

P.1528

ZESZYT I.

1929.

ROCZNIK LIV.

KOSMOS

Serja B.

PRZEGLĄD ZAGADNIENŃ NAUKOWYCH

POD REDAKCJĄ

D. SZYMKIEWICZA



WE LWOWIE

NAKŁADEM POLSKIEGO TOW. PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA
Z ZASIŁKIEM MINISTERSTWA W. R. i O. P.

PIERWSZA ZWIĄZKOWA DRUKARNIA WE LWOWIE, UL. LINDEGO L. 4.



org.pl

TREŚĆ.

	Str.
P. Sarasin. — Światowa ochrona dzikiej fauny	1
D. Szymkiewicz. — Promieniowanie jako czynnik klimatyczny. II. Promieniowanie długofalowe. (Tablica I)	16
E. Stenz. — Zagadnienie magnetyzmu kuli ziemskiej. I. . .	33
G. Poluszyński. — Hodowla tkanek. (Tablice II—III) . . .	48
S. Hiller. — Mikrurgja	73
S. Loria. — Alchemja średniowieczna w świetle fizyki dzisiejszej	104
Z. Pazdro. — Elementy i geneza tektoniki Europy (Tablica IV)	119
W. Wyspiański. — O właściwe oblicze nauk biologicznych w naszej szkole ogólnokształcącej	144
S. Krzemieniewski. — „Wiadomości z botaniki“ Dra Władysława Kudelki	159
J. Dembowski. — O poziom krytyki naukowej	175

„Przegląd Zagadnień Naukowych“ jest przeznaczony wyłącznie dla członków Towarzystwa i nie może być otrzymywany w drodze handlu księgarskiego.

Adres redakcji: Lwów, ul. Nabelaka 22.

KOSMOS

CZASOPISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA

Serja B.

PRZEGLĄD ZAGADNIENÍ NAUKOWYCH POD REDAKCJĄ D. SZYMKIEWICZA.

ROCZNIK LIV.

ROK 1929.

ZESZYT I.

P. SARASIN

Przew. Międz. Kom. Ochr. Przyr.

Światowa ochrona dzikiej fauny.

Referat wygłoszony na Międzynarodowym Kongresie Ochrony Przyrody w Paryżu (31 maj — 2 czerwiec 1923).

Tłumaczyła M. Moszyńska (Poznań).

Jakkolwiek skromne są środki naszego działania, pracujemy dla całej ludzkości i to nie tylko dla obecnego pokolenia, ale i dla pokoleń przyszłych, na całej kuli ziemskiej, od bieguna do bieguna. Krótki szkic tego olbrzymiego zadania, jaki chciałbym tu dać, dotyczy tylko zachowania dzikiej fauny.

Pomiędzy nadużyciami, wymagającymi naszej interwencji, jednym z najgroźniejszych jest spowodowane hurtownym handlem, wyniszczanie ptaków, odznaczających się wspianiem upierzeniem. Niema potrzeby wymieniania wszystkich gatunków, których istnienie jest zagrożone przez modę: ptaki rajskie (*Paradiseidae*), kolibry (*Trochilidae*), papugi (*Psittacidae*), czaple (*Ardeidae*), rzadkie bażanty (*Phasianidae*), gołębiowate (*Columbidae*), jaskółki (*Hirundinidae*), nocne drapieżce (*Strigidae*), zimorodki (*Alcedinidae*) i niektóre ptaki morskie. Każdy wie dobrze, z jaką przerażającą szybkością handel pozbawia kulę ziemską tych skrzydlatych kwiatów. Głównym środkiem przeciwdziałania ich zupełnej zagładzie byłoby prawo, którem każde państwo zakazywałoby importu piór. Rządowi Stanów Zjednoczonych przypada zaszczyt zaryzykowania po raz pierwszy tego kroku, na skutek inicjatywy wybitnego protektora przyrody, dr. Williama Hornadaya

z New Yorku. Za tym przykładem poszła niezwłocznie Kanada, tak że obecnie cała Ameryka Północna jest zamkniętą dla handlu piórami zagranicznych ptaków ozdobnych. Jednocześnie zostały ogłoszone prawa, chroniące ptaki krajowe.

W Europie pierwszym krajem, który zakazał wwozu ptaków egzotycznych, była Wielka Brytania, na skutek inicjatywy dzielnej Lady Astor w r. 1921.

Począwszy od roku 1918, próbowałem nakłonić Szwajcarską Radę Związkową, aby dała ten zbawienny przykład innym narodom europejskim; odradzono mi to w wysokich sferach w sposób tak katagoryczny, że nie śmiałem przedstawić mojemu rządowi już zredagowanej petycji. Ale za jeden z głównych celów obecnego Kongresu uważam zbadanie sposobów ochrony ptactwa ozdobnego we wszystkich krajach, a zwłaszcza w kolonjach wielkich państw.

Pomiędzy dzikimi ssakami, najwięcej zagrożone są najczęściej najbardziej godne podziwu. W samej Europie niektóre piękne gatunki są już prawie całkowicie wyniszczone. Taki los spotkał żubra (*Bison bonasus*), łosia (*Alces alces*) i koziorożca (*Caprea ibex*). Bóbr (*Castor fiber*) żyje jeszcze w bardzo małej liczbie osobników koło ujścia Rodanu, na brzegach Elby, w Norwegji i w niektórych innych okolicach; niedźwiedź (*Ursus arctos*) i ryś (*Lynx lynx*) wkraczają już prawie do dziedziny baśni.

Celowo wymieniliśmy zwierzęta drapieżne, gdyż prawdziwi przyjaciele przyrody winni życzyć sobie, aby nasze prawa łowieckie, żywiąc specjalną troskliwość dla zwierzyny łownej, nie powodowały się wyłącznie względami utylitarnymi, t. j. pożytkiem, jaki niektóre dzikie zwierzęta nam przynoszą, lub szkodami, jakie wyrządzają, ale żeby ratowały od zupełnej za głady wszystkie gatunki¹⁾. Takim jest również cel, do którego winno dążyć stworzenie wielkich rezerwatów terytorjalnych.

Ale to nas prowadzi natychmiast, podobnie jak i w zagadnieniu dotyczącem ptaków, do wyjścia poza nasz kontynent.

Ponieważ w obradach kongresu międzynarodowego kwestje, interesujące specjalnie tylko poszczególne narody, winny ustąpić

¹⁾ Ostępy wielkich drapieżców, jakimi są niedźwiedź i ryś, należałoby ograniczyć do pewnych obszarów niezamieszkałych.

miejsca tym, które dotyczą kilku narodów, przeto na uwagę naszą zasługują przedewszystkiem walenie (*Cetacea*), czyli wieloryby, oraz foki (*Phocidae*). W stosunku do nich wynik pozytywny może być osiągnięty tylko wspólnymi wysiłkami narodów, sąsiadujących z oceanami lodowatymi obu biegunów. Najbardziej znanym i największym ze wszystkich gatunków wielorybów jest wieloryb grenlandzki (*Balaena mysticetus*), z którego fiszbinów i olbrzymiej ilości tłuszczu łowcy wyciągnęli znaczne korzyści. Powiedziałem „wyciągnęli“, gdyż ostateczna zagłada tego prawdziwego monarchy oceanu zdaje się już być faktem dokonanym, a conajmniej mającym nastąpić w najbliższej przyszłości. Z mórz arktycznych Europy wieloryb ten znikł już przed rokiem 1914 i napróżno szukałem jego nazwy w spisach zabitych wielorybów, ogłoszonych po tym roku. Miejmy nadzieję, że jakieś odosobnione stada zdołały się schronić pod opiekę zwałów lodowych morza polarnego. Podobnie i wieloryba antarktycznego (*Balaena australis*), posiadającego fiszbinę, oraz olbrzymiego potwala (*Physeter macrocephalus*) o paszczy, uzbrojonej zębami należałoby może również skreślić z listy istot żyjących. Statystyki łowieckie podkreślają niepokojące zmniejszanie się liczby wszystkich wielkich gatunków wielorybów.

Począwszy od roku 1912, wiele razy podnosiłem głos w miarę sił moich przeciw tej nieogłędnej eksploatacji. Ale co to obchodzi nasze rządy, których członkowie są, po większej części, tak mało obeznani z naukami przyrodniczymi? Niemniej przyszłość surowo osądzi odpowiedzialnych i zdziwi się zapewne, że przyrodnicy zbierają w swych muzeach, z wielkiem staraniem i znacznymi kosztami, dziwaczne postacie ssaków kopalnych, podczas gdy zdają się być obojętnymi świadkami doszczętnego wytepienia gatunków niemniej godnych podziwu, których istnienie przedstawia dla ludzkości więcej wartości, niż paleontologiczne znaleziska! Nasi potomkowie nie zrozumieją tej sprzeczności!... Starajmy się uczynić nasze protesty skutecznymi.

Te uwagi stosują się również do fok (*Phocidae*), których utraty powinniśmy tem bardziej żałować, że chodzi tu o zwierzę wyjątkowo zmyślne. Pewien ssak podobny do fok, jakkolwiek należący do zupełnie innej rodziny zoologicznej (*Hydrodama-*

lidae), krowa morska (*Rhytina Stelleri*), została wytępiona w XVIII w. i temu się zbytnio nie dziwimy, ponieważ w tym czasie nie myślano wcale o ochranianiu gatunków. Ale czy nie jest rzeczą gorszą, że dziś właśnie, kiedy opinia publiczna coraz bardziej interesuje się tem zagadnieniem, pozwalamy zabijać ostatnie stada wielkich fok, które uniknęły dotychczas ogólnej rzezi?

Naprzykład słoń morski (*Macrorhinus elephantinus*), w krótkim czasie zniknie z mórz antarktycznych, gdyż pewne towarzystwo akcyjne organizuje, jak powiadają, ostateczną hekatombę tego gatunku, zarówno pięknego jak bezbronnego, ażeby wyciągnąć wielkie zyski z jego tłuszczu¹⁾. W oceanie arktycznym również koń morski (*Rosmarus rosmarus*) jest masowo tępiony, a nawet miażdżony strzałami armatniami przez statki łowieckie.

Otóż rządy, które powinnyby zapobiec temu za pomocą międzynarodowych przepisów, pozostają bezczynne. Jednakże starano się już uratować jeden gatunek foki (*Arctocephalus ursinus*) przy pomocy konwencji między Stanami Zjednoczonymi, Kanadą i Japonją. Ta ugoda świadczy przynajmniej o możliwości takich umów. Co się tyczy innych fok i wielorybów, nic poważnego dotychczas nie zrobiono.

W celu uchronienia ich od zagłady, należałoby stworzyć drogą międzynarodowej konwencji wielkie rezerwaty, jeden w Oceanie Arktycznym dookoła archipelagu Spitzbergu, drugi w Oceanie Antarktycznym dookoła wyspy Georgji Południowej, lub też, jak to proponowali M. Ménégauz i nieodżałowany Edmond Perrier, przy wyspach Kerguelen i Crozet.

Należy więc rozpocząć od zwrócenia się do rządów państw, sąsiadujących z temi częściami oceanów i posiadających te wyspy, z prośbą o zawarcie odpowiedniej ugody.

Przy tej sposobności nadmienię, że Akademia Nauk w Kalifornji, skonstatowawszy, że ochrona foki (*Arctocephalus ursinus*) przez Konwencję Międzynarodową z r. 1911 osiągnęła jaknajbardziej zadawalające wyniki, postanowiła jednomyślnie dnia 3 stycznia 1923 r. przedstawić państwom, sąsiadującym

¹⁾ Patrz: F. P. A. Ring, w Proc. Zool. Soc. London, 1923. — Eksploatacja tłuszczu pingwinów, tej ciekawej rodziny ptaków, których skrzydła zamienione są w pletwy, budzi również pewne obawy.

z Oceanem Spokojnym, projekt innej konwencji międzynarodowej, ogólniejszej, chroniącej skutecznie również inne foki, wieloryby i wydrozwierzę (*Enchydris marina*), gatunek także bardzo zagrożony.

Niemniej niepokojąca groźba ciąży na wielu zwierzętach, posiadających futra: zwiedzenie sklepów kuśnierskich może o tem przekonać. Miejmy nadzieję, że utworzenie rezerwatów terytorjalnych, przeznaczonych dla tych zwierząt, nie nastąpi zbyt późno i że poza tem przedsięwzięta już z takim powodzeniem dla niektórych gatunków hodowla sztuczna rozwine się i rozpowszechni w tych krajach, gdzie klimat na to pozwala.

Pośród wielkich ssaków lądowych jednym z najbardziej zasługujących na naszą uwagę jest bizon amerykański (*Bison bison* vel *B. americanus*). Niezliczone stada bizona w Stanach Zjednoczonych zostały około 50 lat temu niemal zupełnie wybite, za wyjątkiem jakichś paruset osobników. Pierwotnie zajmował on całą Amerykę Północną od Oceanu Atlantyckiego aż do Gór Skalistych i był tam nawet bardzo liczny. Wyróżniano dwie wielkie grupy stad, jedną — północną i drugą — południową, z których każda liczyła mniej więcej trzy miliony osobników i które przedsiębrały regularne wędrówki, rozbijając się wówczas na mniejsze stada. Naoczny świadek takich wędrówek zeznaje, co następuje: „Te brunatno uwłosione zwierzęta spieszyły przed nami w zwartych masach, w nieopisanym tłoku; widzieliśmy je przesuwające się przed naszymi oczami w ciągu czterdziestu godzin, tysiące za tysiącami, miliony za milionami. Te dzikie byki pokrywały równinę między doliną Mississippi a Górami Skalistymi jak niezmierny brunatny kobierzec“. Otóż, powiada Hornada y, cztery lata mordu i marnotrawstwa zniszczyły milionowe stado południowe, w dziesięć lat później stado północne zostało unicestwione. „Takim był los, woła on, najwspanialszego przedstawiciela fauny lądowej naszego kraju...“

Rządy poszczególnych stanów Ameryki Północnej, jakkolwiek w czas uprzedzone, dopiero wówczas przedsięwzięły powstrzymanie tego okrutnego mordu, gdy już było nieomal zbyt późno na ratowanie nawet istnienia gatunku. Nareszcie, widząc zanik szlachetnego zwierzęcia, które było niemal godłem narodowym, utworzono wielki rezerwat Yellowstone w tym okre-

ślonym celu, ażeby zebrać tam ostatnie żyjące osobniki i pozwolić im rozmnażać się pod strażą rządu. Straż ta okazała się zresztą niewystarczającą, ponieważ liczba bizonów, początkowo wynosząca 300, zmalała wkrótce skutkiem kłusownictwa do 30. Na szczęście Kanada z kolei wzięła sprawę w swoje ręce. Dwaj ludzie energiczni, dr. Gordon Hewitt i James White, z pomocą światłego rządu, utworzyli wielki rezerwat Buffalo-Park, w kanadyjskim stanie Alberta. Udało się tam pomnożyć stado, łączące początkowo około 300 głów, do znacznej liczby 1200, jaką obecnie posiada. Ponieważ, oprócz tego, bizona istnieją jeszcze w stanie zupełnej swobody w lasach olbrzymiej równiny kanadyjskiej, można uważać, że gatunek ten jest dla przyszłości uratowany.

