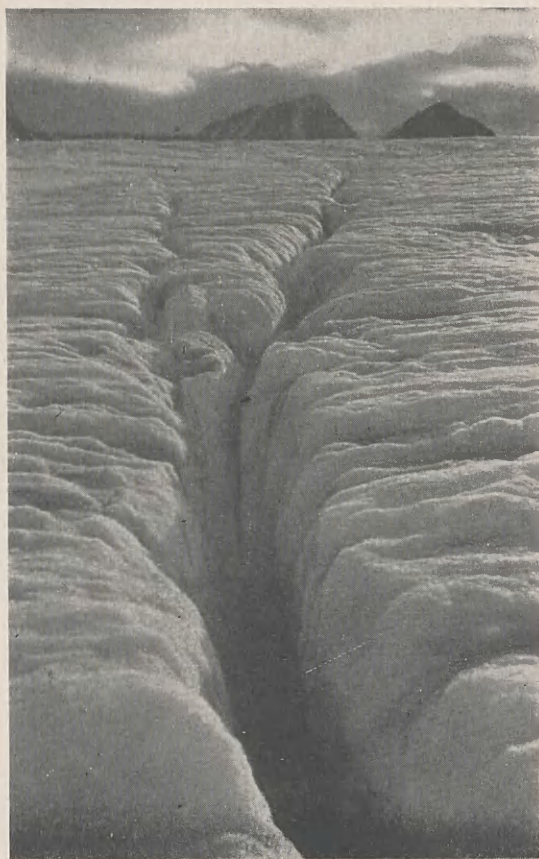
Rys. 6. Skalny mur Sofiekammen (780—925 m n.p.m.) nad Burgerbukta w Hornsundzie

Fot. K. Birkenmajer



Rys. 7. Masyw Hornsundtind (1431 m n.p.m.), najwyższy szczyt w otoczeniu Hornsundu

Fot. K. Birkenmajer



Rys. 8. Szczelina w lodowcu — Hansbreen

Fot. K. Birkenmajer



Rys. 9. Transport w czasie przemarszów na lodowcach — Kvitungisen
Fot. K. Birkenmajer



Rys. 10. Obóz grupy geologicznej na lodowcach — Kvitungisen
Fot. K. Birkenmajer

Pomiarami magnetyzmu ziemskiego zajmowali się mgr Konstanty Karaczun i mgr inż. Jerzy Kowalczyk.

Obserwacje meteorologiczne prowadzili: Tadeusz Makarewicz (kierownik), Ryszard Bajer (radiotelegrafista), mgr Z. Czeppe i mgr Wiesław Wiśniewski.

W skład grupy biologicznej wchodził: dr Marek Doroszewski (zoolog), doc. dr Bronisław Ferens (ornitolog) i doc. dr Andrzej Srodoń (botanik).

Badania geologiczne prowadził dr inż. Krzysztof Birkenmajer, a w pewnej mierze również kierownik wyprawy doc. dr S. Siedlecki.

Lekarzem wyprawy był Z. Jaworowski.

Budową radiostacji kierował mgr inż. Roman Trechciński (zastępca kierownika wyprawy).

Montaż domu przywiezionego w postaci prefabrykatów z kraju prowadziła grupa budowlana: mgr inż. J. Piotrowski (kierownik), mistrz stolarski Tadeusz Pająk, mgr inż. J. Pruchnicki i mgr inż. M. Zalewski, którym pomagali w miarę czasu wszyscy pozostali uczestnicy wyprawy.

Gospodarzem ekspedycji był Marian Paully.

W skład wyprawy wchodziły także dwie ekipy filmowe. Reżyser Jarosław Brzozowski przy pomocy mgr. inż. M. Samka-Gąsienicy nakręcał film z życia wyprawy, zaś reż. inż. Włodzimierz Puchalski z Eugeniuszem Bogaczem wykonywał filmy o treści przyrodniczej. Wyprawie towarzyszył także Czesław Nowicki, redaktor miesięcznika „Problemy” utrwalając na taśmie magnetycznej ważniejsze epizody z życia wyprawy.

Przez krótki okres czasu postoju O.H. „Bałtyk” w Hornsundzie na początku wyprawy przebywał w Isbjörnhamna również mgr inż. Mieczysław Łaska, który ustawił tu mareograf. Mareograf ten uległ jednak uszkodzeniu pod naporem kry w czasie sztormu.

Po odplynięciu O.H. „Bałtyk”, który w dniu pierwszego października 1957 roku zabrał z Hornsundu do kraju grupę letnią, w bazie w Isbjörnhamna pozostała dziesiątka zimujących polarników: doc. dr S. Siedlecki (kierownik), R. Bajer (radiotelegrafista, prowadzący także obserwacje meteorologiczne), mgr S. Baranowski (obserwacje glaciologiczne i meteorologiczne), mgr Z. Czeppe (radiotelegrafista, prowadzący także obserwacje meteorologiczne i peryglacjalne), doc. inż. J. Jasnorzewski (pomiar geodezyjno-astronomiczne), lekarz Z. Jaworowski (opieka lekarska oraz badania nad radioaktywnością i zawartością dwutlenku węgla w atmosferze), T. Makarewicz (obserwacje meteorologiczne), mgr inż. R. Trechciński (obserwacje zaburzeń odbioru fal radiowych, opieka nad radiostacją), mgr W. Wiśniewski (obserwacje: zorzy polarnej, astronomiczne i meteorologiczne), mgr inż. M. Zalewski (gospodarz bazy).

Przez całą zimę polarną 1957/58 była utrzymywana łączność radiowa ze stacjami meteorologicznymi na Svalbardzie oraz w Tromsø i Warszawie.

Normalny tok prac został zakłócony w marcu 1958 roku chorobą lek. Z. Jaworowskiego, w wyniku której musiał on opuścić bazę za-

brany przez radziecki łodolamacz „Lena“ do Barentsburga, a następnie do Murmańska, skąd przez Moskwę powrócił do Warszawy. Jego funkcje naukowe przejęli: mgr W. Wiśniewski, mgr. inż. M. Zalewski.

Uszczuplony chwilowo skład osobowy grupy zimującej został wkrótce uzupełniony przez Norwega Larsa Fastinga, który z gubernatorem Svalbardu i dwoma towarzyszami przybył do Hornsundu z Longyearbyen (w centralnej części Spitsbergenu) zaprzęgiem psów, aby spędzić z Polakami Wielkanoc, pozostał jednak w bazie z powodu odmrożeń i jako wartościowy członek ekspedycji pracował z naszą wyprawą aż do końca.

Przygotowania do badań przewidywanych w ciągu drugiego sezonu letniego (1958) wyprawy trwały przez całą jesień 1957 roku i wiosnę roku 1958. Kierownictwo techniczne objął teraz mgr inż. J. Pruchnicki w miejsce inż. M. Kaczyńskiego, który ustąpił z tego stanowiska.

W lutym 1958 roku została zorganizowana przez Komisję MRG konferencja naukowa w Warszawie, na której uczestnicy grupy letniej 1957 roku złożyli sprawozdania ze swych badań.

W dniu 6 czerwca 1958 roku, a więc w terminie o trzy tygodnie wcześniejszym niż roku poprzedniego, O.H. „Bałtyk“ dowodzony przez kpt. J. Rutkowskiego odpłynął w nowy, trzeci rejs do Hornsundu. Zabrał on większość uczestników wyprawy wchodzących w skład grupy letniej, zaś w Tromsø dodatkowo zaokrętowali się nań dalsi badacze jadący drogą lądową: doc. dr B. Ferens, prof. dr A. Jahn, prof. dr A. Kosiba, prof. dr Stefan Zbigniew Różycki, filmowcy reż. inż. W. Puchalski i jego asystent Janusz Czecz oraz prof. dr Henryk Niewodniczański, Przewodniczący Polskiego Komitetu MRG, który jechał odwiedzić stację w Hornsundzie, mając wrócić powrotnym rejsem „Bałtyku“. W Tromsø zaokrętowali się na „Bałtyk“ również Margaret i Fritz Öienowie z dwójgiem dzieci, jako honorowi goście ekspedycji. Na tym miejscu warto wspomnieć, że radiotelegrafista norweskiej służby meteorologicznej Fritz Öien, znany Polakom od czasu wspólnego zimowania na Wyspie Niedźwiedziej w roku 1932/33 był w Tromsø niejako „honorowym ambasadorem“ wyprawy, ułatwiając załatwienie wielu spraw wyprawy.

18 czerwca koło północy O.H. „Bałtyk“ wpłynął do Hornsundu, zarzucając kotwicę w Isbjørnhamna. Wkrótce rozpoczął się wyladunek, który trwał niecałą dobę i już 20 czerwca okręt odpłynął do Fiordu Van Keulena, zabierając ze sobą grupę naukową pod kierunkiem prof. dr. S. Z. Różyckiego, która tam miała pracować, a w której skład wchodził glaciologowie: mgr Leszek Marcinkowski i mgr Zofia Michalska, geodeci: mgr inż. C. Lipert pplk W. P. (kierownik grupy geodezyjnej), mgr inż. Tadeusz Gaertig, Zdzisław Niemirowicz i inż. J. Staszal, a ponadto lekarz Orest Czabak i filmowiec Bonawentura Szredel. Odpłynęli również goście wyprawy, którzy po odwiedzeniu Van Keulenfjorden mieli na „Bałtyku“ popłynąć do Tromsø.

Już w kilka dni po odpłynięciu „Bałtyku“ grupy naukowe przystąpiły do swej normalnej pracy. Skład tych grup był następujący:

Grupę glaciologiczną stanowili: prof. dr A. Kosiba (kierownik), mgr S. Baranowski, mgr Jan Rdułtowski, mgr Jan Romer i mgr G. Wójcik.

„Grupa peryglacialna północ“ składała się z prof. dr A. Jahna (kierownik), który w terminie wcześniejszym powrócił norweskim statkiem do Tromsø i stamtąd do kraju, mgr Z. Czeppego i mgr Hieronima Piaseckiego.

W Sörkapp Land pracowała „grupa peryglacialna południe“: mgr L. Dutkiewicz i mgr Władysław Frankiewicz.

Pomiarami magnetyzmu ziemskiego zajmowali się, podobnie jak w roku 1957, mgr K. Karaczun i mgr inż. J. Kowalczyk.

Obserwacje meteorologiczne prowadzili: T. Makarewicz (kierownik), mgr W. Wiśniewski oraz mgr Stanisław Gądomski i mgr Jerzy Kuźmiński. Dwaj ostatni zajmowali się też przede wszystkim badaniem wód słodkich i wód fiordu.

W skład grupy biologicznej wchodził: doc. dr B. Ferens (ornitolog) i mgr Marian Kuc (botanik).

Geologiczne badania prowadził dr inż. K. Birkenmajer, któremu towarzyszył mgr inż. J. Pruchnicki. W pewnej mierze badania geologiczne prowadził również kierownik wyprawy doc. dr S. Siedlecki.

Lekarzem wyprawy był dr Mieczysław Kosiński.

Doc. inż. J. Jasnorzewski, mgr inż. R. Trechciński i mgr inż. M. Zalewski kontynuowali swoje prace zimowe.

Zespoły filmowe pracowały w składzie nieco odmiennym od tego, który był w Hornsundzie w roku poprzednim. Reżyser inż. W. Puchalski i jego asystent J. Czecz przebywali we fiordzie tylko w pierwszej połowie sezonu letniego, kończąc zdjęcia do filmów rozpoczętych w roku ubiegłym, zaś reż. J. Brzozowski z asystentem Marią Andrzejem Zawadą pracowali w Hornsundzie przez cały czas trwania letniej ekspedycji.