Żubr, czyli bizon europejski (*Bison bonasus*), nie przeżył ustalenia się panowania komunistycznego na ziemiach byłej Rosji. Stada, chronione starannie przez rząd carski w Białowieży, na Kaukazie i w rezerwach niektórych książąt, padły wszystkie pod kulami kłusowników. Ostatnio, gdy istniało już tylko nieco ponad 30 osobników tego gatunku w różnych ogrodach zoologicznych Europy, zawiązało się towarzystwo pod przewodnictwem dra Kurta Priemela, dyrektora Ogrodu Zoologicznego we Frankfurcie, mające na celu zebranie możliwie największej liczby tych zwierząt i umieszczenie ich na swobodzie w rezerwacie, znajdującym się w Pszczynie. Miejmy nadzieję, że towarzystwo to ocali żubra od zagłady¹⁾.

Zagłada! Pomyślcie o ponurem znaczeniu tego wyrazu. Najcenniejsze istoty zwierzęce naszej planety niepowrotnie stracone! Ziemia, zdaje się, winna pozostać jeszcze mieszkaniem człowieka przez tysiące lat, ale ci ludzie po lat tysiącu nie zobaczą już ani jednego z gatunków, które my, w wieku XIX i XX, przez naszą bezmyślność stracimy w przepaść niebytu... Po czasie potomność wyda na nas surowy wyrok; jej skargi, jej wyrzuty nie przywrócą jednak życia żadnemu z tych imponujących ssaków, ani żadnemu z tych cudownych ptaków, których istnienie zostało przerwane gwoi próżności naszego pokolenia.

Co się tyczy parzystokopytnych, pozwólcie mi zwrócić waszą uwagę na rodzaj ssaka z okolic borealnych, szczególnie ciekawego z punktu widzenia naukowego; jest to wół piżmak

¹⁾ Patrz bliższe szczegóły w przypisku tłumaczkim.

(*Ovibos moschatus*), który żyje na wyspach Oceanu Lodowatego w sąsiedztwie Kanady oraz na samym kontynencie, gdzie zasięg jego dochodzi aż do Grenlandji. Istnienie tego ciekawego gatunku jest niezmiernie zagrożone: z jednej strony Indianie i Eskimosi dziesiątkują go przy pomocy broni, posyłanej im przez handlarzy wzamian za skóry i rogi, bardzo poszukiwane przez amatorów; z drugiej strony podróżnicy i sportowcy urządzają polowania na te zwierzęta, bezbronne jak owce.

Otóż dr. Hewott, którego jedną owocną inicjatywę już wymieniliśmy, a który, niestety, zmarł przedwcześnie, prosił Rząd Kanadyjski, ażeby stworzył rezerwat dla piżmaka z całego polarnego archipelagu. Czy nie należy do obowiązków obecnego Kongresu Międzynarodowego wystosowanie petycji do Wysokiego Rządu Ottawy ¹⁾, ażeby urzeczywistnił życzenie dra Hewotta, zanim nie będzie zbyt późno, i ochronił piżmaka przez utworzenie wielkiego rezerwatu, strzeżonego skutecznie przed kłusownictwem. Jest to prawdziwym obowiązkiem Kanady wobec świata nauki.

Wielkie ssaki afrykańskie tworzą podziwu godną „biocenozę“, której harmonja sięga czasów najdawniejszych. Ale także przeciw nim skierowana jest działalność tej rasy ludzi białych, zwanych cywilizowanymi, którzy pustoszą ziemię i morze, zabijając istotę żywą, ten kwiat kosmosu, cudownie rozkwitły w łonie niezmiernie przeszłości, ażeby wyciągnąć z jego szczątków chwilowy zysk...

Na szczęście Afryka nie była jeszcze świadkiem powstania podobnych towarzystw akcyjnych, jakie wysilają się w celu zniweczenia waleni i, jakkolwiek fauna jej mocno ucierpiała, można będzie — przynajmniej do pewnego stopnia — zrekonstruować ją drogą praw ochronnych i tworzenia dobrze strzeżonych, obszernych rezerwatów. Handel kością słoniową, skórami, rogami i prosta chęć zabijania poczyniły już, bez wątpienia, olbrzymie spustoszenia, potęgowane jeszcze przez bezsensowną samowolę urzędników-nieuków... Jednak w wielu okolicach tego wielkiego kontynentu zło da się naprawić. Ale tam również potrzebna jest międzynarodowa współpraca i do nas należy obowiązek domagania się jej.

¹⁾ Petycja ta została skierowana pod adresem: Sir Clifford Sifton, K. C. M. G., Chairman of the Commission of Conservation, Ottawa.

Najbardziej prześladowanem zwierzęciem afrykańskim jest słoń (*Elephas africanus*). Jest to zarazem jedno z najszlachetniejszych i najzmyślniejszych stworzeń oraz pierwszy co do wielkości ssak lądowy, przeżytek olbrzymich potworów przedhistorycznych.

Krajowiec walczy z nim siłami, lancą i strzelbą; Europejczyk — wszystkimi rodzajami broni wybuchowej; pierwszy popychany przez chęć zysku, drugi pobudzany próżną żądzą ustalenia rekordu myśliwskiego i chwalenia się nim przed swymi współzawodnikami. Zastraszająca liczba słońi, zabijanych rok rocznie w Afryce, świadczy o gwałtownej potrzebie ratunku. Prof. Edmond Perrier przed wojną szacował liczbę tę na 60.000 sztuk rocznie; brak mi dokładnych danych dotyczących lat następujących po roku 1914-tym, ale bez wątpienia, jeśli nie zorganizujemy energicznej ochrony słonia afrykańskiego, bądź to przez przepisy łowieckie w kolonjach, bądź to przez utworzenie wielkich rezerwatów, zabezpieczonych przez konwencje międzynarodowe, będziemy wkrótce świadkami jego wyniszczenia. Należy żałować, że siekacze jego tak wielką posiadają cenę i że nikt jeszcze nie wynalazł naprawdę zadawalającego surogatu kości słoniowej.

To samo możnaby powiedzieć o innym zwierzęciu kopytnem tegoż kontynentu, mianowicie o nosorożcu (*Diceros spec.*). Rok rocznie giną tysiące osobników tego gatunku. Przed wojną w okręgu Kilimandżaro zabito w ciągu dwu lat 30.000 egzemplarzy.

Również hippopotam (*Hippopotamus amphibius*), tak poetycznie opisany w księdze Hioba, wszędzie, gdzie tylko europejczyk ujrzy go wynurzającego się z wody, dostaje kulę, przeznaczoną do zabicia go, a która najczęściej rani śmiertelnie.

Na jaki los skazane są zgrabne zebry [*Equus (Hippotigris) zebra*], potężne bawoły (*Buffelus caffer*), antylopy (*Antilope spec.*) i gazele (*Gazella dorcas*) o tak harmonijnie cieniowanem ubarwieniu, żyrafa (*Giraffa camelopardalis*), a nawet okapi (*Okapia johnstoni*), ten ssak tak niedawno odkryty?

Trzeba jeszcze zatroszczyć się o małpy człekokształtne: szympany (*Simia satyrus*) i goryle (*Gorilla gorilla*) w Afryce, oraz orangutany (*Pongo pygmaeus*) na wyspach Malajskich podobno nie przeżyją łowów wieku obecnego.

O pierwszym gatunku, którego przedstawiciele zabija się nieustannie w wielkich ilościach, pisała bazylejska „National Zeitung“ w r. 1922: „Cena szympanśów, które są potrzebne do doświadczeń naukowych, bardzo znacznie wzrosła w ciągu ostatnich lat, gdyż płaci się do 5.000 franków za sztukę. Ażeby zapobiec wygaśnięciu tych zwierząt, Instytut Pasteura postanowił utworzyć w Afryce Zachodniej stację hodowli szympanśów wraz z laboratorjum, gdzie możnaby przeprowadzać większość doświadczeń, wykonywanych dotychczas w Europie“. Miejmy nadzieję, że przedsięwzięcie tego środka przez Rząd Francuski uratuje to zwierzę, które przez zwolenników transformizmu uważanem jest za podstawę filogenetyczną człowieka.

Niemniej unormowanie w Afryce łowów za pomocą ustaw będzie niezbędnem zarówno dla małp, jak i dla innych gatunków zwierząt. Nasz Kongres winien skłonić rządy państw, mających kolonie na tym kontynencie, do wyznaczenia drogą międzynarodowej konwencji wielkich rezerwatów i uczynienia ich zupełnemi, to znaczy chroniącemi całą zagrożoną faunę, zarówno ssaków, jak i ptaków.

To samo zresztą stosuje się i do innych części świata. Gdyby trzeba było przedstawić tutaj to wszystko, czego wymaga obrona fauny w Azji, Australji, Ameryce Centralnej i Południowej, oraz dalej, na wszystkich wyspach oceanów, — gdybym wreszcie chciał mówić o naszym obowiązku ratowania od zagłady ostatnich szczątków niektórych plemion ludzkich, które pozostały na bardzo pierwotnym poziomie i są żywemi pomnikami antropologicznemi o nieocenionej wartości naukowej — przekroczyłbym ramy niniejszego referatu.

Na zakończenie pozwólcie mi powiedzieć kilka słów o Komisji Doradczej dla międzynarodowej ochrony przyrody (Commission Consultative pour la Protection de la Nature), założonej w Bernie w r. 1913.

W sierpniu 1910 roku, na Międzynarodowym Kongresie Zoologicznym w Grazu, w czasie mowy o potrzebie ochrony zagrożonych gatunków zwierzęcych, zaproponowałem utworzenie stałej Komisji Międzynarodowej, której obowiązkiem byłoby rozważanie życzeń, przedkładanych jej przez kongresy lub osoby prywatne, i wprowadzanie ich w czyn. Wysyłając swych przedstawicieli do tej Komisji, wszystkie narody wyraziłyby

tem samem oficjalnie chęć ratowania zagrożonych gatunków, zamiar tworzenia rezerwatów, gotowość ustanowienia narodowych praw ochronnych oraz naradzania się nad środkami międzynarodowymi, potrzebnymi w niektórych przypadkach. Komisja Międzynarodowa miałaby za zadanie uzgodnienie i porządkowanie wszystkich wysiłków tego rodzaju oraz wydawanie rocznych sprawozdań, obejmujących zdarzenia z zakresu bądź to ochrony przyrody narodowej, we wszystkich państwach kuli ziemskiej, bądź międzynarodowej. Sprawozdania te, ilustrowane rycinami objaśniającymi, powinnyby stać się, że tak powiem, „błękitną księgą“ światowej ochrony przyrody. Komisja taka grałaby pierwszorzędną rolę zwłaszcza w dziele ochrony niektórych wędrownych ssaków i przelotnych ptaków.

Międzynarodowy Kongres Zoologiczny przyjął tę propozycję przez aklamację i posłał petycję do Szwajcarskiej Rady Związkowej z propozycją zwołania delegatów różnych państw w celu ukonstytuowania tej międzynarodowej czyli światowej Komisji.

W r. 1913, Radca związkowy Forrer, którego szerokie poglądy są znane i który żywo interesował się naukami przyrodniczymi, postanowił uczynić zadość życzeniu, wyrażonemu przez Kongres w Grazu i w listopadzie tegoż roku przyjął w Bernie delegatów poszczególnych państw, mających utworzyć ową Komisję Międzynarodową.

Ażeby poprzeć tę inicjatywę, Szwajcarskie Izby Związkowe Deputowanych uchwały w tymże roku roczny kredyt w wysokości 30.000 franków w celu utworzenia w najdzikszej części Alp, kantonu les Grisons, wielkiego rezerwatu zupełnego, to znaczy przeznaczonego dla całkowitej ochrony wszystkich zwierząt i roślin, żyjących na tem terytorjum. Propozycja ta wyszła od „Komisji Ochrony Przyrody“ Helweckiego Towarzystwa Nauk Przyrodniczych, której to Komisji mam zaszczyt przewodniczyć od czasu jej powstania, czyli od roku 1906; wzmiankowany rezerwat nazwany został „Szwajcarskim Parkiem Narodowym“. Obejmuje on mniej więcej 150 *km* kwadratowych, jest surowo strzeżony przez czterech dozorców i utrzymuje się w stanie najzupełniej zadawalającym. Dzięki temu dziełu, Szwajcarja przyłączyła się do grona innych narodów, które utworzyły już obszerne rezerwaty.

Na zebraniu w Bernie, zwołanem w celu założenia Międzynarodowej Komisji Ochrony Przyrody, było reprezentowanych 20 państw; a mianowicie (w porządku alfabetycznym): Argentyna, Australja, Austrja, Belgja, Danja, Francja, Hiszpanja, Holandja, Kanada, Niemcy, Norwegja, Portugalja, Rosja, Stany Zjednoczone, Szwajcarja, Szwecja, Viktorja, Węgry, Wielka Brytanja, Włochy.

Pod kierownictwem przewodniczącego, p. Ferrera, przystąpiono do wyboru ostatecznych członków Komisji i polecono mi, jako tymczasowemu przewodniczącemu, zwołanie w Bazylei w listopadzie 1914 r. pierwszego posiedzenia członków, którzy winni byli być jednocześnie przedstawicielami odnośnych państw. Wszystko było przygotowane, zaproszenia rozesłane; przedsięwzięłem ponadto podróż do Spitzbergu, ażeby zbadać teren celem powzięcia planu utworzenia wielkiego międzynarodowego rezerwatu na tych wyspach i w otaczających je morzach. W tym właśnie czasie wybuchła światowa wojna, która zmusiła mnie do odwołania zaproszeń i czasowego zawieszenia wszelkich prac.

Skoro pokój został zawarty, natychmiast zabrałem się ponownie do dzieła i wysłałem do członków Komisji cyrkularz, w którym zapytywałem, czy się zgadzają: 1) aby Komisja Doradcza istniała nadal; 2) aby została członkiem Ligi Narodów, z którą już poprzednio się porozumiałem. W istocie, wiek mój i zdrowie nie pozwalały mi już podjąć się ciężaru zwołania Komisji, oraz kierowania nią, ani też odbywania podróży i prowadzenia obszernej korespondencji, jakiej wymaga ten urząd.

Wszystkie otrzymane odpowiedzi były twierdzące w stosunku do pierwszego pytania, lecz nie wszystkie w stosunku do drugiego. Przesłałem je Radzie Związkowej wraz z podaniem, w którym usilnie prosiłem o porozumienie się w tej sprawie z Ligą Narodów i przedstawienie jej powodów, zmuszających mnie do zrezygnowania z osobistego kierownictwa Komisją Doradczą. Abyśmy mogli przyłączyć się do Ligi Narodów, uważałem za rzecz niezbędną, żeby inicjatywa podjęta została przez Radę Związkową, która była założycielką Międzynarodowej Komisji Ochrony Przyrody.