Prócz tego mgr inż. J. Piotrowski przeprowadzał remont domu wraz z dr. Ryszardem Wiktorem Schrammem, delegatem Klubu Wysokogórskiego, który mu w tych pracach pomagał. Ci dwaj tworzyli w wolnych chwilach grupę alpinistyczną, do której dołączył się też w pewnym okresie M. A. Zawada.

Zespół pracujący w Van Keulenfjorden składał się z dwóch grup. Pierwsza z nich w składzie: prof. dr S. Z. Różycki (kierownik), lek. O. Czabak, mgr L. Marcinkowski i mgr Z. Michalska opracowywała zagadnienia glaciologiczne i geologiczne. Grupa ta po 48-dniowym pobycie w Fiordzie Van Keulena wróciła do Norwegii statkiem S/S „Lyngen“, skąd udała się do kraju.

Grupa druga, geodezyjna, kierowana przez mgr. inż. C. Liperta, w której skład wchodził: mgr inż. T. Gaertig, Z. Niemirowicz i inż. J. Staszczak wraz z towarzyszącym im filmowcem B. Szredeklem przebywała w Fiordzie Van Keulena przez półtora miesiąca a następnie wyruszyła przez lodowce Ziemi Torella i Wedel-Jarlsberga do bazy w Isbjørnhamna.

W dniu 25 sierpnia do Isbjørnhamna przyplłynął czwartym z kolei rejsiem O.H. „Bałtyk“. Nastąpiła likwidacja wyprawy i zabezpieczenie budynków i sprzętu pozostawianego tutaj na zimę.

Dnia 27 sierpnia okręt odpłynął w drogę powrotną do kraju, zabierając ze sobą zarówno grupę letnią, jak i grupę zimową. W Tromsø nastąpił podział grup powracających do kraju. Grupa zimowa pojechała drogą lądową do Oslo, a następnie drogą lotniczą do Warszawy, zaś większość grupy letniej na pokładzie okrętu przybyła do Gdyni w dniu 7 września 1958 roku. Wyprawa Międzynarodowego Roku Geofizycznego do Hornsundu została zakończona.

Za wcześniej jeszcze na to, aby móc podać ostateczne podsumowanie dorobku prac wyprawy. Zebrane materiały znajdują się dopiero w opracowaniu, które potrwa jeszcze kilka lat i tylko część wyników została opublikowana w formie sprawozdań naukowych. Pożyteczne jednak będzie podanie krótkiej charakterystyki ważniejszych prac i już znanych wyników.

Badania meteorologiczne wykonywane pod kierunkiem T. Makarewicz a miały na celu ciągłą rejestrację ciśnienia atmosferycznego, temperatury powietrza i gruntu, wilgotności powietrza, parowania, kierunku i prędkości wiatru, nasłonecznienia, opadów deszczowych i śnieżnych, kształtu i kierunku ruchu chmur itd. Ponadto wykonywano fotografowanie chmur na filmie czarno-białym i barwnym przy pomocy kamery typu „all-sky“ i zwykłego aparatu fotograficznego. Stacja wykonywała obserwacje typu synoptycznego w terminach 00 — 03 — 06 — 09 — 12 — 15 — 18 i 21 GMT. Badania te dały charakterystykę klimatu Hornsundu, który dotychczas był słabo poznany.

Z badaniami tymi wiązały się obserwacje i zdjęcia fotograficzne zorzy polarnej dokonywane w ciągu zimy polarnej specjalnym aparatem „all-sky camera“, którą mgr W. Wiśniewski wykonał ok. 360 m zdjęć filmowych. Fotografowanie było dokonywane w odstępach minutowych przy czasie naświetlania 20". Metodę pracy kamery „all-sky“ uzgadniano z pracą tych samych aparatów w stacji radzieckiej Pyramiden i stacji szwedzko-fińsko-szwajcarskiej w Murchison Bay w archipelagu Svalbardu. Ponadto mgr W. Wiśniewski wykonał przy pomocy kamer paralaktycznych typu Störmera 91 fotografii wybranych typów zorzy, jak korona (C) i łuki homogeniczne (HA). Zorza była dostrzeżona w ciągu 120 dób. Pierwsze obserwacje wykonano 13.IX.1957, ostatnie — 29.III.1958.

Aktynometrię przeprowadzano zarówno w bazie głównej Isbjörnhamna (mgr W. Wiśniewski), jak też na Lodowcu Werenskiolda (grupa prof. dr A. Kosiby). Mierzono promieniowanie całkowite i rozproszone (za pomocą solarygrafu i dyfuzografu Kippa) oraz promieniowanie bezpośrednie (aktynometrem Michelson-Marten). Wykonano ponad 300 serii pomiarów promieniowania bezpośredniego. Przyrządy aktynometryczne cechowane były za pomocą pyrliometru Ångströma.

Badania w zakresie radiotrzasków wykonywane przez mgr. inż. R. Trehcińskiego obejmowały zapis kierunkowy przy pomocy goniografu, dalej zapis ilościowy (licznik radiotrzasków). Ponadto przeprowadzano obserwacje odbioru radiowego codziennie w godzinach 11 — 17 — 23 GMT. W tych terminach notowano poziom odbioru stacji następujących: Warszawa długofal., Warszawa średniofal., Wrocław, Oslo. Notowano też poziom odbioru radiowego przy łącznościach z Warszawą, a okolicznościowo przy odbiorze innych stacji. Ustalanie największej odbie-

ralnej częstotliwości w zakresie fal krótkich dokonywane było codziennie przez cały okres badań. Ponadto w tym okresie obserwowano przy okazji łączności radiowych występowanie zjawiska Dellingera. Badania prędkości wichrów jonosferycznych przeprowadzano przy każdorazowej łączności z Warszawą.

W okresie od września 1957 do marca 1958 mgr W. Wiśniewski wykonał obserwacje 12 zakryć gwiazd przez Księżyc według efemerydy obliczonej przez Nautical Almanac.

Pomiary punktu astronomicznego doc. inż. J. Jasnorzewski wykonywał na terenie stacji Isbjörnhamna w okresie nocy polarnej, oraz specjalnie w okresie wiosny i lata 1958 r. W tym czasie zastosował on metodę Kawrajskiego jednoczesnego wymierzania szerokości i długości geograficznej w miejscu obserwacji z momentów przejść par gwiazd na równych wysokościach. Wyzначył on ażymut kierunku ziemskiego z obserwacji gwiazdy polarnej i nawiązał wcięciem wstecz punkt astronomiczny w Isbjörnhamna do widocznych znaków triangulacyjnych w obszarze Hornsundu.

Pomiary radioaktywności pyłów atmosferycznych wykonywano w okresie od listopada 1957 do kwietnia 1958 (początkowo lek. Z. Jaworowski, później zaś mgr W. Wiśniewski) dwa razy w tygodniu. Metoda polegała na pobieraniu prób opadów atmosferycznych. Po odparowaniu próby mierzono radioaktywność znormalizowanej ilości residuum.

Pomiary zawartości CO_2 w powietrzu wykonywano od listopada 1957 do sierpnia 1958 r. (początkowo lek. Z. Jaworowski, później zaś mgr inż. M. Zalewski) z trzymiesięczną przerwą spowodowaną uszkodzeniem aparatury. Pomiary wykonywano co 10 dni.

Badania glaciologiczne kierowane przez prof. dr Kosibę doprowadziły do zebrania materiału obserwacyjnego z zakresu meteorologii, klimatologii i aktynometrii w stacji glaciologicznej na Lodowcu Werenskiolda oraz w pomocniczej stacji założonej u czoła tego lodowca w r. 1958. W ciągu całego roku szereg pomiarów dotyczących akumulacji i ablacji firnu i lodu wykonano wzdłuż wybranych profilów na Lodowcach Hansa i Werenskiolda. Ponadto badano przy pomocy metod wizualnych i fotograficznych strukturę firnu i lodu oraz śniegu i prowadzono systematyczne obserwacje termiki wody morskiej w pobliżu bazy głównej oraz obserwacje typów lodu morskiego. Wreszcie prowadzono badania bilansu termicznego gruntu tundry nadbrzeżnej w świetle całorocznej temperatury w różnych głębokościach przy pomocy teletermografów oporowych. Grubość i gęstość śniegu w okolicy stacji głównej mierzono metodą kobaltu radioaktywnego i metodą wagową.

Z grupą glaciologiczną współpracowała grupa fotogrametryczna kierowana przez mgr inż. C. Liperta, która w lecie 1957 r. wykonała szczegółowe zdjęcie fotogrametryczne partii czołowych i morenowych Lodowca Werenskiolda, w roku 1958 zaś wykonała podobne opracowanie czoła Lodowca Pencka (Van Keulenfjorden). Ponadto wykonano zdjęcia czoł niektórych lodowców w rejonie działania wyprawy w Hornsundzie. Na terenie między fiordami Van Keulen i Hornsund dokonano też powtórzenia niektórych zdjęć fotogrametrycznych na stanowiskach pomiarowych Pierwszej Polskiej Wyprawy Spitsbergeńskiej z roku 1934. Stąd

uzyskano materiał porównawczy wskazujący na zmiany w zasięgu lodowców w ciągu ostatnich 24 lat. Obserwacje glaciologiczne wiążące się z tym zagadnieniem opracowywała w 1958 r. nad Fiordem Van Keulena grupa kierowana przez prof. dr S. Z. Różyckiego.

Obserwacje peryglacialne i geomorfologiczne prowadzone były w trzech regionach: (a) okolica między Lodowcami Hansa i Werenskiolda (grupa prof. dr A. Jahna w latach 1957—58), (b) okolica zatoki Gaashamna (grupa pod kierunkiem prof. dr J. Dylika w latach 1957—58), (c) okolica Lodowca Pencka we fiordzie Van Keulena (grupa pod kierunkiem prof. dr S. Z. Różyckiego w r. 1958). Badania te wykonywane były w większości w okresie lata polarnego. Ponadto pomiary ruchów zwietrzelin dokonywane były także w okresie zimy. Dużą uwagę poświęcono programowi ilościowych pomiarów zjawisk takich, jak prędkość soliflukcji i pionowych ruchów gleby, zwłaszcza w obrębie struktur poligonalnych. Przedmiotem studiów były też problemy morfologii peryglacialnej i oscylacji zlodowacenia czwartorzędowego, tarasy nadmorskie, morfologia stoków górskich, zmiany w morfologii moren i sandrów w ostatnich dziesiątkach lat itp.

Badania geologiczne prowadzone przez dr inż. K. Birkenmajera miały na celu w pierwszym rzędzie wykonanie mapy geologicznej nawiązującej do zdjęć geologicznych Pierwszej Polskiej Wyprawy Spitsbergeńskiej z 1934 roku, wykonanych przez prof. dr S. Z. Różyckiego. Badania te były prowadzone w lecie 1957 i 1958 roku. Wykonano zdjęcie geologiczne w skali 1:50 000 obszarów południowej części Ziemi Wedel-Jarlsberga i Ziemi Tonella oraz północnej części Ziemi Południowego Przylądka (Sörkapp Land), łącznie ok. 750 km². W wyniku tego zdjęcia został ustalony zasadniczy schemat stratygraficzny tzw. formacji Hecla Hoek (dotychczas w tym terenie słabo poznanej). Zebrana fauna dolnokambryjskich trylobitów została oddana do opracowania doc. dr Zofii Kielan (Warszawa), zbiory petrograficzne z prekambryjskiego kompleksu amfibolitowego i występujących w nim zjawisk granityzacji zostały oddane do opracowania dr Wojciechowi Narębskiemu (Kraków), zaś próby petrograficzne z intruzji dolerytowych — mgr Tadeuszowi Morawskiemu (Wrocław). Została opracowana tektonika formacji Hecla Hoek oraz stratygrafia i tektonika pokrywy pokałedońskiej (dewon-kreda). W tym ostatnim zespole warstw znaleziono szereg faun, które oddano do opracowania specjalistom (ryby dewońskie — prof. dr. Anatolowi Heintzowi, Oslo; brachiopody i gąbki karbonu i permu — mgr Stanisławowi Czarnieckiemu, Kraków; korale karbonu — mgr Jerzemu Fedorowskiemu, Poznań; fauny jurajskie i neokomskie — doc. dr Jerzemu Znosce, Warszawa). Do ważniejszych osiągnięć należy zaliczyć także odkrycie morskich tilitów w algonckich utworach formacji Hecla Hoek, które można uważać za najstarszy przejaw klimatu glacialnego w historii geologicznej archipelagu Svalbardu.

Dr inż. K. Birkenmajer wykonał też obserwacje nad rozwojem i stratygrafią podniesionych tarasów nadmorskich we fiordzie Hornsund, wykonując na całym jego obszarze mapę utworów czwartorzędowych w skali 1:50 000 oraz mapę geologiczną czwartorzędu wybranych obszarów w skali 1:10 000. To ostatnie zdjęcie objęło 25 km². Z badaniami tymi

wiązało się ustalenie współczesnej pozycji czoł lodowców oraz linii firnowej w obszarze Hornsundu, jak również ustalenie chronologii zjawisk transgresji i regresji lodowców Hornsundu. W obszarze badanym wyróżniono dwie generacje moren. Starsza z nich została zaliczona do późnego Würmu, młodsza natomiast określona jako późny holocen (wiek: — 500 do +1900). Ustalono, że według wszelkiego prawdopodobieństwa Hornsund był całkowicie pozbawiony pokrywy lodowej między latami — 10 000 i — 500.

Do ważniejszych osiągnięć dr inż. K. Birkenmajera należy też zaliczyć opracowanie nowej metody służącej do obliczenia szybkości współczesnego podnoszenia się łądu w okolicy Hornsundu, opartej na występowaniu kości wielorybów grenlandzkich (*Balaena mysticetus* L.), szczątków 17-wiecznych łowów wielorybnych, na różnych wysokościach brzegu fiordu. Ta metoda stała się punktem wyjścia dla przeprowadzenia interpretacji zjawisk podnoszenia się łądu całego obszaru Svalbardu, dla którego skonstruowano próbne izobazy wskazujące na to, że najwyższe wartości podnoszenia izostatycznego zdają się występować na Edgeöya i na wschód od Svalbaru, w obrębie szelfu Morza Berentsa. Stopa podnoszenia izostatycznego dla Hornsundu została obliczona na 2,3 m na stulecie.

Doc. dr S. Siedlecki przeprowadzał badania na pd.-zach. wybrzeżach Hornsundu, gdzie wykonał mapę geologiczną w skali 1:50 000 na obszarze ok. 20 km² i ustalił profil stratygraficzny kulmu.

Pomiary magnetyzmu ziemskiego wykonywane w lecie 1957 i 1958 przez mgr. K. Karaczuna i mgr inż. J. Kowalczuka były przeprowadzone na pięciu punktach w pobliżu Hornsundu: (a) Isbjørnhamna, (b) Kvartsittsletta, (c) Konstantinovka, (d) Treskelodden, (e) Suf-folkpynten. Wykonano bezwzględne pomiary elementów D, H, I. W celach porównawczych pomiarów podobnych dokonano również w Tromsø w drodze na Spitsbergen i z powrotem.

Badania botaniczne prowadzone w 1957 r. przez doc. dr A. Śródonia i w r. 1958 przez mgr. M. Kuca uwzględniały zagadnienia systematyki i ekologii roślin tundry spitsbergeńskiej oraz palynologii. Badania mikrobiologiczne nad pierwotniakami Hornsundu prowadził dr M. Doroszewski w lecie 1957, badania nad systematyką i ekologią ptaków prowadził w latach 1957 i 1958 doc. dr Bronisław Ferens.

W ciągu całego okresu pracy na Spitsbergenie polska ekspedycja utrzymywała łączność radiową z Warszawą i norweskimi stacjami meteorologicznymi oraz radiowe i osobiste kontakty z norweskimi władzami Svalbardu, norweskimi badaczami, radziecką stacją w Barentsburgu na Spitsbergenie oraz szwedzko-fińsko-szwajcarską ekspedycją naukową pracującą w Murchisonfjorden, 350 km na północ od Hornsundu. Nawiązana wówczas współpraca jest kontynuowana po dziś dzień w serdecznej i przyjacielskiej atmosferze.

Jerzy Müller

ZAPADLIŚKO NADBUŻAŃSKIE I NADBUŻAŃSKIE ZAGŁĘBIE WĘGLOWE

HISTORIA ODKRYCIA ZAGŁĘBIA NADBUŻAŃSKIEGO

Nadbużańskie Zagłębie Węgłowe rozwinięte jest w utworach karbońskich przykrytych na całym swym obszarze, co najmniej 50, a w prze-ważającej części kilkusetmetrowym płaszczem osadów mezozoicznych.

Odkrycie nie występujących nigdzie na powierzchni utworów węgło-nośnych zawdzięczamy prof. J. Samsonowiczowi, który w 1929 r. znalazł w rejonie Ostroga i Pelczy w zlepieńcach podstawowych cenomanu otoczaki krzemieni z fauną karbońską i zauważył, że wielkość i ilość tych otoczek wzrasta w kierunku zachodnim. Na podstawie tych prze-słanek prof. J. Samsonowicz rozpoczął dalsze badania, podsumowane w opublikowanej w 1937 r. notatce, gdzie podał pierwszy spis znalezionej fauny karbonu nadbużańskiego oraz mapkę, na której wyznacza przy-puszczalny przebieg występowania karbonu w podłożu mezozoiku.

W 1938 r. w związku ze zwiększeniem nakładów finansowych Pań-stwa Polskiego na rozwój badań geologicznych i poszukiwań surowcowych, na obszarze Zagłębia rozpoczęto intensywne prace wiertnicze prowadzone pod kierunkiem naukowym prof. J. Samsonowicza przez koncern: Wspól-nota Interesów Górniczo-Hutniczych S. A. Wykonano 14 płytkich, kil-kusetmetrowych wierceń, z których 7 (w Haliczanach, Stojanowie, Busku, Chojowicie, Kozłowie, Tartakowie i Zawisznicy), po przebiegu mezozoiku weszło w utwory karbońskie. Wiosną i latem 1939 r. wykonano dalsze 3 wiercenia (w Lackiem, Jaktorowie i Zadwórzcu).

We wszystkich tych wierceniach przewiercono łącznie mniej niż 2000 m karbonu, nie przebijając go nigdzie. Dały one jednak wielką ilość materiału stratygraficznego i litologicznego, doprowadziły do wstęp-nego rozpoznania zarówno położenia, jak i węglonośności Zagłębia.

Wyniki tych wierceń opublikował prof. J. Samsonowicz w formie krót-kiego komunikatu w biuletynie Polskiej Akademii Umiejętności z roku 1939. (Z powodu wojny publikacja ta ukazała się dopiero w 1946 r.).

Wojna przerwała polskie poszukiwania na tym obszarze. Zostały one niezwłocznie podjęte przez radziecki trest „Lwów Uglerazwiedka”. Nauko-wym opracowaniem materiałów z wierceń zajął się zespół geologów (D. E. Ajzenwerg, N. E. Brażnikowa, A. M. Iszczenko, E. O. Nowik, P. Ł. Szulga) zatrudnionych w Instytucie Nauk Geologicz-nych USSR. W początku 1940 r. sporządzono plan badań karbonu nad-bużańskiego. Wykonanie tego planu przerwała wojna radziecko-niemiecka.

Poszukiwania na obszarze nadbużańskim nie zostały jednak zawieszone. W latach 1941—1942 na zlecenie hitlerowskiego urzędu do badań geologicznych obszarów Polski — Amt für Bodenforschung wykonano głębokie wiercenie badawcze w Strzyżowie nad Bugiem. Wiercenie to po przejściu 394,6 m głównie kredowego nakładu przebiło piętra karbonu, namur i wisen; na 830 m zostało wstrzymane.

Opracowanie materiałów wiercenia w Strzyżowie Amt für Bodenforschung powierzyło M. Schwarzbachowi, materiały dla niego wybrał dokonujący na miejscu w Strzyżowie redukcji rdzenia T. Bocheński¹. Przydzielony on był później do pomocy M. Schwarzbachowi przy opracowywaniu wyników tego wiercenia. Korzystając z tego T. Bocheński zebrał i przechował w tajemnicy przed władzami Amt für Bodenforschung próbki pozostałe po rozbijaniu przez M. Schwarzbacha rdzenia wiertniczego.

Wyniki opracowania profilu wiercenia w Strzyżowie M. Schwarzbach ogłosił początkowo w formie krótkiego komunikatu w roku 1944, później w 1949 roku jako specjalną monograficzną rozprawę. Próby i okazy fauny, na których opierał on swoje opracowania, były przechowywane we Wrocławiu i uległy zniszczeniu w czasie burzenia tego miasta przez cofające się oddziały hitlerowskie. Próby ukryte przez T. Bocheńskiego ocalały i posłużyły jako temat dwóch obszernych opracowań polskich, publikowanych zresztą z dużym opóźnieniem: *O skałach oolitowych karbonu nadbużańskiego* (T. Bocheński, Zb. Michałek, 1955) i *Karbon Strzyżowa nad Bugiem* (K. Korejwo, J. Samsonowicz, 1958).

Po wojnie cały nieomal obszar objętym uprzednimi badaniami prof. J. Samsonowicza wszedł w skład USSR. Po kilkuletniej przerwie powojennej w 1948 r. rozpoczęto tam intensywne poszukiwania, mające na celu ustalenie przemysłowych perspektyw węgloności obszaru.

Rozmach i wielkość nakładów, z jakimi prowadzone były te poszukiwania, obrazować może liczba prawie 500 wierceń głębionych w utworach karbońskich, którą badacze radzieccy osiągnęli w 1952 r., jeszcze przed dokonaną w tym czasie zmianą granicy polsko-radzieckiej.

Już w 1951 r. wykonana została pełna geologiczna i przemysłowa ocena perspektyw górniczych Zagłębia, a jeszcze przed tym w 1950 r. zaczęto budowę pierwszych kopalń, które w 1954 r. rozpoczęły produkcję. W 1956 r. w radzieckiej części Zagłębia pracowały 4 kopalnie wydobywające 0,5 mln ton węgla rocznie, w 1957 r. czynnych było już 7 kopalń o łącznym wydobyciu około 1,59 mln ton rocznie.

Powojenne badania polskie posuwały się o wiele wolniej. Instytut Geologiczny finansował trzy wiercenia (w Kosmowie, Husynnem i Tepiukowie) głębione w latach 1955—1957 na obszarze bezpośrednio przyległym do poznanej już radzieckiej części Zagłębia oraz mające na celu wyjaśnienie rozległości obszaru węglonośnego karbonu, wiercenie w Chelmie (wykonane w latach 1954—1955). We wszystkich tych otworach znaleziono pokłady węgla, lecz są one cienkie, przemysłowo nieopłacalne. Badania te są kontynuowane w ramach prowadzonych przez Instytut Geologiczny podstawowych badań geologicznych podłoża Niżu Polski. Nie noszą one jednak charakteru poszukiwań surowcowych.

¹ T. Bocheński — późniejszy profesor Akademii Górniczo-Hutniczej.