Otóż na podanie moje, przedłożone w październiku 1921 r., otrzymałem w maju roku 1922 odpowiedź odmowną, informującą

mnie jednak, że Helweckie Towarzystwo Nauk Przyrodniczych ma zamiar poradzić się z innymi państwami w sprawie międzynarodowych zagadnień naukowych. Na skutek tego prosiłem Zarząd Towarzystwa Helweckiego, ażeby położył specjalny nacisk na moje podanie do Rady Związkowej, co też uczynił chętnie i bez zwłoki

Odpowiedź na ów wniosek ze strony szefa Departamentu Wewnętrznego, p. Chuarda, z dnia 4 października 1922 r. kończyła się temi słowy: „Już w kwietniu b. r. kwestja ta została przedłożona Radzie Związkowej na wniosek Departamentu Politycznego. W toku dyskusji znalazła ogólne uznanie opinja, że w czasach obecnych, gdy tyle spraw ważniejszych domaga się uwagi ze strony kraju i świata, trudno byłoby oczekiwać od Doradczej Komisji Ochrony Przyrody działalności uwieńczonych powodzeniem i osiągnącej namacalne rezultaty. Należy więc poinformować Departament Polityczny, że Władze Związkowe uważają obecny czas za niesprzyjający zwołaniu rzeczonyj Komisji i, dla przyczyn wyżej podanych, nie mogą podjąć się inicjatywy zwołania podobnej konferencji“.

Przedstawiciel Rady Związkowej uchylał się nadto od zajęcia się sprawą połączenia Komisji Doradczej z Ligą Narodów.

Nie jestem powołany do krytykowania decyzji Szwajcarskiej Wysokiej Rady Związkowej, konstatuję tylko, że zwróciłem się do Zarządu Helweckiego Towarzystwa Nauk Przyrodniczych z prośbą o poparcie moich wniosków, dlatego że przedstawiciele siedmiu państw: Austrii, Francji, Holandji, Japonji, Kanady, Nowej Zelandji i Polski wzywali mnie do wznowienia Komisji Doradczej, skoro tylko będzie to rzeczą możliwą. Bez wątpienia w ciągu nieskończonego szeregu lat będą istniały kwestje polityczne, które będą uważane za ważniejsze, niż kwestja światowej ochrony przyrody; ale, naprzekór temu mniemaniu polityków, czuję się uprawnionym do podtrzymywania innego zdania, a mianowicie, że ochrona gatunków zwierzęcych, którym grozi zagłada, jest sprawą, obchodzącą przyszłość i naszych potomków, sprawą, którą każda zwłoka przyprowadza o nieodwołalną zgubę i której niepodobna dłużej odkładać. To też mam zaszczyt przedłożyć Kongresowi następującą rezolucję:

„Międzynarodowy Kongres Ochrony Przyrody, mając na uwadze fakt założenia w r. 1913 Komisji Doradczej dla Międzynarodowej Ochrony Przyrody, wyraża życzenie, aby Szwajcarska Wysoka Rada Związkowa, jako założycielka tej Komisji, przywróciła ją do stanu czynnego, gdy tylko warunki polityczne na to pozwolą, a to bądź przez natychmiastowe zwołanie członków wymienionej Komisji do Berna, bądź przez pośrednictwo Ligi Narodów w Genewie“.

Przypisek tłumaczki. — Referat dra Sarasina, wygłoszony na Międzynarodowym Kongresie Ochrony Przyrody w Paryżu w r. 1923 i ogłoszony w sprawozdaniu z tego kongresu, wydanem w r. 1925 p. t. „Premier Congrès International pour la Protection de la Nature“, zdaje sprawę z przebiegu światowych zabiegów ochronnych i ze stanu organizacji ochrony przyrody na terenie międzynarodowym po rok 1923. Referat zawiera przekonywujące uzasadnienie konieczności międzynarodowego porozumienia dla ochrony przyrody i, jako wygłoszony przez inicjatora Międzynarodowej Komisji Ochrony Przyrody, zasługuje na udostępnienie go naszemu społeczeństwu. Tłumaczka starała się zachować jaknajściślej i najwierniej żywość stylu autora i ograniczyła się jedynie do dodania łacińskich nazw gatunkowych (w nawiasach).

Przyswojenie referatu dra Sarasina wydaje się i z tego względu pożądanem, że Polska w szerszej mierze niż inne państwa europejskie zainteresowana jest zagadnieniami międzynarodowej ochrony przyrody. Wszak długotrwały spór z Czechosłowacją o Jaworzynę zakończył się porozumieniem, aby z całych Tatr, tak polskich, jak i czechosłowackich, stworzyć Tatrzański Park Narodowy z analogiczną administracją, dla dobra ludności obu państw i całego świata. Również w realizacji znajdują się dalsze parki narodowe, graniczne z Czechosłowacją: w obszarze Babiej Góry, Pienin i pasma Czarnohorskiego. Stąd konieczność uzgodnienia ustaw i przepisów, chroniących przyrodę na terenie powyższych granicznych parków natury.

Polska już w przeszłości wykazała troskę o zachowanie ginących w Europie przedstawicieli dzikiej fauny. Mądrym

przepisom ustawodawstwa królów polskich należy zawdzięczać, że chroniono żeremia bobrów, do dziś, na szczęście, niezbyt rzadkich na naszych kresach wschodnich; że do wieku XVII dotrwał w puszczech mazowieckich protoplasta bydła domowego Europy, potężny tur (*Bos primigenius*), i że płodziły się aż do czasu wojny polsko-bolszewickiej na łonie natury żubry w Puszczy Białowieskiej.

Niemal wszystkie żubry, dziś jeszcze żyjące, pochodzą z Puszczy Białowieskiej. Dzięki stworzeniu „Parku Narodowego“ w Białowieży, wielkiego, zupełnego rezerwatu przyrodniczego, liczącego 4.600 ha, mamy prawo oczekiwać, że żubry na nowo zagospodzą w Białowieży, skoro tylko dzięki usiłowaniom „Międzynarodowego Towarzystwa Ochrony Żubra“ rozmnożą się dostatecznie ocalałe dotychczas szczątki.

Pewnego uzupełnienia i sprostowania wymaga wiadomość podana przez dra Sarasina w jego referacie co do pierwszeństwa inicjatywy dla międzynarodowej ochrony żubra. Kongres paryski w r. 1923 przyjął bowiem jedomyślnie wniosek delegata polskiego, J. Sztolcmana, który, według oficjalnego sprawozdania, brzmi jak następuje: „Zważywszy, że gatunek *Bison bonasus* jest obecnie reprezentowany tylko przez pięć stad, żyjących w niewoli, które obejmują zaledwie do 50 osobników, i tem samem gatunkowi temu grozi w krótkim czasie zagłada, Kongres uchwała:

zawiązanie w najbliższym czasie Międzynarodowego Towarzystwa przez państwa, posiadające jeszcze żubry na swych terytorjach;

wezwanie do reszty państw, by zechciały przyjść Towarzystwu z pomocą pieniężną;

oraz prośbę do Ligi ochrony bizona amerykańskiego, by zechciały służyć Towarzystwu swemi doświadczeniami“.

Gdy jednak przewodniczący Sekcji Zoologicznej Paryskiego Kongresu, p. J. Delacour, w wykonaniu uchwał Kongresu, zwrócił się do Londyńskiego Towarzystwa Zoologicznego w celu założenia Ligi ochrony żubra, dowiedział się, że w sierpniu 1923 r. w Berlinie, zawiązano już „Internationale Gesellschaft zur Erhaltung des Wisents“ z inicjatywy dra Kurta Priemela, dyrektora Ogrodu Zoologicznego we Frankfurcie n. Me-

mem, które wszczęło zabiegi w celu pozyskania współpracy Londyńskiego Towarzystwa Zoologicznego. W wyniku wniosku Kongresu Paryskiego, przyłączono się do stowarzyszenia, związanego w Niemczech, którego pierwszy zjazd odbył się we wrześniu 1925 r. w Berlinie i które liczy obecnie 3.000 członków. Najbliższe walne zebranie odbędzie się w r. 1929 w Polsce (w Poznaniu), choć kraj nasz posiada obecnie zaledwie cztery żubry w Ogrodzie Zoologicznym w Poznaniu i pięć żubrów w Pszczynie.

D. SZYMKIEWICZ.

Promieniowanie jako czynnik klimatyczny.

II. Promieniowanie długofalowe.

(Tablica I).

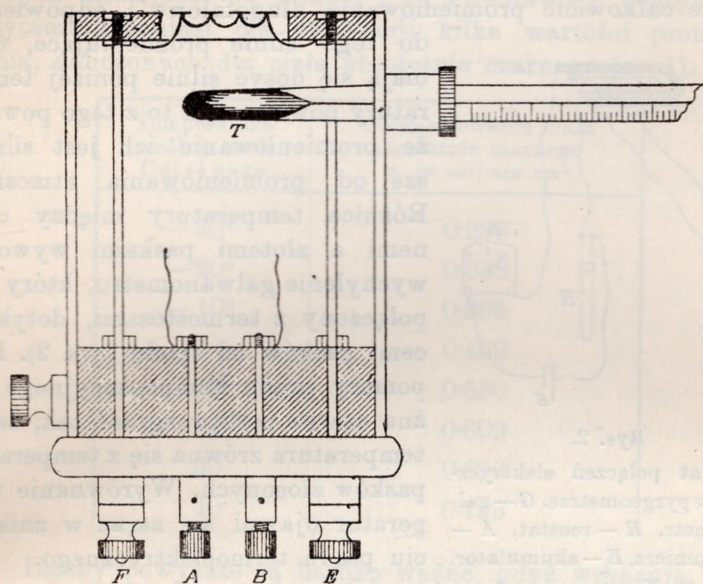
Skład spektroskopowy długofalowego naturalnego promieniowania nie jest dokładnie zbadany z powodu trudności, jakie przedstawia wogóle badanie promieniowania infraczerwonego. W każdym razie, jak to już było zaznaczone w pierwszej części tego artykułu (Kosmos B, 1928, zeszyt IV, str. 419), pomiędzy krótkofalową a długofalową częścią widma naturalnego promieniowania jest luka, rozciągająca się mniej więcej od 3μ do 6μ . Maksimum natężenia osiąga promieniowanie długofalowe około 9μ i wygasa gdzieś około 13μ .

Pod względem swojego pochodzenia promieniowanie długofalowe różni się zasadniczo od krótkofalowego, gdyż nie pochodzi ze słońca lecz z ziemi: jest wytwarzane przez atmosferę, litosferę, hydrosferę lub wreszcie przez kryosferę. Ponieważ kula ziemska ma temperaturę stosunkowo niską, wysyłane przez nią fale eteru mają długość bardzo znaczną w porównaniu do promieniowania słońca. W pierwszej części tego artykułu podałem, że długofalowe promieniowanie pochodzi z atmosfery, nie wspominając o innych składnikach kuli ziemskiej. Uczyniłem to dlatego, że tam była mowa tylko o promieniowaniu, przychodzącym pionowo lub ukośnie z góry.

Zagadnienie promieniowania długofalowego przedstawia się następująco. Atmosfera wytwarza pewne promieniowanie, które na poziomą powierzchnię, umieszczoną w pobliżu ziemi, pada z góry. Jest to, inaczej mówiąc, długofalowe promieniowanie górne. Powierzchnia ziemi, stała i płynna,

wysyła także długofalowe promieniowanie o podobnym składzie spektralnym. Promieniowanie to pada na poziomą powierzchnię od dołu, jest to długofalowe promieniowanie dolne. Można by także rozpatrywać długofalowe promieniowanie skośne, ale tą kwestją zajmować się nie będziemy. Zaznaczę tylko, że długofalowe promieniowanie skośne jest na ogół nieco silniejsze od górnego. Zajmiemy się z początku promieniowaniem górnym.

Najważniejszym przyrządem, służącym do pomiaru promieniowania długofalowego, jest pyrgeometr, skonstru-



Rys. 1.

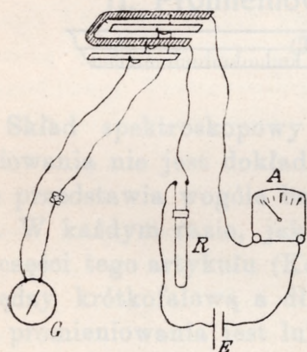
Przekrój podłużny pyrgeometru. *A* i *B* — spinki połączone z paskami, *F* i *E* — spinki, połączone z termostosami, *T* — termometr.

Według K. Ångströma.

wany w r. 1905 przez K. Ångströma. Urządzenie tego przyrządu jest podobne do zbudowanego przez tegoż fizyka kompensacyjnego pyrheljometru (patrz pierwszą część niniejszego artykułu: Kosmos B, 1928 zeszyt IV, str. 421). Pasków jest tu jednak nie dwa lecz cztery, dwa wyczernione, dwa wyzluczone, umieszczone naprzemian (rys. 1). Są one całkowicie odsłonięte i wystawione na działanie promieniowania, idącego ze wszystkich kierunków półkuli, odpowiadającej ich górnej

powierzchni. Ażeby się paski nie utleniały pod działaniem wilgoci powietrza, wykonuje się je z platyny.

Przyrządu używa się tylko w nocy i ustawia się go w takim położeniu, ażeby paski zajęły położenie poziome. Wówczas paski wyłożone, które pochłaniają słabo (w 2%) długofalowe promieniowanie i które skutkiem tego, według prawa Kirchhoffa, mało wypromieniowują, przybierają temperaturę nieco niższą od temperatury powietrza, ale bardzo mało od niej różną. Natomiast paski wyczernione, pochłaniające prawie całkowicie promieniowanie długofalowe i odpowiednio



Rys. 2.

Schemat połączeń elektrycznych wpyrgeometrze. *G* — galwanometr, *R* — reostat, *A* — amperomierz, *E* — akumulator. Według K. Ångströma.

do tego silnie promieniujące, oziębiają się dosyć silnie poniżej temperatury powietrza, a to z tego powodu, że promieniowanie ich jest silniejsze od promieniowania atmosfery. Różnica temperatury między czarnymi a złotymi paskami wywołuje wychylenie galwanometru, który jest połączony z termostosami, dotykającymi pasków od spodu (rys. 2). Przy pomocy prądu kompensacyjnego można czarne paski rozgrzać tak, że ich temperatura zrówna się z temperaturą pasków złożonych. Wyrównanie temperatur ujawni się zaraz w zniknięciu prądu termoelektrycznego.