SYTUACJA TEKTONICZNA ZAGŁĘBIA NADBUŻAŃSKIEGO

Nadbużańskie Zagłębie Węglowe leży w przykrytym utworami mezozoicznymi rowie tektonicznym, stanowiącym wschodnią część większego elementu strukturalnego Zapadliska Nadbużańskiego. Jak przyjmuje się, Zapadlisko Nadbużańskie stanowi jedną z jednostek tektonicznych, tworzących wschodnie zakończenie Platformy Rosyjskiej. Wszystkie występujące na tym obszarze struktury są związane genetycznie z przedmezozoicznymi cyklami diastroficznymi. Są one skomplikowane i niełatwe do odcyfrowania wskutek działania ruchów mezo- i kenozoicznych, które doprowadziły do utworzenia Karpat, Zapadliska przedkarpackiego oraz kredowej Syneklizy Lubelskiej. Obecnie lepiej poznane są jedynie obszary pokryte cieńszym płaszczem i słabiej tektonicznie zaangażowanych utworów mezozoiku. Poglądy dotyczące geologii formacji starszych, przykrytych obecnie grubą powłoką utworów mezo- i kenozoicznych, mają charakter hipotez roboczych, które może będą musiały ulec modyfikacji w miarę napływu nowych materiałów.

Na dużym obszarze od Zmiernika na północy do Mohylewa na południu i dalej na wschód na powierzchni występują skały głębinowe i metamorficzne, tektonicznie zaburzone w szereg silnie wydłużonych jednostek antyklinalnych i synklinalnych o kierunkach osiowych NW—SE. Jest to stary maszyn archaiczny Tarcza Ukraińska. Dalej ku północy skały krystaliczne występują w formie oddzielnych bloków; kierunki tektoniczne są trudno uchwytne. Niektórzy badacze radzieccy (tak jak np. Bondarienko, 1958) uważają, że jest to miejsce przecinania archaicznego łuku górskiego, którego ślady znajdujemy w Tarczy Ukraińskiej i dalej na północy w Masywie Białoruskim, przez masyw górski wieku proterozoicznego, o prawie równoleżnikowych kierunkach fałdowań.

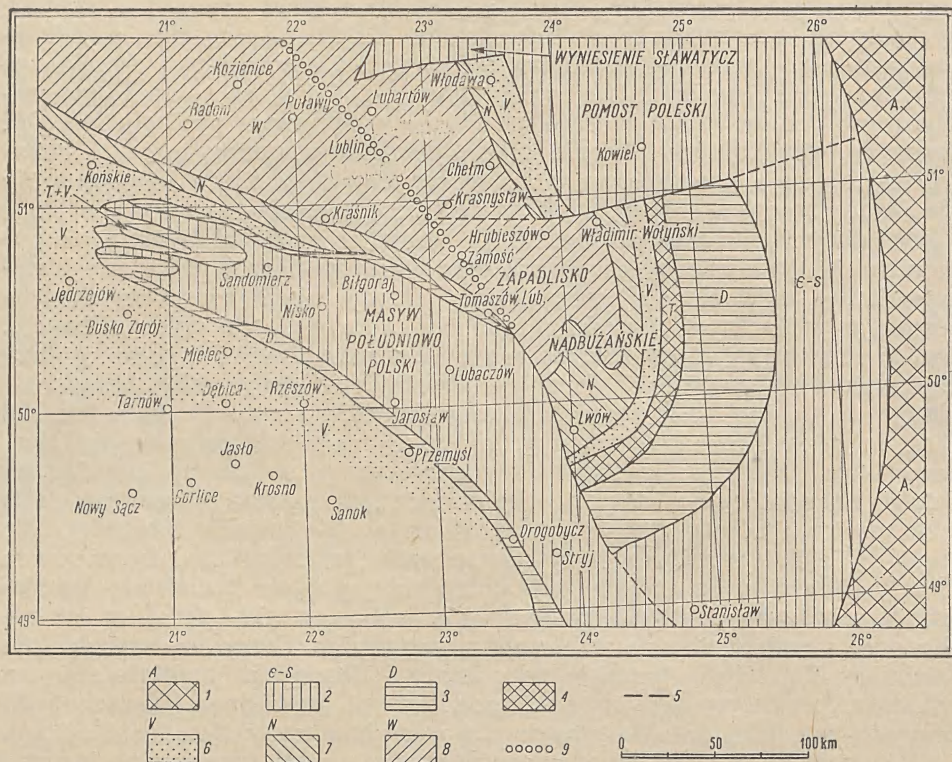
Zgodnie z kierunkiem przypuszczalnych fałdowań proterozoicznych („Wołynidów“) w strukturze prekambryjskiej podłoża południowego Polesia i północnego Wołynia zaznacza się garb łagodnie opadający ku zachodowi, a podnoszący się w kierunku wschodnim. Stary ten maszyn, rozdzielający Zapadlisko brzeskie na północy i Zapadlisko nadbużańskie na południu, przykryty jest na swej powierzchni grubiejącą ku zachodowi pokrywą łagodnie pofałdowanych utworów kambru, ordowiku i syluru.

Na początku okresu dewońskiego wschodnia część sugerowanych przez Bondarienkę „Wołynidów“ uległa silnemu obniżeniu w związku z formowaniem się rowu tektonicznego, znanego jako zapadlisko Dnieprowsko-Donieckie. Pozostała zachodnia część tworzy wyniesienie o południkowym przebiegu nazywane przez B. Arenia i St. Pawłowskiego, 1957 — Pomostem Poleskim.

Na linii Bugu występuje strefa uskoków obniżająca powierzchnię podłoża krystalicznego po stronie zachodniej. Kontynuację Pomostu Poleskiego znajdujemy tylko w obszarze Stawatycz i Łukowa, tzw. Wyniesienie Stawatycz. Od południa graniczy ono z jednostką strukturalną określoną przez B. Arenia i St. Pawłowskiego jako obniżenie nadbużańskie. Jednostka ta w paleozoiku stanowiła prawdopodobnie część Pomostu Poleskiego, jednakże później nie została wyniesiona, zachowując swoją pokrywę paleozoiczną. Jak przypuszcza się, na całym obniżeniu brak jest osadów dewonu. Osady karbonu osiągają miąższość mniejszą co najmniej

o 30% niż w Zapadlisku Nadbużańskim. Obniżenie Nadbużańskie jest najsilniej wyniesione w pobliżu Bugu, a zanika w wyróżnianej przez A. Dąbrowskiego i K. Karaczuna, 1956 — strefie pierwszego stopnia platformy.

Zapadlisko nadbużańskie od północy i wschodu ograniczone jest przez Pomost Poleski i Tarczę Ukrainą, od południowego zachodu, jak przypuszcza się, kontaktuje z masywem fałdowym powstałym w czasie kaledońskiego cyklu diastroficznego. Koncepcję występowania tego masywu



Rys. 1. Schematyczna mapa geologiczna południowo-wschodniej Polski (bez utworów mezo i kenozoicznych)

1 — Tarcza Ukrainą, 2 — starszy paleozoik, 3 — dewon, 4 — turnej, 5 — główne uskoki, 6 — wizen, 7 — namur, 8 — westfal, 9 — wgłębny stopień platformy

w południowej części Rowu metakarpackiego sugerują Sandler i Głuszko — 1958, Chiżniakow, 1957, Dikensztajn, 1957 i inni geolodzy radzieccy. O jego obecności zdają się świadczyć fakty znajdowania zaburzonego tektonicznie syluru w kilku wierceniach głębinowych w pobliżu linii względnych maksimów siły ciężkości rozciągającej się w tym rejonie. Najważniejszym z tych wierceń był otwór w Rawie Ruskiej, gdzie pod 1200 m nakładem mezozoiku odwiercono 1590 m górnego syluru (odpowiednik serii borszczowskiej ludłowu Podola) o dużych upadach (50—80°). Miąższość tych utworów wynosi tu według prze-

liczeń Sandlera (1956) — 1000 m. Wspomnianą linię anomalii grawimetrycznych Sandler i Głuszkó, 1958, uważają za związaną z osią fałdowań kaledońskich. Istnienie łańcucha kaledońskiego geolodzy radzieccy są skłonni sugerować także dalej na północ (W. W. Głuszkó, 1957) i łączyć go ze strefą anomalii siły ciężkości interpretowaną w Polsce (Dąbrowski i Karczun, 1956 i inni), jako strefa pierwszego stopnia platformy lub strefa głębokiego rozłamu lub „szwu“ w podłożu krystalicznym.

W Polsce w okolicach Lubaczowa, Jarosławia, Korytkowa wierceniami odkryto występujące bezpośrednio pod warstwami mezo- i kenozoiku silnie sfaldowane osady kambru i ryfeju. Stanowią one przedłużenie starych trzonów fałdowych znanych z Gór Świętokrzyskich i Gór Pieprzowych. Ostatnio w jednym z wierceń (Uszkowce) znaleziono leżące na kambrze osady ordowiku i syluru (sfaldowane najprawdopodobniej zgodnie z kambrzem — upady do 20°). Być może należałoby i w Polsce wyróżniać strefę górotwórczości kaledońskiej stanowiącą jedną całość z sugerowanym przez badaczy radzieckich masywem fałdowym tego wieku, lecz na podstawie ostatnich badań wiertniczych nie można jednak przypuszczać, że ciągnie się ona wzdłuż pierwszego stopnia platformy. Bardziej prawdopodobnym miejscem tego starego, głęboko obecnie ukrytego, pod młodszymi osadami, łańcucha górskiego wydaje się być strefa rysowana na rys. 6.

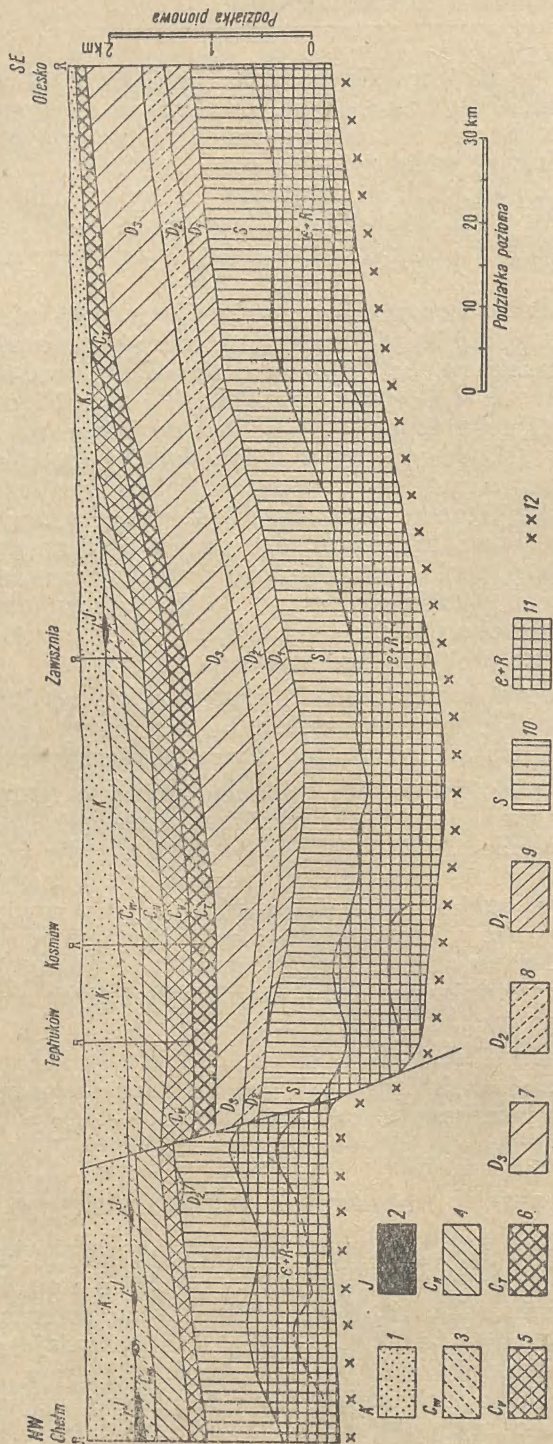
W myśl tego kaledoński łańcuch górski ciągnąłby się od Rawy Ruskiej równoleżnikowo do Gór Świętokrzyskich, by tam skręcać na północ, wzdłuż drugiego stopnia platformy (do połączenia ze Skandynawią).

Mówiąc o Zapadlisku Nadbużańskim będziemy przez to rozumieć łagodnie nachyloną synekлизę dewońsko-karbońską, rozciągającą się od Tarczy Ukrainskiej na wschodzie do strefy pierwszego stopnia w podłożu krystalicznym na zachodzie, od południa ograniczoną przez masyw kaledoński, od północy w swej wschodniej części, zamkniętą przez wydźwignięty Pomoście Poleski, natomiast w części zachodniej w pewnym sensie przechodzącą w Obniżenie Nadbużańskie. Pojęcia części wschodniej Zapadliska uważać będziemy w stosunku do jego obszarów położonych na wschód od Bugu, a zachodniej na zachód od tej rzeki.

W kierunku zachodnim Zapadlisko zanurza się pod grubą pokrywą mezozoiczną południowej Lubelszczyzny. Dalej ku zachodowi można je łączyć ze strefą dewonu i karbonu Gór Świętokrzyskich i ich północnego przedpola.

ROZWÓJ GEOLOGICZNY ZAPADLISKA NADBUŻAŃSKIEGO

Formowanie Zapadliska jako struktury negatywnej leżącej w części brzeżnej Platformy Wschodnioeuropejskiej jest związane najprawdopodobniej z proterozoicznymi ruchami orogenicznymi przypuszczanymi na Pomoście Poleskim (Bondarienko, 1958), które nakładają się tam ukośnie na archaiczne struktury tworząc łuk oregenu Masyw Ukrainski — Masyw Białoruski. Ruchy obniżające silnie zaznaczyły się już w ryfeju i dolnym kambrze, o czym świadczą duże miąższości tych utworów znane we wschodniej części zapadliska (Chiżniakow, 1957, Głuszkó, 1957). Miąższości tych utworów wzrastają w kierunku pół-



Rys. 2. Przekrój Chełm—Oleśko

1 — kreda, 2 — jura, 3 — westfal, 4 — namur, 5 — wisen, 6 — turnej, 7 — dewon, 8 — sylur, 9 — kambr, 10 — powierzchnia podłoża krystalicznego, 11 — ryfej, 12 — powierzchnia podłoża krystalicznego

nocnym, maleją w południowym (obszar naddnieprzański). Kambr wykształcony jest w postaci słabo zdiagenezowanych piaskowców i mułowców. Ordowik leży na kambrze niezgodnie.

W ordowiku osadzają się utwory płytkowodne o niewielkiej miąższości (45 m). Są to wapienie zlepieńcowate i piaskowce glaukonitowe. Górna część ordowiku jest rozmyta, jak się przypuszcza, wskutek wynurzenia związanego z synorogenezą ruchów takoniskich.

Sylur w części północnej Zapadliska o stosunkowo małej miąższości (około 300 m w części wschodniej), wykształcony jest w facji przybrzeżnomorskiej (szarozielone łupki wapniste i zdolomityzowane wapienie). W kierunku południowym miąższość niezdyslokowanego syluru wzrasta osiągając ok. 650 m.

Ruchy kaledońskie, tworzące strefę orogeniczną w południowej części Zapadliska, doprowadziły także do wielkopromiennych fałdowań w północnym jej skrzydle, na zboczu Wału Poleskiego.

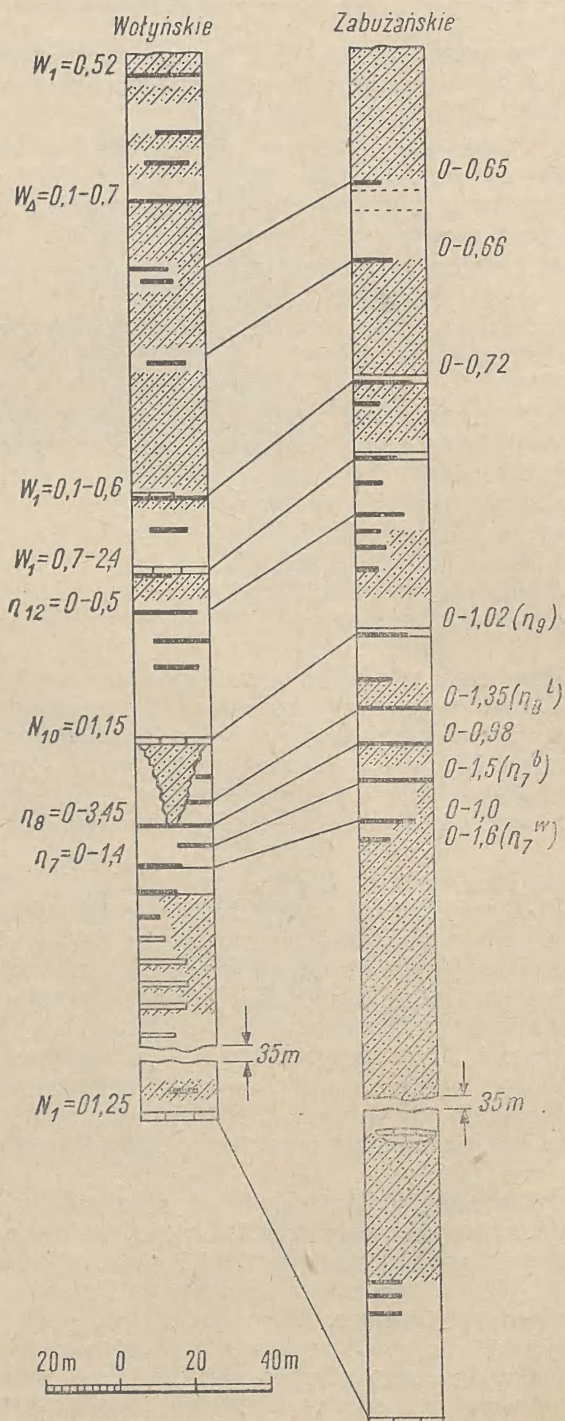
Kwestia miąższości dewonu w Zapadlisku została wyjaśniona dzięki wynikom wierceń w Olesku i Kuliczkanie. Wyniki pierwszego są publikowane (Sandler i Głuszkowski, 1957); schematyczny profil drugiego zawdzięczam ustnej informacji dr St. Depowskiego. Przedstawia się on następująco: 0—600 m mezozoik, 600—1000 m karbon, 1000—1950 m dewon.

W Olesku niższa część utworów dewońskich wykształcona jest w facji czerwonych piaskowców i skał ilasto-piaszczystych Old-Redu. Dewon środkowy tworzą przewarstwiające się dolomity, wapienie dolomityczne, piaskowce, mułowce i iłowce o łącznej miąższości 160 m. Dewon górny (550 m) w części dolnej składa się z dolomitów z gipsem, w górnej prawie wyłącznie z wapieni. Łączna miąższość utworów dewońskich wynosi 1040 m.

Duże miąższości dewonu w Kuliczkanie zdają się potwierdzać koncepcję Sandlera i Głuszki, 1957 (profil na str. 262) o wzrastającej miąższości dewonu w miarę zbliżania się do strefy fałdowań kaledońskich. Duże grubości utworów tego okresu są niewątpliwie związane z ruchami zanurzającymi, trwającymi w Zapadlisku, jednakże kwestia związania tych ruchów z synchronicznym formowaniem i pogłębianiem Zapadliska dniewprowsko-donieckiego i Rowu prypeckiego nie jest jeszcze zupełnie jasna.

Jak daleko dewon wkraczał na Obniżenie Nadbużańskie trudno jest w tej chwili cokolwiek powiedzieć, choć niewykluczone, że zasięg jego przedłużał się na północ od dziś istniejącego przedłużenia Uskoku Włodzimierskiego.

Turnej (130 m) w części dolnej składa się z dolomitów i wapieni dolomitycznych. Część wyższą tworzą pstre piaskowce, mułowce i iłowce z przewarstwieniami skrzemionkowanych wapieni i zlepieńców. Leży on na dewonie zgodnie. W górnej jego części na obszarze Pomostu Poleskiego zaznaczają się ruchy wypiętrzające, które doprowadziły do utworzenia ponad stumetrowej serii zlepieńcowej znanej w północnej części Zagłębia Nadbużańskiego, a w Polsce z wierceń w Strzyżowie i Kosmowie. Miąższość serii zlepieńcowej wzrasta w kierunku Uskoku Włodzimierskiego, w tym samym kierunku zaznacza się zwiększenie grubości tworzących ją otoczków dolnego turnaju i syluru. Tak więc, można sugerować, że ru-



Rys. 3. Zestawienie profili warstw węglonośnych w Zagłębiu Nadbużańskim

chy środkowoturnejskie, korelatywne z fazą nassauską doprowadziły do wydzwignięcia Wału Poleskiego i Obniżenia Nadbużańskiego wzdłuż linii Uskoku Włodzimierskiego.

Po turneju sytuacja zmienia się. Według E. N. W a r t a n o w e j, 1953, kambr ani sylur Pomostu Poleskiego nie był w całym wyższym od turneju karbonie źródłem materiału klastycznego. Autorka ta sugeruje na podstawie szczegółowych badań petrograficznych, dwie formacje, z których na przemian czerpany był materiał detrytyczny karbonu: utwory Tarczy Ukrainńskiej i utwory typu łupków marmaroskich, które, jak przypuszczam, tymczasowo można utożsamiać z seriami kambru i ryfeju, znanymi z wierceń głębinowych na obszarze Masywu Południowo-Polskiego.

Wisien ma do 500 m miąższości. Występują tu tylko górna część tego piętra, penakordantnie przykrywająca turnej. W skład wisenu wchodzi wzajem przewarstwiające się ławice wapieni, iłowców, piaskowców, łupków węglistych i węgla.

Namur o grubości 190—300 m leży na wisenie zgodnie. Umowną granicę między obu piętrami stanowi 1,5 m gruby wapień N_1 (rys. 3). Namur wykształcony jest w postaci iłowców, mulowców i piaskowców oraz łupków węglistych i węgla. Rzadko zdarzają się przewarstwienia skał węglanowych. Miąższość namuru wzrasta w kierunku południowym. Na północy Zagłębia w spagu utworów tego piętra leży 50 m seria czarnych, bitumicznych laminowanych iłowców (seria czarnych łupków poziomu liszniańskiego), ku południowi w serii tej zaczynają pojawiać się piaskowce.

Na czarnych łupkach leżą utwory poziomu bużańskiego, zawierające główne warstwy węglowe Zagłębia. Miąższość poziomu zmienia się od 90 m na obszarze złoża Wołyńskiego (rys. 5) do 140 m na obszarze Złoża Mieźreczeńskiego. W rejonie wołyńskim niższa część utworów tego poziomu wykształcona jest w postaci terrygeniczných osadów przybrzeżnomorskich i zawiera 7 przewarstwień węgla o grubości nie przekraczającej 50 cm. Na południu dolna część poziomu bużańskiego wykształcona jest w postaci rzecznych piaskowców arkozowych z miką (piaskowce srebrzyste) o miąższości do 70 m. Wyższa część poziomu o miąższości 40—50 m, pod względem litologicznym jednolita, jest najbardziej obfita w węgiel. Zawiera ona właściwie prawie wszystkie górnicze ważne pokłady Zagłębia.

Najwyższą część namuru stanowi poziom morozowicki (o miąższości 55—60 m) powyżej cienkiego wapienia N_{10} (rys. 3) wykształcony w postaci szybko zmieniających się i wyklinowujących warstw iłowców, mulowców i piaskowców, wśród których występuje 3—6 wkładek węgla. Na południu Zagłębia niektóre z nich dochodzą do eksploatacyjnych miąższości.