Obliczenie promieniowania przeprowadza się przy pomocy natężenia prądu kompensacyjnego, stałej przyrządu i temperatury powietrza. Trzeba przy tem opierać się na prawach Stefana i Kirchhoffa. Według prawa Kirchhoffa promieniowanie każdego ciała jest równe promieniowaniu ciała absolutnie czarnego o tej samej temperaturze, pomnożonemu przez zdolność absorbcyjną danego ciała. Według prawa Stefana promieniowanie ciała absolutnie czarnego jest proporcjonalne do czwartego stopnia temperatury bezwzględnej. Oba te prawa dają dla promieniowania równanie:

$$I = ka(t + 273)^4.$$

W tem równaniu α jest to zdolność absorbcyjna promieniającego ciała, t — jego temperatura, k — pewien stały współczynnik jednakowy dla wszystkich ciał. Wartość współczynnika k nie jest określona zbyt dokładnie wobec trudności, związanych z pomiarami promieniowania. Obecnie za najbardziej prawdopodobną wartość można przyjąć:

$$k = 8.26 \times 10^{-11},$$

o ile promieniowanie będzie mierzone w gramowych 15-stopniowych kalorjach, na minutę i na kwadratowy centymetr¹⁾. Przetaczam poniżej dla orjentacji kilka wartości promieniowania, obliczonych dla ciała absolutnie czarnego ($\alpha=1$).

Temperatura według skali Celsjusza	Promieniowanie ciała absolutnie czarnego w gr cal/min cm ²
-30°	0.288
-20°	0.338
-10°	0.395
0	0.459
+10°	0.530
20	0.609
30	0.696
40	0.793

Liczby powyższe są bardzo ważne, gdyż wskazują, jakie może być maksymalne promieniowanie, wytwarzane przez atmosferę i ziemię.

Oznaczmy przez I promieniowanie atmosfery, przez α zdolność absorbcyjną czarnych pasków, przez α' takąż zdolność złotych. Niech będzie poza tem t — temperatura pasków.

Skoro teraz czarne paski będą ogrzane prądem kompensacyjnym do tej samej temperatury co złote, będziemy mieli następujące stosunki energetyczne. Paski złote otrzymają dopływ energii promienistej $\alpha' I s$, gdzie s jest ich powierzchnia. Jednocześnie wypromieniują one energję $\alpha' k s (273 + t)^4$. Wy-

¹⁾ Berliner A. u. Scheel K. Physikalisches Handwörterbuch. Berlin (1924), str. 746.

promieniują one więcej niż energii pochłoną; powstanie pewien niedobór P , który zostanie pokryty przez dopływ ciepła w drodze przewodnictwa i konwekcji. Otrzymamy równanie:

$$P = a' k s (273 + t)^4 - a' I s.$$

Dla pasków czarnych będziemy mieli podobne wzory. Paski te tracą przez promieniowanie energii $a k s (273 + t)^4$, otrzymają energii promienistej $a I s$, a nadto energii prądu q . Niedobór będzie ten sam, co dla pasków złotych, z powodu jednakowości wymiarów i temperatury oraz warunków otoczenia.

$$P = a k s (273 + t)^4 - a I s - q.$$

Zestawienie powyższych dwóch równań daje:

$$(a - a') s I = (a - a') k s (273 + t)^4 - q.$$

Stąd:

$$I = k (273 + t)^4 - \frac{q}{(a - a') s}.$$

Dla obliczenia promieniowania atmosfery trzeba zatem obliczyć z początku promieniowanie absolutnie czarnego ciała, mającego tę samą temperaturę, co paski pyrgeometru. Do tego trzeba mieć przedewszystkiem wartość uniwersalnego współczynnika k . Jak już wspomniałem poprzednio, wartość tego współczynnika nie jest dokładnie znana. Obecnie przyjmuje się go równym 8.26×10^{-11} , K. Ångström w r. 1905 miał wartość mniejszą — 7.68×10^{-11} . Wartości promieniowania atmosferycznego, otrzymane przy pomocy pyrgeometru, ulegają przez to odpowiednim zmianom.

Zmiany te są proporcjonalne do wartości współczynnika prawa Stefana, a to z powodu sposobu wyznaczania drugiego wyrazu w równaniu dla promieniowania atmosferycznego. Wyraz ten

$$Q = - \frac{q}{(a - a') s},$$

zwany „wypromieniowywaniem“, może być przedstawiony w formie:

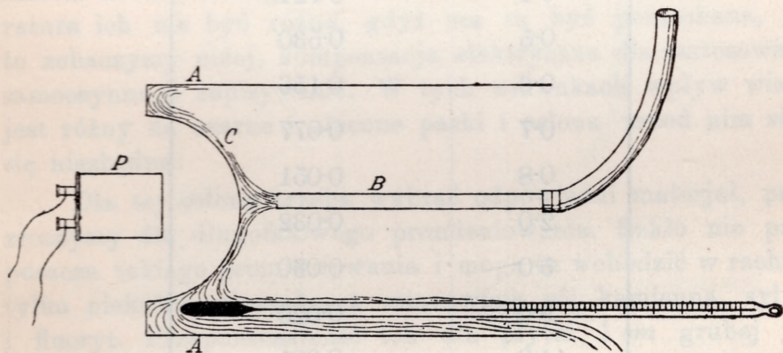
$$Q = - \frac{A (1 + \alpha t) i^2}{(a - a') s},$$

gdzie A jest pewien współczynnik właściwy przyrządowi, α jest

spółczynnik zmienności oporu platyny z temperaturą, i — natężenie prądu. Można także napisać ten wyraz w formie:

$$Q = -K(1 + \alpha t) i^2,$$

gdzie K będzie stała instrumentalna. Obliczenie tej stałej jest teoretycznie możliwe do przeprowadzenia na zasadzie wymiarów pasków, ich oporu właściwego i zdolności absorbcyjnych złota i czerni. Jest to jednak zadanie bardzo trudne i dlatego K. Ångström wyznaczył stałą pyrgeometru przez cechowanie przyrządu przy pomocy „sztucznego nieba“. W tym celu został użyty blaszany walec, zamknięty półkulistym miedzianym dnem, zwróconem swoją wklęsłością nazewnątrz (rys. 3). Wklęsła powierzchnia dna jest wyczerniona. Wytwarza ona „czarne“ promieniowanie o natężeniu, odpowiadającym temperaturze dna. Stała temperatura utrzymuje się przy pomocy strumienia wody z wodociągu, puszczanego do wnętrza walca.



Rys. 3.

Sztuczne niebo do cechowania pyrgeometru. A — walec blaszany, C — jego półkuliste dno, B — rurka, doprowadzająca wodę, P — pyrgeometr. — Według K. Ångströma.

Jeżeli temperatura „sztucznego nieba“ będzie τ , temperatura powietrza zaś t_0 , natężenie prądu kompensacyjnego i_0 , to otrzymamy równanie:

$$k(273 + \tau)^4 = k(273 + t_0)^4 - K(1 + \alpha t_0) i_0^2,$$

z którego można obliczyć stałą przyrządu:

$$K = \frac{k[(273 + t_0)^4 - (273 + \tau)^4]}{(1 + \alpha t_0) i_0^2}.$$

Stała ta jest proporcjonalna, jak widzimy, do stałej prawa Stefana. Skutkiem tego wartość, obliczona dla promieniowania atmosfery ze wskazań pyrgeometru, jest proporcjonalna do wartości stałej Stefana.

Pyrgeometr w jego pierwotnej formie mógł być używany tylko w nocy, gdyż jest on wrażliwy na działanie promieniowania krótkofalowego, które działa różnie na czarne i złocone paski. Promieniowanie to jest mianowicie prawie całkowicie pochłaniane przez czarne paski, przez złocone zaś częściowo. Przytoczę tu zdolność pochłaniania złota dla różnych promieni.

Długość fali w μ	Zdolność absorbcyjna złota
0.3	0.690
0.4	0.724
0.5	0.530
0.6	0.156
0.7	0.077
0.8	0.051
2.0	0.032
5.0	0.030
9.0	0.020
14.0	0.021

Ażeby było można używać pyrgeometru w dzień, A. Ångström wprowadził w nim zmianę, mającą na celu uczynić oba rodzaje pasków jednakowo wrażliwymi na działanie promieniowania krótkofalowego, nie zmieniając ich wrażliwości na promieniowanie długofalowe. W tym celu zastąpił on czernidło na paskach czarnych przez odpowiednio dobraną mieszaninę sadzy z tlenkiem magnu. Jak to już było podane w pierwszej części artykułu, tlenek magnu chłonie promieniowanie długofalowe tak samo jak sadza (98%), natomiast krótkofalowego promieniowania pochłania tylko 15—20%. Można oczywiście dobrać taką mieszaninę obu ciał, że będzie ona chłoneła krótko-

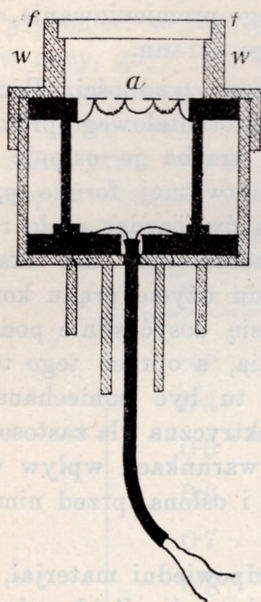
falowe promieniowanie tak samo jak złoto, gdyż metal ten pochłania krótkie fale silniej od tlenku magnu. Zupełnej równości osiągnąć przy tem oczywiście nie można z powodu tego, że zdolność absorbcyjna złota zmienia się silnie ze składem promieniowania (od 5 do 72%). Dlatego też trzeba było osłabić jaknajbardziej działanie krótkofalowego promieniowania, zasłaniając słońce przy pomocy specjalnego ekranu.

Na tem nie kończyły się jeszcze trudności. Ponieważ paski rozgrzewają się pod wpływem krótkofalowego promieniowania ponad temperaturę powietrza, trzeba je osłonić przed wiatrem. Było to niepotrzebne w pierwotnej formie pyrgeometru, gdyż w nocy temperatura pasków bardzo mało różniła się od temperatury powietrza, a nadto była dla czarnych i złotych pasków jednakowa z powodu użycia prądu kompensacyjnego. Teraz paski rozgrzewają się dosyć silnie pod działaniem krótkofalowego promieniowania, a oprócz tego temperatura ich ma być różna, gdyż ma tu być poniechana, jak to zobaczymy niżej, kompensacja elektryczna dla zastosowania samoczynnego zapisywania. W tych warunkach wpływ wiatru jest różny na czarne i złoczone paski i osłona przed nim staje się niezbędną.

Dla tej osłony trzeba wybrać odpowiedni materiał, przezroczysty dla długofalowego promieniowania. Szkło nie przepuszcza takiego promieniowania i mogą tu wchodzić w rachubę tylko niektóre minerały, a mianowicie sól kamienna, sylwin i fluoryt. Przepuszczalność ich dla płytki 1 *cm* grubej jest następująca:

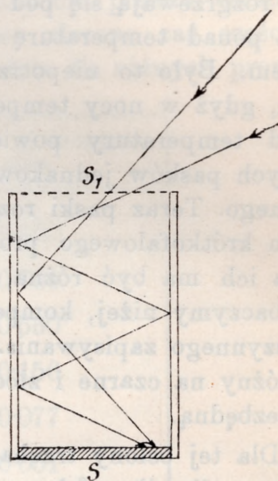
Długość fali w μ	Przepuszczalność w %		
	Sól	Sylwin	Fluoryt
6	100	100	100
7	100	100	99.0
8	100	100	84.4
9	99.5	100	54.3
10	99.5	98.8	16.4
11	99.5	99.0	1.0
12	99.3	99.5	0.0
13	97.6	99.5	0.0

Z powyższego zestawienia wynika, że sól i sylwin byłyby idealnym materiałem dla zasłony pyргеometru. Niestety, są to higroskopijne substancje, nie nadające się do użytku na otwartem powietrzu. Pozostaje tylko fluoryt, którego przepuszczalność silnie się zmniejsza ze wzrostem długości fali. Na tym właśnie materiale zatrzymał się A. Ångström i użył blaszki o grubości 0.37 cm, która prze-



Rys. 4.

Schematyczny przekrój przez pyргеometr w jego zmienionej formie; *a* — paski, *f* — fluorytowa osłona, *w* — wypolerowany wewnątrz walec, podtrzymujący blaszkę fluorytu *f*. — Według A. Ångströma.



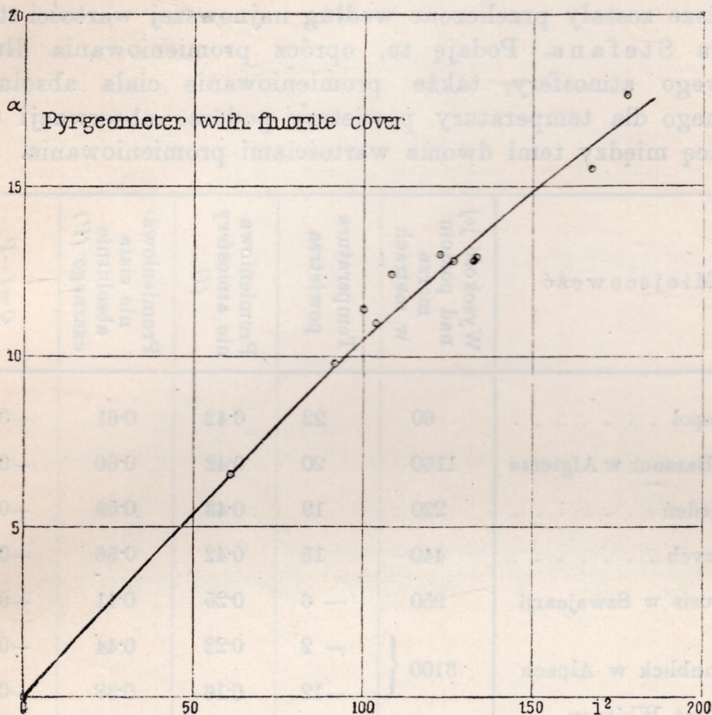
Rys. 5.

Schematyczne przedstawienie biegu promieni w walcu o wypolerowanej wewnętrznej powierzchni. — Według A. Ångströma.

puszczała 27.3% długofalowego promieniowania. Ponieważ niepodobniestwem jest nadać fluorytowej blaszce kształt półkulistego klosza, który byłby najbardziej odpowiedni, zadowolono się blaszką płaską (rys. 4). Ażeby jednak uchwycić wszystkie promienie, nie wyłączając silnie skośnych, użył A. Ångström bardzo dowcipnego urządzenia, a mianowicie wypolerował wewnętrzną powierzchnię metalowego walca (*W*), podtrzymującego fluorytową blaszkę. Skutkiem tego każdy promień, który przejdzie przez fluoryt,

dochodzi, odbijając się od ścianek walca, do pasków tak samo, jakgdyby się one znajdowały u wylotu (rys. 5).