Horyzontami przewodnimi są w namurze czarne iłowce, piaskowce srebrzyste, wapień N_{10} i graniczący z utworami westfalskimi wapień W_1 (rys. 3).

Utwory westfalu zalegają na namurze zgodnie. Miąższość ich w granicach Zagłębia wynosi 140 m. Pełny profil utworów westfalskich nie jest znany. Przypuszcza się, że najwyższe horyzonty występują tylko na terenie Polski. Utwory westfalu odróżniają się od wizenu i namuru przewagą piaskowców i znacznie mniejszym rozwojem wkładek węglowych, które występują tu rzadko — grubość warstw płoných między poszcze-

gólnymi cienkimi z reguły wkładkami węgla dochodzi często do kilkunastu metrów. Węgloność w najwyższych częściach profilu westfalu lekko zwiększa się.

Summaryczna miąższość utworów węglonośnych, to jest wizenu, namuru i westfalu na północy Zagłębia Nadbużańskiego dochodzi do 950—1 000 m, na południu od 1 100 do 1 250. Miąższości osadów karbonu (wyjawszy turnej, gdzie sytuacja jest wręcz odwrotna) wzrastają w kierunku południowym, w kierunku sugerowanego łańcucha kaledońskiego. Wpływy morskie najsilniej zaznaczają się w wisenie, w namurze są mniejsze, by w końcu w westfalu prawie całkowicie zaniknąć.

W najbardziej północnej części Zapadliska i wszędzie poza sugerowaną linią wgłębnego przedłużenia Uskoku Włodzimierskiego brak jest dolnego wisenu, którego osady znane są tylko w południowej, radzieckiej części Zapadliska.

Turnej na północ od linii Uskoku Włodzimierskiego również nie jest znany, można by przypuszczać założenie uskoku w czasie ruchów nassauskich, następnie gradację powstałej w ten sposób formy morfologicznej i osadzanie wyższych ogni w karbonu. Przypuszcza się, że powstały w czasie ruchów nassauskich uskoku kontynuuje się na terenie Polski przykryty i maskowany obecnie przez młodszego karbon i mezozoik.

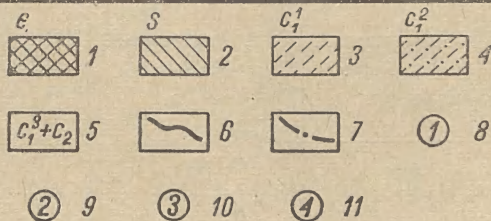
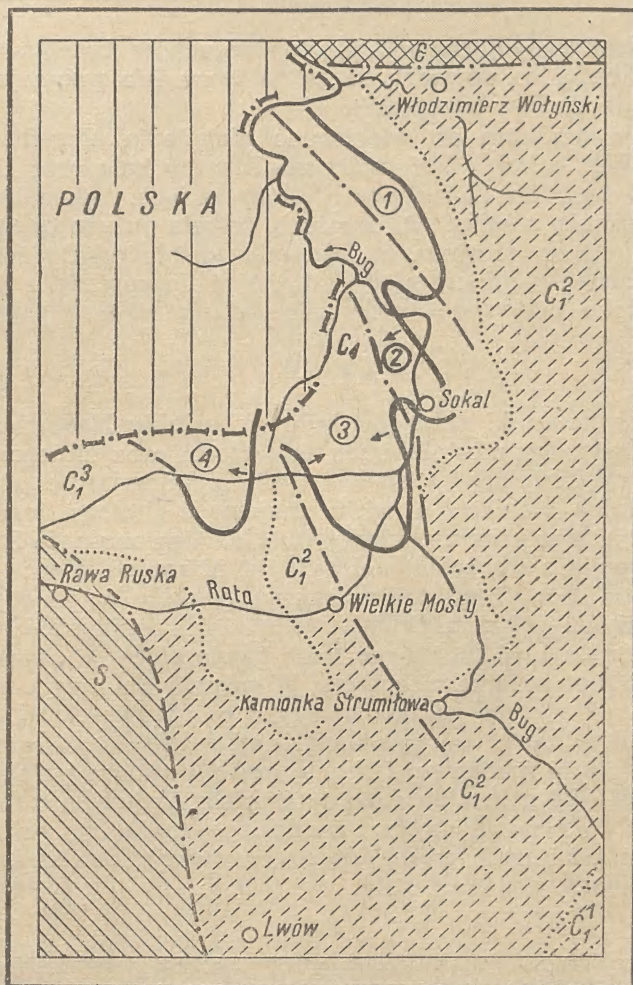
Po karbonie zaś nastąpiło odmłodzenie uskoku na wschód od linii Uskoku Nadbużańskiego, które doprowadziło do zderzenia utworów tego okresu ze skrzydła wiszącego. Na terenie Polski odmłodzenie to miało bardzo ograniczony zasięg (por. rys. 1).

W karbonie i dewonie Zapadliska występuje szereg łańcuchów brachyantyklin o ogólnym kierunku osi NNW—SSE. Zaburzenia te silniejsze są w południowej, słabsze w północnej części zapadliska. Wieku ich definitywnie określić nie można. Najprawdopodobniej związane są z diastrofizmem herceyńskim.

Utwory permu i triasu nie są znane. Na karbonie spoczywają (w polskiej części Zapadliska) utwory jurajskie lub bezpośrednie górnokredowe. Ostatnie badania radzieckie potwierdzają przypuszczenie J. Samsonowicza z roku 1939, o występowaniu płytów jury w zagłębieniach morfologicznych powierzchni karbonu na obszarze eksploatowanego Zagłębia. Miąższość wapieni dolomitycznych oraz pstrych mułowców i iłowców tego wieku dochodzi do 90 m.

Utworów dolnej kredy na rozpatrywanym obszarze brak. Kreda górna przekraczającą pokrywa cały obszar basenu. Miąższość utworów tego okresu zwiększa się od 80—100 m we wschodniej, do 500—550 m południowo-zachodniej części Zagłębia. W kredzie wydziela się cenoman, turon, koniak, santon i kampan. Utwory cenomanu nie są ciągle, występują w postaci piaskowców glaukonitowych i margli o miąższości do 30 m. Turon i koniak wykształcone są w facji kredy piszącej z krzemieniami, ich summaryczna miąższość wynosi 150 m. Santon i kampan występują w postaci białych i szarzielonych margli. Kreda przykryta jest przez czwartorzędowe utwory lodowcowe i less o miąższości 15—20 m.

Globalna miąższość nadkładu na obszarze eksploatowanego Zagłębia Nadbużańskiego zmienia się w granicach od 100 do 600 m, zwiększając się ku zachodowi.



Rys. 4. Mapa geologiczna Zagłębia Nadbużańskiego (bez utworów mezo- i kenozoicznych)

1 — kambr, 2 — sylur, 3 — turnej, 4 — wisen, 5 — namur i westfal, 6 — wychodnie i upad najniższego eksploatacyjnego pokładu pod mezozoikiem, 7 — główne uskoki, 8 — synklina wołyńska, 9 — synklina sokalska, 10 — synklina główna, 11 — synklina tiagłowska

Uskoki ciągnące się równolegle do łańcuchów brachyantyklin zaburzają także kredę, co dowodzi, że są założone lub przynajmniej odmłodzone w czasie ruchów alpejskich.

Ostatnim i trudnym do wiekowego określenia elementem tektoniki tego obszaru jest uskoki oddzielający sfałdowany kaledonik Rawy Ruskiej od dewonu i karbonu Zapadliska Nadbużańskiego. Jak należy przypuszczać, powierzchnia nieciągłości założona została już w czasie izostatycznego wydzwignięcia orogenu, a następnie została odmłodzona przez naprężenia związane z cyklem alpejskim, które doprowadziły do przechylenia całego bloku fałdowego w kierunku południowym i pocięły go uskoki.

WĘGLE I KOPALNICTWO

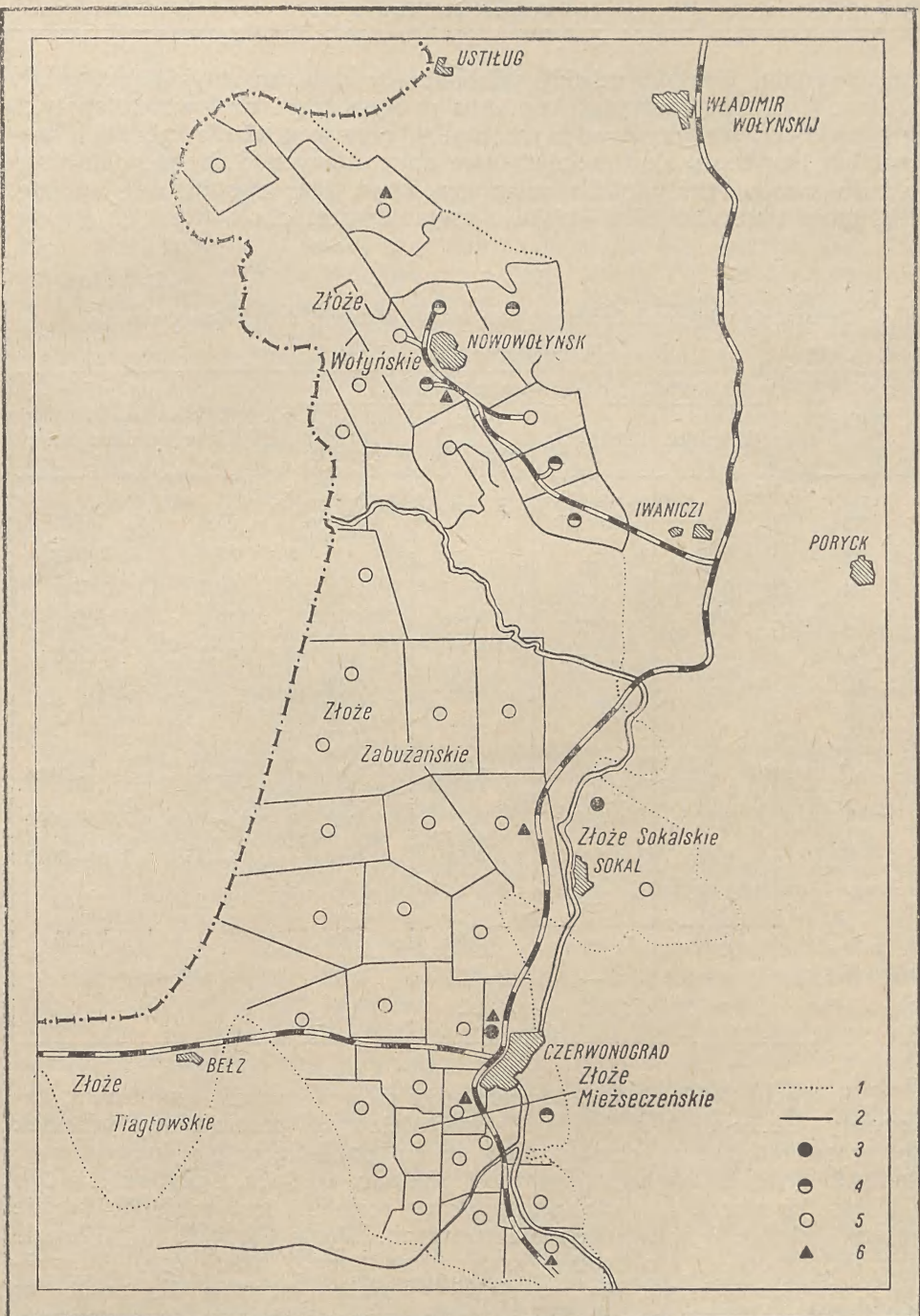
Ustalenie synonimiki pokładów było w Zagłębiu Nadbużańskim znacznie utrudnione przez niestałość ich miąższości oraz zmienność przewarstwień płonych. Korelację pokładów ułatwia natomiast częstość horyzontów przewodnich wapieni, a także znajomość litologii warstw płonych oraz substancjalnego składu pokładów węgla. Węgloność Zagłębia związana jest głównie z utworami namuru. W utworach wisenu zdarzają się jedynie cienkie (do 0,7 m) soczewkowate pokłady węgla wyklinowujące na przestrzeni 500—1000 m. Pokłady westfalskie o miąższości 0,7 do 0,8 m są bardziej ciągłe i równomierne, lecz zawierające je utwory nie mają w ZSRR szerszego rozprzestrzenienia. W turneju zaś węgla nie ma wcale. W namurze odkryto 19 pokładów węgla o miąższości od kilku centymetrów do 1,6, a nawet 2 m. Pokłady, najbardziej ważne górniczo, związane są z utworami środkowej i górnej części poziomu bużańskiego, gdzie w interwale 50—70 m znajduje się o 10 pokładów węgla o miąższości powyżej 0,50 m. Główne znaczenie przemysłowe mają dwa pokłady n_7^b i n_8 . W odróżnieniu od innych występują one we wszystkich złożach, stale posiadając eksploatacyjną miąższość.