Pyrgeometr w opisanej powyżej nowej formie daje wartości wielkości Q („wypromieniowywania“) z błędem, nie przewyższającym 6%. Jest to mniejsza dokładność aniżeli przy pomiarach promieniowania krótkofalowego, dokładność jednak wystarczająca.



Rys. 6.

Wykres zależności między wychyleniami galwanometru (rzędne) a kwadratem natężenia prądu kompensacyjnego (odcięte) w pyrgeometrze przykrytym blaszką fluorytową. — Według A. Ångströma.

Wspomniane wartości wielkości Q są mniej więcej proporcjonalne do wychyleń galwanometru, złączonego z termostosami, jak to widać z rys. 6. Proporcjonalność jest mniej ścisła niż w pyranometrze, jednak wystarczająca do zastosowania samoczynnego zapisywania. Zapisywanie jest fotograficzne, jak w pyranometrze. W ten sposób A. Ångström

otrzymał w Stocksund pod Sztokholmem wykresy, z których jeden jest zreprodukowany na tablicy I.

Przejdziemy teraz do przedstawienia ważniejszych wyników badań nad długofalowym promieniowaniem atmosfery.

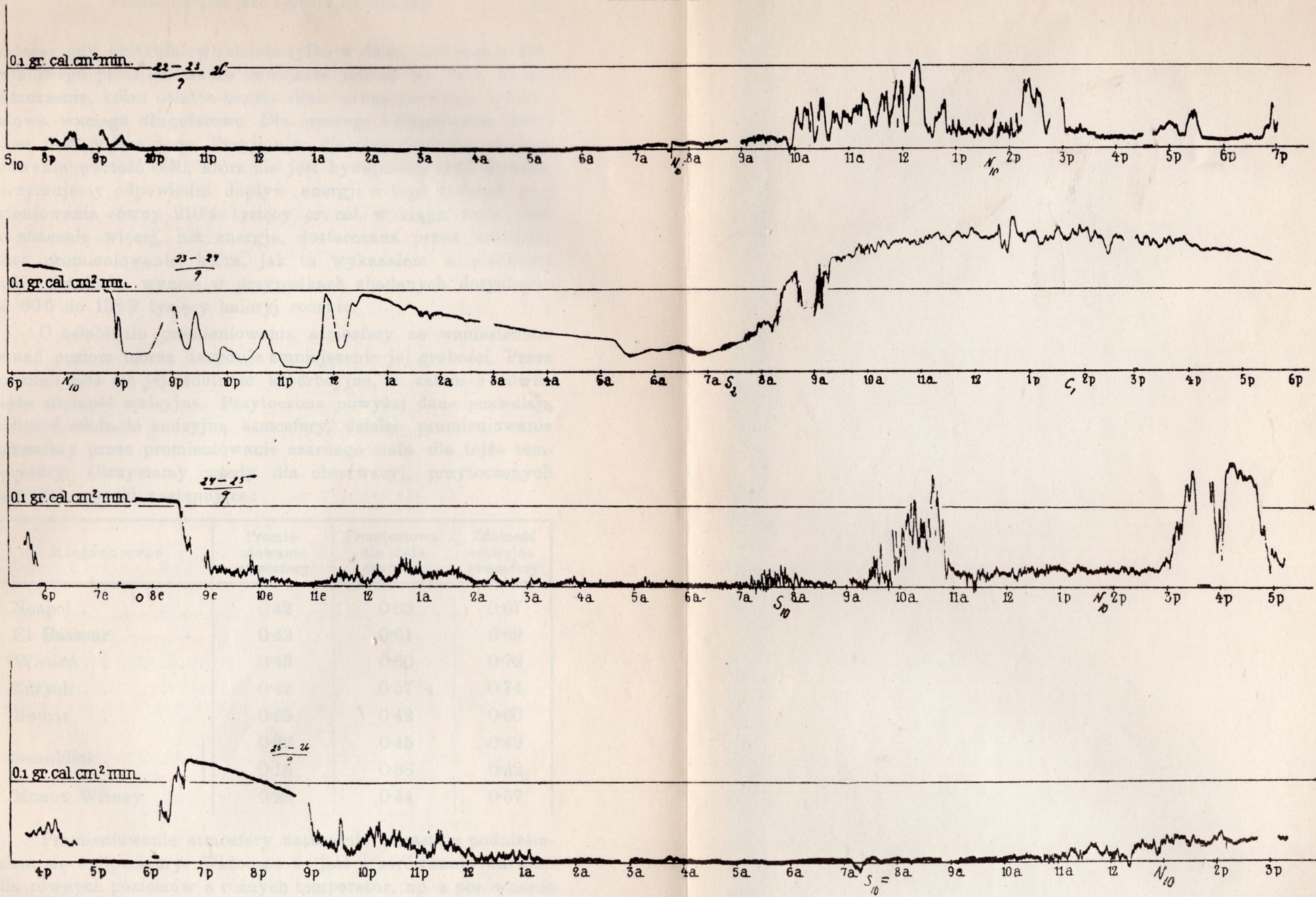
Jest ono dosyć silne, jak o tem świadczą następujące przykłady, odnoszące się do jasnego nieba. Niebo pochmurne, jak to zobaczymy później, promieniuje jeszcze silniej. Liczby poniższe zostały przeliczone według najnowszej wartości stałej prawa Stefana. Podaję tu, oprócz promieniowania długofalowego atmosfery, także promieniowanie ciała absolutnie czarnego dla temperatury powietrza podczas obserwacji oraz różnicę między temi dwoma wartościami promieniowania.

Miejscowość	Wysokość jej nad poziom morza w metrach	Temperatura powietrza	Promieniowanie atmosfery (I)	Promieniowanie ciała absolutnie czarnego (I')	$Q = I - I'$
Neapol	60	22	0.42	0.61	-0.19
El Bassour w Algierze	1160	20	0.42	0.60	-0.18
Wiedeń	220	19	0.43	0.59	-0.16
Zurych	440	15	0.42	0.56	-0.14
Rauris w Szwajcarji	950	- 6	0.25	0.41	-0.16
Sonnblick w Alpach	3100	- 2	0.22	0.44	-0.22
Mount Whitney w Kalifornji . . .	4400	-12	0.16	0.38	-0.22
		- 1	0.25	0.44	-0.19

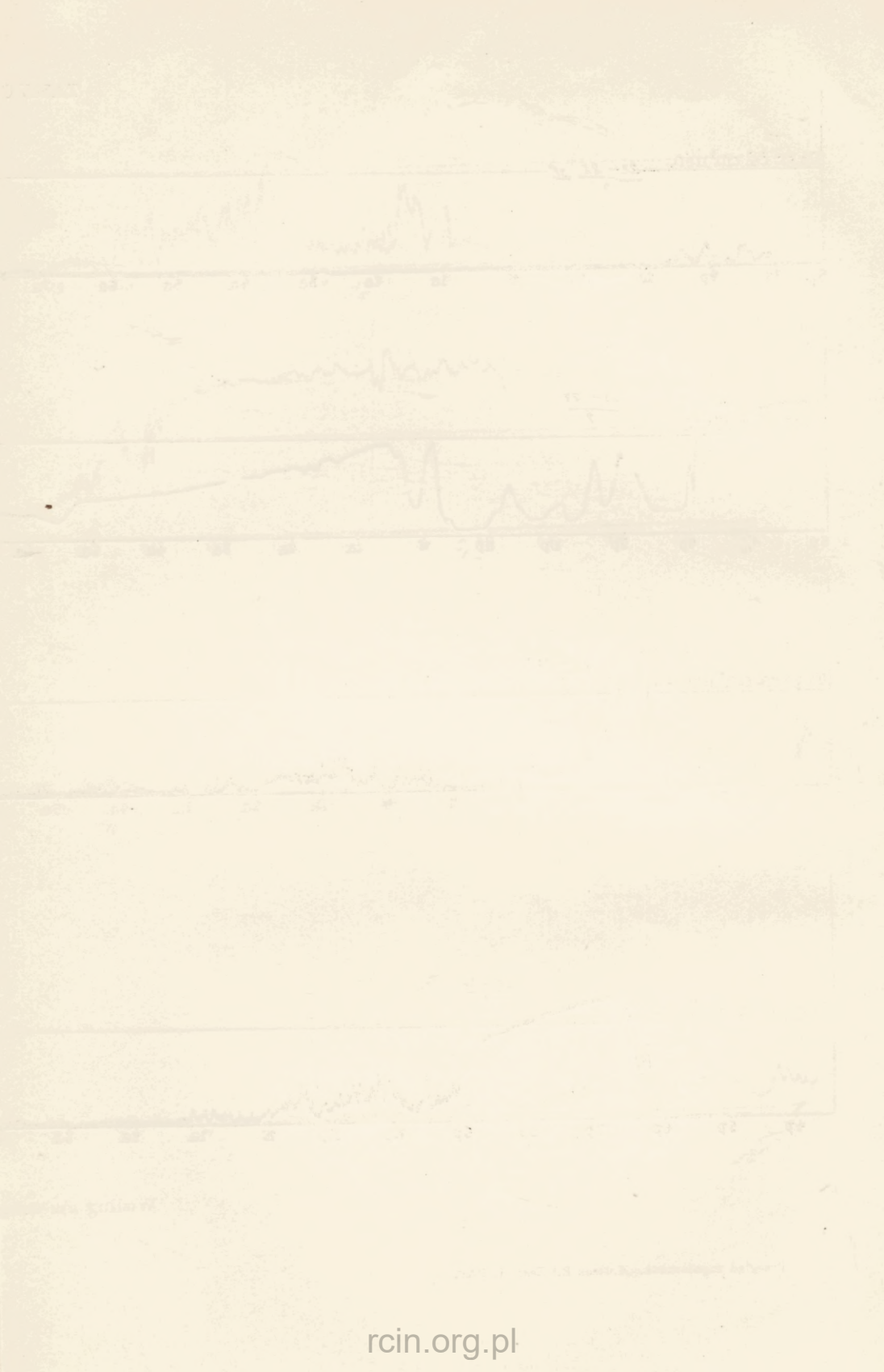
Na niżu mamy w lecie wartości około 0.42 *gr. cal./min. cm²*, co stanowi około połowy energii, dostarczanej przez słońce w ciągu minuty 1 *cm²* poziomej powierzchni w tych samych miejscowościach. Ze wzniesieniem ponad poziom morza, promieniowanie to słabnie, spadając do 0.16, a przy silnych mrozach zapewne i jeszcze bardziej.

Promieniowanie długofalowe dostarcza ziemi olbrzymich ilości energii przez to, że działa bezustannie w dzień i w nocy,

TABLICA I.



Według A. Ångströma.



podczas gdy krótkofalowe działa tylko w dzień. Znaczenie długofalowego promieniowania powiększa jeszcze ten fakt, że zachmurzenie, które osłabia bardzo silnie promieniowanie krótkofalowe, wzmacnia długofalowe. Dla lepszego zobrazowania przytoczę następujące dane. Przyjmując dla długofalowego promieniowania wartość 0·40, która nie jest bynajmniej zbyt wysoka, otrzymujemy odpowiedni dopływ energii z tego rodzaju promieniowania równy 210·4 tysięcy *gr. cal.* w ciągu roku. Jest to znacznie więcej, niż energia, dostarczana przez krótkofalowe promieniowanie, która, jak to wykazałem w pierwszej części artykułu, wynosi w przypadkach zbadanych dotychczas od 60·5 do 158·9 tysięcy kaloryj rocznie.

O osłabieniu promieniowania atmosfery ze wzniesieniem ponad poziom morza decyduje zmniejszenie jej grubości. Przez to zmniejsza się jej zdolność absorbcyjna, a zatem i równa tejże zdolność emisyjna. Przytoczone powyżej dane pozwalają obliczyć zdolność emisyjną atmosfery, dzieląc promieniowanie atmosfery przez promieniowanie czarnego ciała dla tejże temperatury. Otrzymamy wtedy dla obserwacyj, przytoczonych powyżej, wyniki następujące:

Miejscowość	Promieniowanie atmosfery	Promieniowanie ciała czarnego	Zdolność emisyjna atmosfery
Neapol	0·42	0·63	0·67
El Bassour	0·42	0·61	0·69
Wiedeń	0·43	0·60	0·72
Zurych	0·42	0·57	0·74
Rauris	0·25	0·42	0·60
Sonnblick	0·22	0·45	0·49
	0·16	0·38	0·42
Mount Witney	0·25	0·44	0·57

Promieniowanie atmosfery naturalnie wzrasta z podniesieniem się temperatury. Widoczne to jest z porównania wartości dla równych poziomów a różnych temperatur, np. z porównania danych dla El Bassour i Rauris, a także z porównania obu wartości dla Sonnlicku. Trzeba jednak zaznaczyć, że te po-

równania nie są całkiem ściśle, gdyż inne własności atmosfery w nich nie są jednakowe. Rozchodzi się tu przede wszystkim o zawartość pary wodnej, która wzmacnia silnie promieniowanie, a której ilość naogół zwiększa się z podniesieniem temperatury. Różnice w przytoczonych przykładach byłyby znacznie mniejsze, gdyby zawartość pary wodnej pozostawała niezmienną przy zmianach temperatury powietrza.

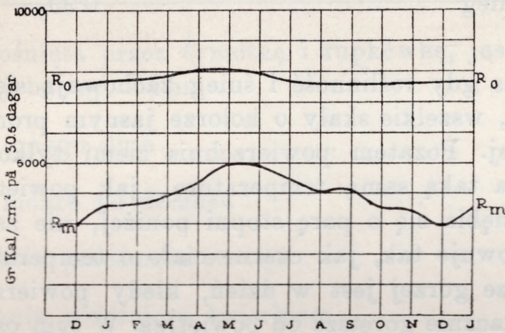
Wpływ bardzo silny wywiera na promieniowanie atmosfery zachmurzenie. Ze wzrostem zachmurzenia ten rodzaj promieniowania wzmacnia się, a przy bardzo gęstych i jednostajnych chmurach może nawet osiągnąć natężenia promieniowania czarnego.