Tablica 1

Charakterystyka węgloności karbonu Zagłębia Nadbużańskiego

Piętro	Zasoby w procent. od ogół. zas. Zagłębia	Maksymalna ilość przewarstwień węgla	Ilość pokładów o miąższości		
			0,5— 0,7	0,7— 1,0	1,0— 1,5
Wisen	0,5	24	2	—	—
Namur	98,0	19	4	3	3
Westfal	1,5	9	4	—	—

Charakterystycznym zjawiskiem towarzyszącym prawie wszystkim pokładom Zagłębia jest obecność w ich spągu warstw stygmariowych. Nie ma ich tylko w spągu pokładów i warstewek węgla sapropelowego. W węglach dobrze zachowały się resztki tkanek roślinnych, co wskazuje na autochtoniczność osadzania substancji macierzystej węgla Zagłębia. W spągu pokładów występują piaskowce i mułowce. Strop stanowią przeważnie czarne ilowce z miką i detrytusem roślinnym na powierzchniach



Według K. K. Kuzniecowa i S. W. Sudopiatowa

Rys. 5. Mapa rozmieszczenia kopalń w Zagłębiu Nadbużańskim

1 — wychodnie pokładów, 2 — granice pól kopalnianych, 3 — kopalnie czynne,
4 — kopalnie w budowie 5 — kopalnie planowane, 6 — zakłady wzbogacania węgla

warstwowania. Kontakt między pokładami a stropem zwykle jest ostry. Często natychmiast powyżej kontaktu w iłowcach i mułowcach spotyka się odciski małych słdkowodnych małży, przewarstwienia morskich wapieni lub horyzonty skał magnezytowo-dolomitowych. Tak spąg jak strop pokładu tworzą skały słabo zdiagenezowane, lecz dostatecznie spoiste. Wilgotność naturalna skał stropu i spagu wynosi około 3%.

Tablica 2

Zestawienie miąższości i wartości użytkowych poszczególnych pokładów węgla w Zagłębiu Nadbużańskim

Pokład	Miąższość w złożach				% zawartości części lotnych	Ciepło spalania kal/g
	Wołyńskie	Sokalskie	Zabużańskie	Miežreczeńskie		
w_8	0,63	zdenudowany	—	zdenudowany	35,4	7 000
w_7	0,52	„	+	„	35,0	7 348
w_4	0,60	„	+	„	40,7	7 740
w_1	0,50	+	0,55	„	38,6	7 780
n_{12}	+	+	0,50	„	41,2	7 708
n_9	+	+	0,77	0,58	brak danych	
n_9^0	+	+	+	0,71	„	
n_8^b	+	0,79	0,60	1,20	38—39	7680—8000
n_8	1,30	0,61	0,75	1,50	32—37	7780—8000
n_7^b	0,50	0,15	0,65	0,79	34—35	7810—8000
n_7	0,80	—	0,75	—	37,5	7 740
n_7^H	0,50	—	0,60	1,45	33,0	8 100
bez symbolu	+	—	—	0,50	brak danych	
bez symbolu	+	—	—	0,50	„	

W Zagłębiu Nadbużańskim występują głównie węgle humusowe, sapropelity zdarzają się w formie bezwartościowych przemysłowo wkładek lub przewarstwień w stropie albo spagu pokładu węgla humusowego (stanowią one 1% ogólnej miąższości pokładu w złożu Wołyńskim i 5% w Miežreczeńskim). Materiał sapropelowy rozsiany jest także (w formie drobnych skupień) w węglach humusowych. Węgle Zagłębia są to węgle duryto-klarytowe z dość dużą zawartością fuzytu oraz spor. Podwyższona zawartość fuzytu jest specjalnie charakterystyczna dla pokładów westfalskich. Węgle są ciężkie, zwężle, czarnej barwy, pasemkowate. Ciężar właściwy waha się od 1,25 do 1,3. W Zagłębiu występują głównie węgle długopłomienne i gazowe, w złożu Miežreczeńskim znajdują się gazowe, a w pokładzie n_7^b tłuste. Zawartość popiołu w węglach związana jest z cienkimi laminacjami mineralnymi. Waha się ona od 9—28%,

lecz przeważnie wynosi 12—14%. Temperatura topliwości popiołu wynosi 1270 do 1310°. Możliwości wzbogacenia są przeciętne. Przy wyjściowej zawartości popiołu 27,8% koncentrat o zawartości popiołu 5% stanowi 56,8% całej masy.

W Zagłębiu występują wysokiej jakości węgle energetyczne nadające się do gazyfikacji i półkoksovania. Węgla mieżreczeńskie mogą być brane w rachubę jako koksujące. Gazowość węgla jest nieznaczna. Kopalnie pracujące w złożu Wołyńskim na głęb. 300 do 350 m są niegazowe. Pojawienie metanu spodziewane jest na głęb. około 490 m. Ku południowi głębokość ta może się nieznacznie zmniejszyć (350—400 m) w związku ze zwiększeniem miąższości nieprzepuszczalnych margli kredowych. Pylistości i samozapalania w kopalniach nie zaobserwowano. Temperatura w kopalniach wynosi około 20°.

W Zagłębiu wydzielono 5 złóż zawierających węgle wieku namurskiego i westfalskiego. Są to złoża: Wołyńskie, Sokalskie, Zabuzzańskie, Mieżreczeńskie i Tiagłowskie. Granice między nimi są umowne. Stanowią one jeden rejon węglonośny.

Złoże Wołyńskie położone jest w północnej części Zagłębia. Granice wschodnia i południowa są erozyjne, zachodnia umowna: na Bugu. Przemysłowy obszar węglonośny o powierzchni 370 km² związany jest z synkliną wołyńską. Upad pokładów mały — 1,5° do 3° na SW. Złoże podzielone jest na dwie prawie równe części przez uskoki o zrzucie od kilku do 50—60 m. Bieg uskoku zgodny jest z biegiem warstw SE — NW, upad około 60°.

Złoże jest niemal w pełni zagospodarowane. Z 13 pól kopalnianych kopalnie pracują już lub są w budowie na 10. Roczne wydobyte jednostkowe tych kopalń będzie wynosić 350—400 tys. ton. Nowych obszarów perspektywnych złoże nie posiada.

Złoże Sokalskie związane jest z synkliną sokalską oddzieloną od wołyńskiej głęboko zerodowanym podniesieniem antyklinalnym. Obszar złoża wynosi 50 km². Granice wschodnia i południowa są erozyjne. Upad SW i SE: 1—2°. Od zachodu synklina sokalska ograniczona jest uskokiem o biegu NW oddzielającym ją od głównej synkliny Zagłębia. Złoże jest w pełni poznane, lecz nie eksploatowane.

Złoże Mieżreczeńskie (90 km²) związane z południowo-wschodnim zamknięciem głównej synkliny basenu, od Sokalskiego oddzielone jest łagodnym podniesieniem antyklinalnym, rozciętym dodatkowo przez uskoki o biegu NW i wielkości zrzutu blisko 50 m. Granica wschodnia i południowa są erozyjne, północna umowna: na Bugu. Kąty upadu pokładów 5—7°. Złoże jest w pełni poznane i prawie że całe objęte przez budujące się kopalnie.

Złoże Zabuzzańskie. Największe pod względem obszaru (400 km²) zajmuje osiową część i wschodnie skrzydło głównej synkliny Zagłębia, na północ od złoża Mieżreczeńskiego. Kąty upadu 2—3°. Zaleganie warstw zaburzone jest niewielkimi uskokiemi o biegu NW i zrzucie 40—50 m. Większa część złoża jest zbadana i przygotowywana do eksploatacji.

Złoże Tiagłowskie. Jest jeszcze niedostatecznie zbadane. Nie ma dobrze ustalonej granicy zachodniej. Orientacyjny obszar wynosi

90 km². Warstwy węglowe zalegają na głębokości 700 m, pod 550 metrowym płaszczem kredy.

Oprócz wyżej wymienionych złóż, opierających się na pokładach wieku namurskiego i westfalskiego, na dużym obszarze wisenu odkryto 2 ubogie złoża:

Tablica 3

Zestawienie zasobów i zagospodarowania poszczególnych złóż Zagłębia

	Z ł o ż a				
	Wołyńskie	Sokalskie	Zabu- żańskie	Mieże- rzeńskie	Tiagłow- skie
Zasoby w milionach ton	291,3	39,9	54,1	401,1	50,0
Ilość pokładów	8	3	8	8	7
Głębokość zalegania w me- trach	330— 370	350	400— 500	400	600— 700
Zasoby złoża w % całości zasobów	23	3	31	37	6
Zasoby w pokładach o miąższości 0,5—0,7 ilość pokładów	6	2	5	3	4
zasoby w %	15	90	70	15	50
o miąższości 0,7—1,0 ilość pokładów	1	1	3	2	3
zasoby w %	35	10	30	35	50
o miąższości 1,0—1,6 ilość pokładów	1	—	—	3	—
zasoby w %	50	—	—	50	—
Ilość kopalni	13	2	15	12	—
Roczne wydobyte jednej kopalni w tys. ton	300— 450	450	300— 600	450— 750	—
Ilość pokładów w kopalni	1 — 4	1 — 3	2 — 5	3 — 6	—

Złoże Bubnowskie położone jest 15—20 km na wschód od Wołyńskiego. Pokład Bubnowski od 40—47 cm miąższości występuje na głęb. 170—220 m i na obszarze 40 km². Zapasy złoża wynoszące 8,3 mln ton zostały uznane za pozabilansowe.

Złoże Buskie — położone jest w odległości 20 km na południo-wschód od Mieżreszeńskiego. Pokład buski zalega na głębokości 300—350 m w obszarze 10 km² posiadając miąższość 50 cm.

Na rozpoznanych złożach: Wołyńskim, Sokalskim, Mieżreczeńskim i Zabużańskim planuje się budowę 42 kopalni. Spośród planowanych kopalń 9 da w ciągu roku po 300 000 ton, 19 po 450 000 ton, 12 po 600 000 ton i 2 po 750 000 ton. Okres eksploatacji kopalni planuje się na 30—50 lat. Kompleksowo dla całego zagłębia rozwiązano sprawę zaopatrzenia w energię elektryczną, rozmieszczenia zakładów pomocniczych, nadto transportu — ściślej budowy linii kolejowych i szos w celu jak najdogodniejszego połączenia kopalń z przedsiębiorstwami pomocniczymi oraz z całym państwem.