Ciekawych danych pod tym względem dostarczają wykresy samopiszącego pyrgeometru. Wykresy te nie dają promieniowania atmosfery, lecz różnicę między promieniowaniem atmosfery a promieniowaniem ciała absolutnie czarnego. Jest to wielkość, którą oznaczyliśmy przez Q , a którą niesłusznie mianuje się „wypromieniowywaniem“. Jest to saldo bilansu długofalowego promieniowania dla czarnego ciała, wystawionego na działanie własnego promieniowania atmosfery. Saldo to jest z reguły ujemne. Tablica I przedstawia wykres pyrgeometru dla czasu od 22 do 26 września 1926. Wychylenia w górę od linii zerowej odpowiadają ujemnym wartościom salda, odchylenia w dół — dodatnim. Pod linią zerową, pomiędzy oznaczeniami godzin, jest zaznaczone zachmurzenie z podaniem jego stopnia i charakteru. Charakter chmur jest zaznaczony przez litery S (strata), N (nimbus) i C (cirrus). Stopień zachmurzenia jest oznaczony przez liczbę dopisaną u dołu. Już na pierwszy rzut oka można zauważyć, że zachmurzeniu 10 odpowiadają naogół bardzo małe absolutne wartości salda, to znaczy duże wartości promieniowania atmosfery (patrz zwłaszcza noce z 22 na 23, z 24 na 25 i z 25 na 26 września). Największe wartości salda promieniowania czarnego ciała wypadły natomiast dnia 24 września przy zachmurzeniu 1 do 2. W dzień 23 i 25 września niebo było wprawdzie całkowicie zachmurzone, ale pozatem stan atmosfery był silnie zmienny, co ujawniło się w nagłych zmianach wskazań przyrządu. Wogóle w dzień zmienność pro-

mieniowania jest większa niż w nocy, jak tego zresztą należało się spodziewać.

Inną ilustracją wpływu zachmurzenia może być wykres (rys. 7), przedstawiający sumy miesięczne salda promieniowania czarnego ciała w Sztokholmie dla rzeczywistych warunków zachmurzenia (R_m) i dla nieba pogodnego (R_0).

Na szczególną uwagę zasługują w wykresach tablicy I ranne godziny 25 i 26 września. Krzywa spada tam cokolwiek poniżej linii zerowej, to znaczy saldo promieniowania było dodatnie czyli atmosfera promieniowała silniej niż ciało czarne o temperaturze powietrza w najbliższym otoczeniu przyrządu.



Rys. 7.

Wartosci absolutne salda długofalowego promieniowania w Sztokholmie w różnych miesiącach dla jasnego nieba (R_0) i dla rzeczywistych warunków zachmurzenia (R_m). — Według A. Ångströma.

Przyczyną tego było prawdopodobnie oziębienie niższych warstw atmosfery poniżej temperatury warstw wyższych, które nastąpiło wyjątkowo przy mglistej pogodzie. Z wykresów widać, że jest to zjawisko rzadkie i krótkotrwałe.

Pozostaje jeszcze rozpatrzeć bliżej znaczenie, jakie posiada saldo długofalowego promieniowania czarnego ciała dla klimatologii. Uważa się powszechnie to saldo jako równoważne z saldem bilansu promieniowania długofalowego dla ziemi. W pewnej mierze jest to słuszne, gdyż zdolność emisyjna powierzchni ziemi dla promieniowania długofalowego jest na ogół bliska jedności. Świadczą o tem pomiary Falckenberga, z których przytaczam następujące liczby:

C i a ł o	Zdolność emisyjna przy 23·5° C
Piasek jasny	0·89 ₃
Wapień jasno-szary. . .	0·92
Żwir gruby	0·92
Darń zielona	0·98 ₃
Szpilki jodły	0·96
Śnieg	0·99 ₆

Podczas gdy roślinność i śnieg zachowują się prawie jak ciała czarne, wszelkie skały o kolorze jasnym promieniują wyraźnie słabiej. Pozatem powierzchnia ziemi tylko w nocie pochmurne ma taką samą temperaturę, jak powietrze, w nocie zaś jasne oziębia się o parę stopni poniżej, nie zawsze zatem wypromieniowuje tak, jak czarne ciało o temperaturze powietrza. Jeszcze gorzej jest w dzień, kiedy powierzchnia ziemi może być znacznie gorętsza od powietrza. W tym ostatnim przypadku saldo bilansu długofalowego promieniowania dla ziemi może przewyższać kilkakrotnie saldo dla ciała czarnego o temperaturze powietrza.

Jak już zaznaczyłem powyżej, saldo bilansu długofalowego promieniowania dla ciała czarnego nazywane jest nieślusnie „wypromieniowywaniem“ (Ausstrahlung, outgoing radiation). Równie niewłaściwą jest stosowana nieraz nazwa „nocnego promieniowania“ (nocturnal radiation), gdyż chodzi tu o zjawiska, które odbywają się nietylko w nocy, ale i w dzień. Określenie „nocny“ pochodzi stąd, że początkowo mierzyło się promieniowanie długofalowe tylko w nocy.

Znaczenie salda bilansu promieniowania, otrzymanego przy pomocy pyrgeometru, pomniejsza się jeszcze bardziej skutkiem tego, że nie wchodzi w ten bilans promieniowanie krótkofalowe, które jest przecież o wiele silniejsze. Chcąc uwzględnić jego działanie, nie możemy zadowolić się wymiarem natężenia tego promieniowania tak, jak ono pada na

poziomą powierzchnię. Trzeba jeszcze wziąć pod uwagę odbicie jego od powierzchni ziemi, trzeba zbadać albedo powierzchni ziemi. Pod nazwą albedo rozumiemy stosunek natężenia odbitego promieniowania do spadającego. Bardzo ciekawe badania nad tą kwestją przeprowadził A. Ångström przy pomocy pyranometru. Badania te informują nas zarazem o właściwościach dolnego promieniowania, które ma niemałe znaczenie dla człowieka i dla roślin.

Podaję tu najważniejsze z wyników.

P o w i e r z c h n i a	Albedo
Łąka porośnięta przez tymotkę i kupkówkę, jasno zielonej barwy, sucha	0·26
To samo innego dnia.	0·31
To samo mokre po deszczu	0·22
Powierzchnia porośnięta sosną	0·11
Powierzchnia porośnięta świerkiem	0·10
Granit częściowo pokryty ciemnymi porostami . .	0·14
Szary piasek	0·18
Czarna sucha ziemia	0·14
Taka sama ziemia mokra po deszczu	0·08
Biała płachta lniana	0·63
Śnieg na Alp Grüm w kilka dni po spadnięciu o czysto białej równej powierzchni	0·69
Świeży śnieg w Sztokholmie o wyjątkowo białej i równej powierzchni	0·81

Zasługuje tu na szczególną uwagę różne zachowanie się roślinności i śniegu wobec długo- i krótkofalowego promienio-

wania. Roślinność odbija zaledwie 2% długofalowego promieniowania i do 31% krótkofalowego. Śnieg pochłania prawie całkowicie długofalowe promieniowanie i odbija do 81% krótkofalowego.

Na tem kończę moje rozważania, odsyłając czytelnika po dalsze szczegóły do literatury.

*Z Pracowni Botanicznej Wydziału Rolniczo-Leśnego
Politechniki Lwowskiej.*

LITERATURA.

Poza przytoczonymi w pierwszej części artykułu pracami, można polecić jeszcze następujące:

1. Ångström A. The albedo of various surfaces of ground. — *Geografiska Annaler* 1925, Nr. 4. 323—342, rys. 1—6.

2. Ångström A. Recording nocturnal radiation. — *Meddelanden från Statens Meteorologisk-Hydrografiska Anstalt*. Vol. 3, Nr. 12 (1927). 1—12, rys. 1—9, tabl. I.

3. Ångström K. Ueber die Anwendung der elektrischen Kompensationsmethode zur Bestimmung der nächtlichen Ausstrahlung. — *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis*. Ser. IV. Vol. I. Nr. 2 (1905). 1—10, tab. I.

4. Falckenberg G. Absorptionskonstanten einiger meteorologisch wichtiger Körper für infrarote Wellen [λ_{max} etwa 10 μ] — *Meteorologische Zeitschrift*. XLV (1928). 334—337, fig. 1.

E. STENZ.

Zagadnienie magnetyzmu kuli ziemskiej.

I.

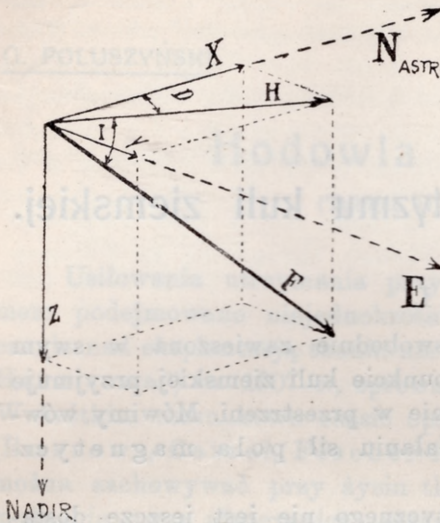
1. Igła magnetyczna, swobodnie zawieszona w swym środku ciężkości, w każdym punkcie kuli ziemskiej przyjmuje pewne ściśle określone położenie w przestrzeni. Mówimy wówczas, że igła ta podlega działaniu sił pola magnetycznego ziemskiego.

Pochodzenie pola magnetycznego nie jest jeszcze dostatecznie wyjaśnione, jakkolwiek nauka poczyniła ogromne postępy w badaniach właściwości tego pola i jego zależności od różnych czynników ziemskich i kosmicznych.

Poznanie właściwości i istoty tego pola jest bardzo ważne, magnetyzm bowiem w życiu współczesnym narodów odgrywa znaczną rolę. Wystarczy zauważyć, że ze wskazań kompasów magnetycznych korzysta się w żegludze morskiej, w żegludze powietrznej, w kopalniach, w czasie ekspedycji i podróży; igła magnetyczna jest używana w pomiarach geodezyjnych, w operacjach wojskowych, w licznych pomiarach naukowych. Wreszcie z anomalij przestrzennych pola magnetycznego geofizyka stosowana wysnuwa wnioski co do rozmieszczenia wglębnego bogactw mineralnych kraju.

2. Pole magnetyczne można przedstawić zapomocą trzech jego elementów składowych. Droga pomiaru wyznacza się zazwyczaj: kątem zboczenia (D), kątem nachylenia (I) i natężeniem składowej poziomej (H), lub (n. p. w przyrządach rejestrujących) zamiast kąta nachylenia, natężenie składowej pionowej (Z). Te trzy elementy składają się na siłę wypadkową F i wyznaczają własności pola w danym punkcie

(rys. 8). Jeżeli składową H rozłożyć na dalsze dwie składowe X i Y , wzajem do siebie prostopadłe i skierowane ku północy astronomicznej i ku wschodowi, wzgl. zachodowi, to otrzymamy,



Rys. 8.

zamiast elementów obserwowanych D , I i H , nową trójkę elementów X , Y , Z , którymi również można charakteryzować pole magnetyczne. Zależności pomiędzy temi wielkościami są następujące:

$$F = \sqrt{H^2 + Z^2}, \quad \operatorname{tg} I = \frac{Z}{H},$$

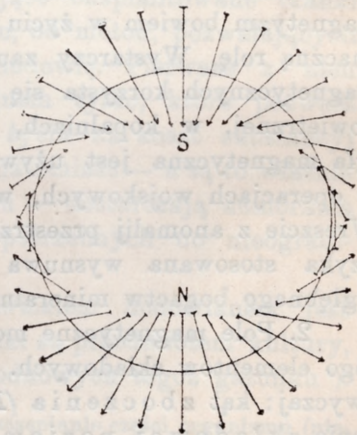
$$\operatorname{tg} D = \frac{Y}{X},$$

$$X = H \cdot \cos D, \quad Y = H \cdot \sin D.$$

Jeżeli chodzi o charakter ogólny pola magnetycznego ziemskiego, to, traktując rzecz *grosso modo*, możemy powiedzieć, że w pierwszym przybliżeniu odpowiada ono

polu magnesu, któryby był umieszczony w środku Ziemi, a którego oś magnetyczna byłaby nachylona pod kątem około 12° względem osi obrotu kuli ziemskiej. Można by też porównać je, również w przybliżeniu, z polem namagnesowanej kuli jednorodnej.

Rozmieszczenie wektorów sił (F) wzdłuż jednego z południków magnetycznych byłoby w tym przypadku zupełnie prawidłowe i może być przedstawione zapomocą rys. 9. Z rysunku wynika, że na biegunach magnetycznych igła ustawia się pionowo, na równiku — poziomo. W pierwszym przypadku $F=Z$, w drugim — $F=H$. W szerokościach pośrednich igła jest nachylona pod kątem inklinacji.

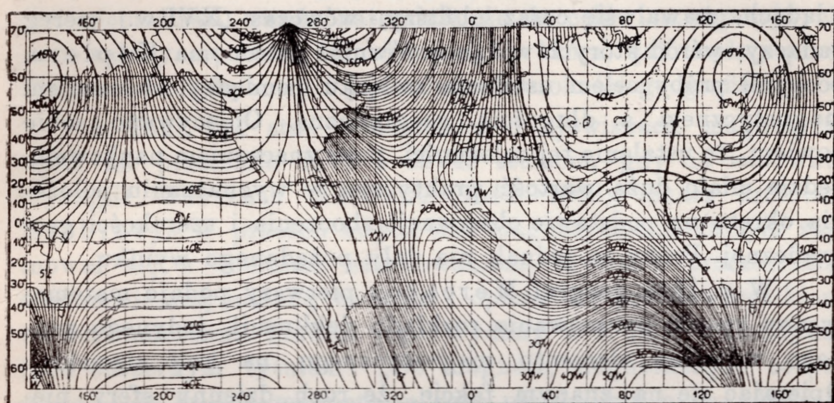


Rys. 9.

W rzeczywistości pole ziemskie odbiega znacznie od tego idealnego schematu i rozkład elementów magnetycznych na powierzchni globu jest bardziej złożony. Rys. 10 podaje przebieg izogon, t. j. krzywych jednakowego zboczenia magnetycznego, dla roku 1922 według map morskich Admiralicji Angielskiej. Również i położenie biegunów nie jest symetryczne. Obecnie ich współrzędne geograficzne są następujące:

Na półkuli północnej: $\varphi = 70^{\circ} 50' N$, $\lambda = 96^{\circ} 00' W$,

Na półkuli południowej: $\varphi = 71^{\circ} 10' S$, $\lambda = 150^{\circ} 45' E$.



Rys. 10.

Mapa zboczenia magnetycznego na kuli ziemskiej w r. 1922.

Bieguny magnetyczne nie leżą więc na jednej średnicy. Odległość jednego z nich od antypodów drugiego wynosi około 2300 *km*.

3. Własności igły magnetycznej były znane w Europie już żeglarzom XII stulecia. Na lądzie posługiwali się kompasem Chińczycy już w II wieku przed Chr. Pomimo to jednak przez całe szeregi pokoleń człowiek nie zdawał sobie sprawy z pochodzenia sił, pod których działaniem igła skierowuje się ku północy.

Jeszcze pod koniec XIII wieku przyjmowano za przyczynę obserwowanych zjawisk bądź oddziaływanie gór magnetycznych na dalekiej północy, bądź wpływ gwiazdy polarnej lub bieguna magnetycznego sfery niebieskiej.

*

Odkrycie przez Kolumba w r. 1492 deklinacji magnetycznej (znanej Chińczykom już w r. 1111 po Chr.) oraz obserwacje tejsze, dokonywane przez cały szereg żeglarzy (zwłaszcza przez João de Castro), rozszerzają znacznie zakres wiadomości o zjawiskach magnetycznych, ale niewiele się przyczyniają do ich zrozumienia. Źródła sił, wywołujących odchylenie igły od kierunku południka astronomicznego, doszukiwano się w dalszym ciągu bądź to na niebie, bądź też w podbiegunowych skałach magnetycznych lub wyspach.

Gdy materiał obserwacyjny, jaki gromadzono na morzach i lądach, stawał się coraz obfitszy, wówczas (XVI w.) szereg badaczy, wśród których widzimy również astronoma Keplera, poczynił próby celem ustalenia związku pomiędzy zboczeniem magnetycznym a długością geograficzną. Obiecywano sobie bowiem, że ustalenie tej zależności, poza znaczeniem naukowym, będzie miało dużą wartość praktyczną w wyznaczaniu położenia okrętu na podstawie obserwacji zboczenia i szerokości geograficznej. Próby te jednak nie dały pożądanego wyniku.

W r. 1546 geograf Mercator pierwszy podaje matematyczny sposób opracowania rozkładu deklinacji, jedyne go wówczas elementu magnetycznego, na kuli ziemskiej. Opierając się na znanym fakcie, że ruch dzienny sfery niebieskiej nie wywołuje dostrzegalnych zmian zboczenia, Mercator wypowiada pogląd, że kula ziemska powinna posiadać dwa bieguny magnetyczne, po jednym na każdej półkuli, które, według jego zdania, są punkty przecięcia południków magnetycznych. Bieguny te wyznacza z przecięcia dwóch takich południków, które przyjmuje za koła wielkie. Według obliczeń Mercatora, biegun północny znajdowałby się w pobliżu cieśniny Beringa.

Rok 1581 zaznacza się dalszym w tym kierunku postępek; mianowicie żeglarz i konstruktor angielski Robert Norman odkrywa zjawisko inklinacji, a zarazem buduje pierwszy egzemplarz inklinatora, zapomocą którego wykonywa w Londynie pierwszy pomiar nachylenia. Odkrycie swoje ogłosił Norman w studjum pod tytułem „The new attractive“, które jest ciekawe i z tego względu, że punkt, który wskazuje igła inklinatora (t. zw. „point respective“), autor umieszcza we wnętrzu Ziemi. To wszakże jest dziwne, że jednak Nor-

man nie przypisuje mu żadnych własności przyciągania, obdarzając niemi wyłącznie igłę.

W tymże roku 1581 ziomek Normana, William Bourrough na nowo wyznacza położenie bieguna magnetycznego oraz, opierając się na danych swego poprzednika, oblicza ponownie ów „punkt szczególny“. Bourrough pierwszy zdał sobie sprawę, że wyznaczanie długości geograficznej na podstawie deklinacji, zwłaszcza na wodach północnych, jest niemożliwe, uważa natomiast, że do celów nawigacyjnych nadawałaby się raczej inklinacja, która, jak sądzi, przebiega równoleżnikowo i jest równa szerokości geograficznej.

4. Taki był stan wiadomości o zjawiskach magnetycznych na przełomie XVI i XVII stulecia, gdy na widownię wystąpił William Gilbert (1544—1603), lekarz królowej Elżbiety. W pracach swych nad magnetyzmem, którym zajmował się z wielkim zamiłowaniem, zrywa z przestarzałą, średniowieczną metodą badania i opiera się przede wszystkim na doświadczeniu. Traktat jego, wydany w r. 1600 w Londynie (pod obszernym tytułem: „De magnetibus, magneticisque corporibus et de magno magnetis telluris; physiologia nova, plurimis et argumentis et experimentis demonstrata“) staje się punktem zwrotnym w dziejach nauki o magnetyzmie wogóle, a o magnetyzmie ziemskim w szczególności.

Już z samego tytułu dzieła widać, że Gilbert pierwszy traktuje kulę ziemską jako wielki magnes. W dziele swem wyraża pogląd, który odegrał niezwykle ważną rolę w rozwoju pojęć o magnetyzmie ziemskim, że kula ziemską posiada wszelkie własności typowego magnesu i że sama jest siedliskiem sił magnetycznych¹⁾. Wywody swoje ilustruje licznymi doświadczeniami, które wykonywa zapomocą magnesów kulistych, wyobrażających Ziemię (t. zw. terellae).

Ciekawy jest sposób ujęcia przez Gilberta zjawisk magnetycznych i podział na elementy: oryginalny, ale, jak się później okazało, błędny. Rozróżnia więc Gilbert 5 elementów magnetycznych: przyciąganie (*attractio*), kierunkowość (*directio*), zboczenie (*variatio*), nachylenie (*declinatio*) i ruch obrotowy (*revolutio*). Owo rozdzielenie pojęć przyciągania i kie-

¹⁾ „Magnus magnes ipse est globus terrestris“.

runkowości prowadzi go do założeń całkiem dowolnych. Ażeby n. p. wyjaśnić zagadnienie, postawione jeszcze przez Normana, dlaczego igła magnetyczna, umieszczona na pływaku na powierzchni wody, jakkolwiek ustawia się w kierunku południka magnetycznego, jednak nie przesuwa się ku północy, pomimo jej przyciągania, przyjmuje Gilbert, że w tym przypadku siła „kierunkowa“ jest większa i ma przewagę nad siłą przyciągania. Również uważa, że igła inklinatora w południku ustawia się skośnie tylko pod wpływem siły kierunkowej. Do pojęcia momentu obrotowego Gilbert nie dochodzi, pomimo że znane mu są zjawiska odpychania i przyciągania biegunów magnetycznych.

Nowy kierunek, jaki nadał Gilbert badaniom magnetycznym, ma znaczenie epokowe i dlatego datę pojawienia się prac Gilberta (1600) uważa się za początek nauki o magnetyzmie ziemskim.

5. Tymczasem liczba spostrzeżeń nad deklinacją, dokonywanych w różnych częściach świata, stopniowo wzrasta. W miarę, jak tych spostrzeżeń przybywa, komplikuje się coraz bardziej względna prostota zjawisk magnetycznych. I tak do końca pierwszego ćwierćwiecza XVII w. uważano magnetyzm ziemski za wielkość stałą i, wobec tego, nie powtarzano pomiarów tam, gdzie raz już były wykonane. Tymczasem Gellibrand wykrywa w roku 1634 w Londynie istnienie dowolnych zmian wiekowych w deklinacji. To doniosłe w skutki odkrycie skłania szereg uczonych (m. in. astronoma gdańskiego Heweljusza) do poczynienia specjalnych spostrzeżeń nad przebiegiem wiekowym magnetyzmu. W miarę doskonalenia metod pomiarów przybywa coraz to więcej nowych faktów, które coraz bardziej modyfikują pierwotny prosty obraz pola magnetycznego ziemskiego, podany przez Gilberta.

Wreszcie w r. 1682 G. Tachart wykrywa w Syjamie zmienność magnetyzmu z dnia na dzień, a 40 lat później Graham znajduje w Londynie, że deklinacja magnetyczna podlega również wyraźnym wahaniom dobowym.

Stwierdzenie zmienności okresowych (dobowej i rocznej) oraz zmienności nieokresowej wiekowej (z roku na rok) wywołało nie tylko konieczność rewizji poglądów na istotę magnetyzmu ziemskiego, ale spowodowało w praktyce znaczne

zmodyfikowanie metod pomiarów magnetycznych. Obok więc pomiarów bezwzględnych należało wprowadzić spostrzeżenia nad wahaniami elementów magnetycznych, które to spostrzeżenia, dokonywane zapomocą warjometrów początkowo przez obserwatorów, zastąpiono później (już w ostatnich czasach) aparatami samopiszącymi. Obecnie zmiany elementów magnetycznych są rejestrowane w obserwatorjach sposobem fotograficznym.

Wróćmy jednak do epoki XVII wieku. Jak już zaznaczyliśmy, Gilbert odróżniał aż 5 elementów magnetycznych. Dwa z nich, „kierunkowość“ i „ruch obrotowy“, jako nieistotne i zbyteczne, wkrótce odrzucono. Z pozostałych trzech można było obserwować tylko zboczenie i nachylenie. Co do siły przyciągania, to tej mierzyć jeszcze nie potrafiono. Dopiero przy końcu trzeciego ćwierćwiecza XVIII w. pierwsze pomiary względne natężenia pola w różnych miejscowościach wykonał Whiston, stosując metodę liczenia wahań rozkołysanej igły inklinatora. Tym sposobem została w zasadzie rozwiązana kwestja wyznaczenia pola magnetycznego ziemskiego w dowolnym punkcie, albowiem można było już mierzyć wszystkie trzy jego elementy. Pozostawało jedynie ulepszyć metody pomiarów, co też stopniowo uczynili fizycy XVIII i początku XIX wieku, Hansteen, Poisson i Gauss.

6. Wystąpienie Gaussa stanowi nowy moment zwrotny w dziejach magnetyzmu ziemskiego. Zaslugą Gaussa jest, że pierwszy podał ścisłą definicję jednostki pola magnetycznego¹⁾ (którą, na pamiątkę twórcy, nazwano jego imieniem) oraz że wypracował metodę bezwzględnego pomiaru natężenia tego pola, konstruując swój własny magnetometr (1832—1837). Metoda pomiaru Gaussa jest nawet używana do dziś dnia.

Ale najważniejszą jest jego praca pod tytułem: „Ogólna teoria magnetyzmu ziemskiego“ (1838). W pracy tej Gauss nie ujmuje wszakże zagadnienia magnetyzmu ziemskiego z punktu widzenia fizykalnego, lecz poddaje analizie matematycznej zebrany materiał, gdyż chodzi mu o przedstawienie ogólnego rozkładu magnetyzmu na powierzchni Ziemi. Tą drogą zamierzał Gauss dać pewne podstawy do właściwej teorii pola.

¹⁾ 1 Gauss = $\Gamma = 100.000 \gamma$ i w układzie CGS ma wymiar $cm^{-\frac{1}{2}} g^{\frac{1}{2}} sek^{-1}$.

Bieg myśli w teorii Gaussa jest mniej więcej następujący. Rozważmy element pola, rozłożony na trzy wzajem prostopadle składowe, n. p. w kierunkach astronomicznych: północnym, wschodnim i nadiru. W przypadku, gdy w grę nie wchodzi siły natury elektromagnetycznej, możemy powiedzieć, że pole magnetyczne ziemskie posiada potencjał¹⁾, t. zn., że składowe pola X, Y, Z w kierunkach trzech osi x, y, z dają się wyrazić jako pochodne względem spólrzędnych jednej i tej samej funkcji V , zwanej potencjałem:

$$X = \frac{dV}{dx}, \quad Y = \frac{dV}{dy}, \quad Z = \frac{dV}{dz}.$$

Z prawa Coulomba wynika, że siła f , z jaką oddziaływa masa magnetyczna na biegun jednostkowy z odległości ϱ , jest $f = \mu/\varrho^2$. Jednak mas magnetycznych, które powodują pole ziemskie, jest nieskończenie wiele, i ich łączny wpływ wyrazi się całką:

$$V = - \int \frac{d\mu}{\varrho}.$$

Ale rozmieszczenie mas magnetycznych wewnątrz Ziemi nie jest wiadome, znane są tylko własności pola na jej powierzchni. Otóż z teorii Gaussa wynika, że dla wyznaczenia potencjału w jakimkolwiek punkcie kuli ziemskiej (n. p. w punktach przecięcia równoleżników z południkami) nietylko nie są potrzebne wiadomości o rozmieszczeniu mas magnetycznych w jej wnętrzu, ale nawet zbędne jest przyjmowanie hipotez co do jakichś magnesów centralnych w środku kuli ziemskiej.

Ponieważ rozważania dotyczą rozkładu na powierzchni kuli (za jaką Gauss przyjmuje Ziemię), więc najlepiej jest wyrazić potencjał V w funkcji spólrzędnych sferycznych: długości geograficznej λ , odległości biegunowej ψ (przyczem $\psi = 90^\circ - \varphi$) i promienia r .

Potencjał V przedstawia Gauss zapomocą szeregu:

$$V = \frac{R^3}{r^2} P' + \frac{R^4}{r^3} P'' + \dots + \frac{R^{n+2}}{r^{n+1}} P^{(n)},$$

gdzie R jest promieniem Ziemi, a $P^{(n)}$ pewnym zbiorem funkcj kulistych n -tego stopnia spólrzędnych λ i ψ :

¹⁾ Terminu tego Gauss jeszcze nie używa.

$$P^{(n)} = g^{n,0} P^{n,0} + \sum_{m=1}^n (g^{n,m} \cos m \lambda + h^{n,m} \sin m \lambda) P^{n,m}.$$

Spółczynniki liczbowe $g^{n,0}$, $g^{n,m}$, $h^{n,m}$ są to tak zw. „elementy teorii magnetyzmu ziemskiego“ i są otrzymywane z obserwacji.

Tak zw. „pierwszy wyraz szeregu“, P' , ma postać:

$$P' = g^{1,0} \cos \psi + g^{1,1} \sin \psi \cos \lambda + h^{1,1} \sin \psi \sin \lambda,$$

przyczem $g^{1,0}$, $g^{1,1}$, $h^{1,1}$ są składowymi momentu magnetycznego Ziemi wzdłuż osi x , y , z .

Kładąc na λ i ψ wartości liczbowe, odpowiadające obserwacjom, oblicza się rozkład magnetyzmu na kuli ziemskiej.

W ten sposób otrzymuje się wyrażenie składowych pola dla dowolnego punktu w przestrzeni, a biorąc przypadek szczególny, gdy $r=R$, otrzymuje się rozkład magnetyzmu na powierzchni Ziemi:

$$X = - \sum \frac{dP^{(n)}}{d\psi}, \quad Y = \frac{1}{\sin \psi} \sum \frac{dP^{(n)}}{d\lambda}, \quad Z = \sum (n+1) P^{(n)}.$$

Nawiasem należy zaznaczyć, że zmianę pola wraz z wysokością starano się już zbadać na początku XIX stulecia. I tak Gay Lussac i Biot w r. 1804 obserwowali w balonie do wysokości 4000 *m* czas wahania magnesu, jednak z powodu kołysania się balonu pomiar nie dał wyników. W r. 1907 Brückmann wykonał pomiar natężenia pola w Alpach Berneńskich (w masywie Jungfrau) i okazało się, że spadek natężenia pola wynosi 10 γ , zgodnie z teorią, która przewidywała 9 γ . Spadek wraz z wysokością jest więc bardzo niewielki i wynosi około $\frac{1}{1000}$ pola na każde 2 *km* wzniesienia.

Z teorii Gaussa wynikają następujące zasadnicze wnioski. Kula ziemską posiada tylko dwa bieguny magnetyczne, po jednym na każdej półkuli¹⁾. W epoce, do której odnoszą się rachunki Gaussa (1830 r.), położenia biegunów były:

Na półkuli północnej: $\varphi = 73^{\circ} 35' N$, $\lambda = 95^{\circ} 39' W$,

Na półkuli południowej: $\varphi = 72^{\circ} 35' S$, $\lambda = 152^{\circ} 30' E$.