PERSPEKTYWY POSZUKIWAN WĘGLI KARBONSKICH
WE WSCHODNIEJ POLSCE

Zachodnia część Zapadliska Nadbużańskiego jest interesująca ze względów surowcowych w dwóch aspektach. Pierwszym z nich są ślady roponośności dewonu (stwierdzono ostatnio w ZSRR). Drugim i podstawowym jak dotąd są zasoby węgla kamiennego.

Trzeba tu nadmienić, że stosunkowo małe i ubogie zagłębie węglowe eksploatowane w radzieckiej części Zapadliska doczekało się inwestycji



Rys. 6. Mapka maksymalnego zasięgu mórz karbonu w Polsce

1 — Maksymalny zasięg linii brzegowej mórz karbonu, 2 — obszary lądowe powstałe dzięki górotwórczości kaledońskiej, 3 — linie podziału jednostek paleogeograficznych, 4 — linie przebiegu osi przypuszczalnego masywu kaledońskiego

górnictwych przede wszystkim ze względu na duże odległości od innych zagłębi w ZSRR i związane z tym wielkie koszty przewozu paliw do zachodnich okręgów Związku. Bez szczegółowej oceny ekonomicznej trudno jest zająć stanowisko w stosunku do efektywności inwestycji w tego rodzaju zagłębiu w warunkach polskich. Należy się jednak spodziewać, iż ze względu na ogólne słabe zagospodarowanie przemysłowe i komunikacyjne południowej Lubelszczyzny możliwe tam do odkrycia węgle nie posiadałyby prawdopodobnie walorów konkurencyjnych w stosunku do górnośląskich, i eksploatacja musiałaby w najlepszym przypadku być nastawiona tylko na potrzeby lokalne.

Jak już wspomniano wyżej, wschodnia część Zapadliska Nadbużańskiego, gdzie rozwinęły się utwory węglonośne, stanowiła część brzeżną szelfowego morza karbońskiego wkraczającego tu szeroka zatoka na wyniesiony Masyw Ukraiński i stale podnoszące się zręby orogenu kaledońskiego. Masyw Ukraiński i dalej na północy Masyw białoruski stanowiły prawdopodobnie wschodnią granicę zalewów morza zachodniego i środkowoeuropejskiego, granicę północną stanowiła Tarcza Bałtycka oraz związany z nią element strukturalny leżący w granicach Polski. — Wyniesienie Mazurskie. Najtrudniejszy do zdefiniowania jest południowy zasięg tego obszaru morskiego. Przypuszcza się, że przekraczał on łańcuch kaledoński, którego doszukujemy się w Rawie Ruskiej, Marmaroszu i Korytkowie, i przedłużał się prawdopodobnie na obszar południowej i środkowej Europy. Utwory węglonośne zagłębi paralicznych związane są z facją przybrzeżną i dlatego występowania ich spodziewać się możemy przede wszystkim w pobliżu wynoszonych masywów — lądów lub wysp. Specjalnie uprzywilejowane pod tym względem wydawały się być ukryte między przylądkami — zatoki. W tym świetle, najbardziej obiecujące poszukiwania prowadzone być mogą jedynie wzdłuż przypuszczalnych wybrzeży morza karbońskiego.

Niestety wszędzie na północy i zachodzie Polski utwory karbońskie pogrzebane są pod bardzo grubym płaszczem permu i mezozoiku. Dlatego praktycznie badania mogą być uwieńczone sukcesem jedynie na Lubelszczyźnie, gdzie pokrywa ta wyraźnie cienieje w pasie od Łukowa i Sławatyc przez Lubartów i Włodawę, i dalej między granicą a Kraśnymstawem, Zamościem i Tomaszowem Lubelskim. Trzeba jednak pamiętać, że wszędzie tam najprawdopodobniej będziemy mieli do czynienia z utworami leżącymi dalej od maksymalnych zasięgów linii brzegowej, a w związku z tym, facjalnie mniej predystynowanymi do nagromadzeń utworów węglowych. Badania geologiczne tego obszaru dopiero się zaczęły i rezultaty ich są trudne do przewidzenia.

Artykuł ten stanowi samoistną część szerszego opracowania pod tym samym tytułem, wykonanego wiosną 1959 r. wspólnie z mgr A. M. Żelichowskim. Publikując fragment dzieła będącego owocem naszej współpracy pragnę podziękować kol. Żelichowskiemu za wyczerpującą dyskusję i przeprowadzenie korekty rękopisu tego artykułu.

SPIS TREŚCI

Grzegorz Białkowski — Mezony <i>K</i>	3
Włodzimierz Hubicki — Alchemia i chemia w Polsce w XVI wieku	17
Adam Danek — Podstawy polarografii	41
Krzysztof Birkenmajer — Polska wyprawa na Spitsbergen 1957/1958	53
Jędrzej Müller — Zapadlisko Nadbużańskie i Nadbużańskie Zagłębie Węglowe	65

WARUNKI PRENUMERATY

„KOSMOS” — SERIA B — Kwartalnik

Cena w prenumeracie zł 60.— rocznie

„ 30.— półrocznie

Zamówienia i wpłaty przyjmują:

1. Centrala Kolportażu Prasy i Wydawnictw „Ruch”, Warszawa, ul. Srebrna 12, konto PKO Nr 1-6-100-020.
2. Urzędy pocztowe.

Prenumerata ze zleceniem wysyłki za granicę — 40% drożej. Zamówienia dla zagranicy przyjmuje Przedsiębiorstwo Kolportażu Wydawnictw Zagranicznych „Ruch”, Warszawa, ul. Wilcza 46, konto PKO Nr 1-6-100-024.

Bieżące numery do nabycia w niżej podanych placówkach „Ruch”, w księgarniach naukowych „Dom Książki” oraz w Ośrodku Rozpowszechniania Wydawnictw Naukowych Polskiej Akademii Nauk — Wzorcownia Wydawnictw Naukowych PAN — Ossolineum — PWN, Warszawa, Pałac Kultury i Nauki.

PLACÓWKI „RUCHU”

Białystok, Lipowa 1	Olsztyn, Plac Wolności (kiosk)
Bielsko-Biała — sklep „Ruchu” nr 1,	Opole, Rynek — sklep nr 76
Lenina 7	Ostrów Wlkp., Partyzancka 1
Bydgoszcz, Armii Czerwonej 2	Płock, Tumską, kiosk nr 270
Bytom — sklep „Ruchu” nr 39, Plac	Poznań, Dzierżyńskiego 1
Kościuszki	Poznań, Głogowska 66
Chorzów, Wolności 54	Poznań, 27 Grudnia 4
Ciechocinek, kiosk nr 4 „Pod Grzyb-	Przemyśl, Plac Konstytucji 9
kiem”	Rzeszów, Kościuszki 5
Częstochowa, II Aleja 26	Sopot, Monte Cassino 32
Gdańsk, Długa 44/45	Sosnowiec, Czerwonego Zagłębia,
Gdynia, Świętojańska 27	kiosk nr 10 (obok dworca kol.)
Gliwice, Zwycięstwa 47	Szczecin, Aleje Piastów, róg Jagielloń-
Gniezno, Mieczysława 31	skiej
Grudziądz, Mickiewicza, sklep nr 5	Toruń, Rynek Staromiejski 9
Inowrocław, Marchlewskiego 3	Warszawa, Nowopiękna 3
Jelenia Góra, 1-go Maja 1	Warszawa, Nowy Świat 72, Pałac
Kalisz, Śródmiejska 3	Staszica
Katowice Zach., 3-go Maja 28	Warszawa, Wiejska 14
Kielce, Sienkiewicza 22	Wąbrzych, Wysockiego, obok Placu
Koszalin, Zwycięstwa 38	Grunwaldzkiego
Kraków, Rynek Główny 32	Włocławek, Plac Wolności, róg 3 Maja
Krynica, Stary Dom Zdrojowy	Wrocław — Plac Kościuszki, kiosk nr 9
Lublin, Krakowskie Przedmieście	Zabrze, Plac 24 Stycznia, pkt nr 50
(obok hotelu „Europa”)	Zakopane, Krupówki 51
Łódź, Piotrkowska 200	Zielona Góra, Świerczewskiego 38
Nowy Sącz, Jagiellońska 10	

Ośrodek Rozpowszechniania Wydawnictw Naukowych PAN
Wzorcownia Wydawnictw Naukowych
PAN — OSSOLINEUM — PWN. Warszawa
Pałac Kultury i Nauki (wysoki parter)

POLSKIE TOWARZYSTWO PRZYRODNIKÓW im. KOPERNIKA

SERIA B PRZYRODA NIEOŻYWIONA

K O S M O S

KWARTALNIK

ROK VI

W A R S Z A W A 1960

P A Ń S T W O W E W Y D A W N I C T W O N A U K O W E

KOMITET REDAKCYJNY

Józef Hurwic (red. nacz.), Leopold Infeld, Kazimierz Maślankiewicz (zast. red. nacz.),
Roman Żelazny (sekr. red.)

ADRES REDAKCJI: Warszawa, ul. Hoża 69

Białkowski Grzegorz — Mezony K	3
Birkenmajer Krzysztof — Polska wyprawa na Spitzbergen 1957/58	53
Borowiec Saturnin — Niektóre zagadnienia paleopedologii i pedogenezy w świecie nowych danych	233
Crowther J. G. Towarzystwo Królewskie w Londynie	233
Danek Adam — Podstawy polarografii	41
Deloff Andrzej — Antymateria	117
Frank-Kamieniecki D. A. — Pochodzenie pierwiastków chemicznych	205
Gomółka Bolesław — Księżyc	101
Hubicki Włodzimierz — Alchemia i chemia w Polsce w XVI wieku	17
Koźmiński Czesław i Żak Wojciech — Opady gradowe i możliwość walki z nimi	241
Książkiewicz Marian — Geologia morza na I Międzynarodowym Kongresie Oceanograficznym	127
Maślankiewicz Kazimierz — Jan Samsonowicz	181
Montroll Elliot W. — Sto lat mechaniki statystycznej	87
Müller Jędrzej — Zapadlisko Nadbużańskie i Nadbużańskie Zagłębie węglowe	65
Ney Roman — Pogrzebane grzbiety w geologii naftowej	143
Niewodniczański Henryk — Andrzej Sołtan	175
Śmiałowski Michał — Nietrwałe wodorki metali grupy żelaza	267
Teisseyre Roman i Bożenna Wojtczak — Wykrywanie podziemnych wybuchów jądrowych za pomocą metod sejsmicznych	275
Weiss Zbigniew — Współczesna problematyka termalizacji neutronów	291
Werle Józef — O narodzinach i śmierci cząstek elementarnych	95
Zagórski Zdzisław P. — Niektóre reakcje chemii radiacyjnej faz skondensowanych	185
Zonn Włodzimierz — O współczesnej kosmogonii	259

KRONIKA NAUKOWA

Deloff Andrzej — Kwantowa teoria promieniowania, W. Heitler	253
Głogoczowski Jan J. — II konferencja naukowa Instytutów naftowych Polski, Czechosłowacji i Węgier poświęcona zagadnieniom geochemii i mikrobiologii naftowej oraz chemii stosowanej w kopalnictwie naftowym	163
Hurwic Józef — Zjazd chemików w NRF	247
Łaskiewicz Antoni — Wzrost kryształów przedmiotem międzynarodowych konferencji	159
Szymański Jerzy — Fizyka współczesna C. F. v. Weizacker i J. Juilfs	254
Z działalności Światowej Federacji Pracowników Naukowych	251
Z działalności stałego Komitetu Pugwash	248

RECENZJE

Białkowski Grzegorz — N. A. Dobrotin — Promieniowanie kosmiczne, Warszawa, 1958, Państwowe Wydawnictwo Naukowe	167
Karczewski Bohdan, Szczepan Szczeniowski — Fizyka Doświadczalna, Część V.2	303
Kornacki Jacek — Nuclear Hazards Newsletter	304