¹⁾ „Bieguny“ definiuje Gauss jako punkty na powierzchni ziemi, w których składowa pozioma magnetyzmu jest równa zeru. „Bieguny“ te nie odpowiadają więc pojęciu biegunów magnesu, które uważa się za pozorne siedlisko sił magnetycznych i umiejscawia we wnętrzu magnesu w odległości $\frac{1}{6}$ od końców. Właściwe bieguny magnetyczne ziemskie leżą oczywiście we wnętrzu Ziemi.

Bieguny te nie leżą na jednej średnicy, Ziemia jest więc namagnesowana w ten sposób, że jej oś magnetyczna i oś obrotu tworzą dwie proste wchrowate, t. zn. oś magnetyczna jest równoległa do pewnej średnicy, która z osią obrotu tworzy kąt (przeszło 12°) i przecina powierzchnię ziemi w punktach:

Na półkuli północnej: $\varphi = 77^\circ 50' N$, $\lambda = 63^\circ 31' W$,

Na półkuli południowej: $\varphi = 77^\circ 50' S$, $\lambda = 116^\circ 29' E$.

Natężenie średnie pola na równiku magnetycznym wynosi około $0.33 I$, a więc moment magnetyczny kuli ziemskiej względem osi wynosi:

$$M = 0.33 \cdot R^3 = 8.5 \cdot 10^{25} I \cdot \text{cm}^3.$$

A ponieważ objętość ziemi wynosi $1.08 \cdot 10^{27} \text{ cm}^3$, więc „magnetyzm właściwy“ kuli ziemskiej, w założeniu równomiernego namagnesowania, wynosi 0.079 . W porównaniu z magnetyzmem stali (około 750 jedn. CGS) namagnesowanie Ziemi jest, jak widać, stosunkowo słabe. Obrazowo mówiąc, jest ono takie, jakgdyby w każdym metrze sześciennym globu znajdowały się po 4 kilogramowe magnesy stalowe, namagnesowane do stanu nasycenia i zwrócone wszystkie w jednym kierunku. Podobne pole miałyby również kula z miękkiego żelaza o promieniu 243 km , namagnesowana do stanu nasycenia.

Teorja Gaussa ustaliła więc ostatecznie ilość biegunów magnetycznych Ziemi. Biegunów tych jest dwa, tak jak to przypuszczał Mercator, a nie cztery, którą to liczbę przyjmowali Hansteen i Halley¹⁾.

Pozatem, ponieważ bieguny te nie leżą na jednej średnicy, a nadto, ponieważ linje ekwipotencjalne (jednakowego potencjału) na powierzchni Ziemi nie są kołami, lecz mają podobny kształt, jak izodynamy (linje jednakowych natężeń) składowej pionowej i izokliny (rys. 12), więc stąd wypływa wniosek, że pole magnetyczne ziemskie nie jest polem jakiegoś jednego magnesu, umieszczonego centralnie we wnętrzu ziemi, ani też polem kuli jednorodnej. Wszakże jest rzeczą nie-

¹⁾ Wyjątek, ale tylko pozorny, stanowi rozkład zboczenia magnetycznego; mianowicie, ponieważ zboczenie liczy się względem południków astronomicznych, więc prócz dwu biegunów rzeczywistych powstają na biegunach astronomicznych dwa bieguny magnetyczne pozorne, jako punkty zbieżności izogon (rys. 11).

wątpliwą, że, tak jak poniekąd przewidywał już Gilbert, przeważna część tego pola pochodzi z wnętrza Ziemi.

W jaki sposób pole magnetyczne jest rozmieszczone wewnątrz Ziemi, tego teoria Gaussa nie rozpatruje i to rozmyślnie. Bo właśnie z tej teorii wynika, że dany rozkład pola na powierzchni ziemi może być wywołany dowolnie wielką ilością rozmaitych sposobów rozmieszczenia mas wewnątrz. Mogą więc być, zamiast jednego magnesu, dwa symetrycznie względem środka umieszczone magnesy. To samo pole może



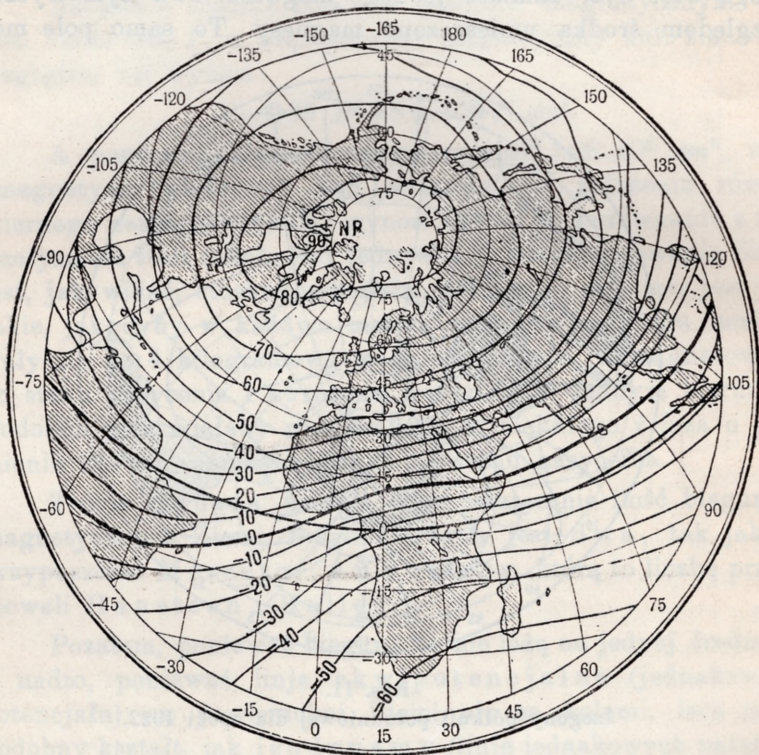
Rys. 11.

Izogony półkuli południowej dla epoki 1922.

być spowodowane przez dwa magnesy skrzyżowane. Wreszcie można sobie wyobrazić nieskończenie wiele magnesów, rozsianych po całym wnętrzu globu i skierowanych pod odpowiednimi kątami względem osi. Zależność pomiędzy polem magnetycznym na powierzchni Ziemi i w jej wnętrzu jest więc „wieloznaczna“ i na jej podstawie nie można wnioskować o rozkładzie mas magnetycznych wewnątrz Ziemi.

W ciągu XIX wieku metody pomiarów zostały tak udoskonalone i materiał obserwacyjny, zdobywany na kontynen-

tach i oceanach, tak wzrósł w liczbę, że pozwoliło to znacznie rozszerzyć obszar, według którego można byłoby opracować rozkład metodą Gaussa. (Gauss w pracy swojej uwzględnił tylko obserwacje z pasa równoleżnikowego o szerokości 7 stopni geogr.). Zadania tego dokonali Neumayer (1891) oraz A. Schmidt (1899), do niedawna dyrektor Obserwatorium Magnetycznego w Poczdamie. Badacze ci uwzględnili przytem



Rys. 12.
Izokliny dla epoki 1922.

czynniki, których Gauss nie brał jeszcze pod uwagę, a więc elipsoidalny kształt Ziemi zamiast kuli, poza tem Schmidt poddał rewizji pogląd, jakoby pole magnetyczne ziemskie posiadało potencjał (przyczem wykazał, że istotnie część sił magnetycznych może nie posiadać potencjału). Wreszcie udoskonalił metody matematyczne opracowania, uwzględniając dalsze

wyrazy szeregu. (Gauss n. p. uwzględnił tylko 24 spółczynniki, a Schmidt doszedł do 63).

Z badań Schmidta wynika, że około $\frac{1}{40}$ sił magnetycznych powinno być wywołane przez zjawiska, odbywające się nazewnątrz Ziemi. L. A. Bauer otrzymuje, na podstawie nowszego materiału, 3% sił magnetycznych zewnętrznych. Jednak poszukiwania, w tym kierunku prowadzone, dają naogół wyniki rozbieżne i dotychczas nie zdołały w sposób dostatecznie przekonujący stwierdzić istnienia tych sił.

7. Analiza fizyko-matematyczna tak złożonego tworu, jakim jest pole magnetyczne ziemskie, pozwala, przez rozdzielanie poszczególnych zjawisk i ich osobne traktowanie, posunąć się o krok naprzód w wyświetlaniu zagadki pola.

Zarówno szczegółowe rozpatrzenie rozkładu przestrzennego na Ziemi, jak i wahań magnetyzmu w czasie, doprowadzają do jednego zasadniczego wniosku, że pole ziemskie składa się z dwóch odrębnych pól składowych, różnych pod względem pochodzenia i charakteru: z pola stałego, mającego swe siedlisko we wnętrzu Ziemi, oraz z pola zmiennego w czasie, a spowodowanego przez zjawiska, odbywające się poza obrębem właściwej Ziemi, a więc przeważnie w atmosferze.

Pole „stałe“ ulega tylko nieznacznym, a przytem bardzo powolnym zmianom wiekowym, o których będzie mowa w części II artykułu. Pole to z kolei można rozłożyć na: pole przestrzennie prawidłowe oraz na dodatkowe pola zakłócające. Pole „prawidłowe“ czyli normalne odpowiada mniej więcej polu namagnesowanej kuli, której biegun magnetyczny południowy znajdowałby się w punkcie: $\varphi=78^{\circ} 32' N$, $\lambda=69^{\circ} 08' W_{Gr}$. Moment magnetyczny tej normalnej części pola wynosi $0.323.R^3$. Magnetyzm ten jest tej wielkości, że dla jego wywołania byłby potrzebny prąd elektryczny, płynący stale ze wschodu na zachód, którego natężenie w szerokościach średnich wynosiłoby około 0.5 ampera na cm^2 przekroju.

Pola zakłócające, nakładające się na pole normalne, można wyznaczyć, kreśląc, za przykładem Bezolda, izanomalie, t. zn. krzywe jednakowych odchyień od pola normalnego. Z badań Bezolda, a potem L. A. Bauera i innych, wynika, że potencjał pola normalnego przebiega równoległe z sinusem szerokości geograficznej oraz z pierwszym wyrazem P' zbioru $P^{(n)}$

funkcyj kulistych. Natomiast anomalje, będące odchyleniami od tego pola, składają się na dość złożone pole dodatkowe, posiadające nie mniej, niż 8 biegunów. Z opracowania licznych zdjęć magnetycznych, dokonanych w ciągu szeregu lat przez amerykańską Carnegie Institution, wynikałoby, że Ocean Spokojny, Afryka i Europa mają więcej magnetyzmu południowego, są więc „silniej namagnesowane“, natomiast Atlantyk południowy i Azja Środkowa są bardziej „północne“. Wszystkie te anomalje wchodzą w dalsze wyrazy rozwinięcia szeregu Gaussa.

Pole normalne wraz z anomaljami tworzy wspomniane pole „stałe“, wewnętrzne. Środek jego znajduje się w odległości 300 km od środka geometrycznego Ziemi i przesunięty jest względem niego w kierunku punktu $\varphi = 10,5^\circ N$, $\lambda = 168,5^\circ E$ na powierzchni Ziemi.

Co dotyczy pola zewnętrznego, to jest ono bardzo zmienne: w sposób okresowy (wahania dobowe i roczne) i nieokresowy (niepokoje magnetyczne i zakłócenia), a podczas silnych burz magnetycznych natężenie jego może wzrosnąć do 10-krotnej wartości normalnej. Pole to jednak stanowi tylko małą część całkowitego pola ziemskiego. Według jednych wynosi ono zaledwie 1—2%, według innych około 6%, przy czym w połowie składa się z pola, mającego potencjał, a w połowie bez potencjału. Ta niedokładna znajomość tej części pola pochodzi stąd, że w obliczeniach współczynników rozwinięcia nie posiadamy danych magnetycznych, a które stanowią (licząc od szer. 60°) około $\frac{1}{7}$ powierzchni globu. Skutkiem tego współczynniki funkcj kulistych nie są od siebie niezależne i wynik opracowania pola dla całej Ziemi jest obciążony pewnym błędem.

Teorię pola magnetycznego stałego i pola zewnętrznego oraz wyjaśnienie zmian wiekowych, wahań okresowych i zakłóceń magnetycznych według współczesnych poglądów podamy w II części artykułu.

LITERATURA.

1. Gutenberg B. Lehrbuch der Geophysik. Abschnitt X: Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht von J. Bartels. Berlin, 1926.
2. Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik, II Aufl. V. Bd. I Hälfte. Physik der Erde. VI Kap: Der Erdmagnetismus von A. Nippoldt. Braunschweig, 1928.
3. Schmidt A. Erdmagnetismus. Enzykl. d. Math. Wiss., Bd. VI, I, B. Leipzig, 1918.
4. Nippoldt A. Erdmagnetismus, Erdstrom und Polarlicht. III Aufl. Berlin, 1921 (wyd. popularno naukowe).
5. Maurain Ch. Physique du Globe. Coll. A. Colin. Paris, 1923.
6. Schmidt A. Gauss als Physiker, insbesondere als Erdmagnetiker. Bericht üb. die Tätigkeit d. Preuss. Met. Inst. im J. 1927. Berlin, 1928.
7. Boehm E. Die Lehre vom Erdmagnetismus begründet von William Gilbert, 1600. Verl. R. Voigtländer. Leipzig.
8. Bauer L. A. „Our Earth a great Magnet“. Journ. of the Franklin Inst. May, 1916.

Lwów, w styczniu 1929 r.

G. POLUSZYŃSKI.

Hodowla tkanek.

(Tablice II—III).

Usiłowania utrzymania przy życiu tkanek poza organizmem podejmowano niejednokrotnie, dopiero jednak doświadczenia nad eksplantacją tkanki nerwowej żaby, dokonane przez Harrisona¹⁾ w 1907 r., sprowadziły je na właściwą drogę. W krótkim stosunkowo czasie opracowano precyzyjne metody (Burrows, Carrel, Fischer i inni), dzięki którym nietylko można zachowywać przy życiu tkanki poza organizmem, lecz można je przez nieograniczony czas hodować w czystych kulturach — pewien szczep fibroblastów (komórek tkanki łącznej) hodowany przez Carrela liczy obecnie 17 lat wieku. Tak ze względu na różną metodykę, jako też na różne znaczenie badawcze, należy odróżnić sposoby, zachowujące eksplantowane tkanki jakiś (zwykle krótki) czas przy życiu, od metod, pozwalających na ich nieograniczoną w czasie hodowlę. Pierwsze z nich posługują się środowiskiem ochronnym tylko, które pozwala komórkom trwać jakiś czas przy życiu na koszt substancyj w nich samych zawartych, drugie natomiast — a są to właśnie metody hodowli w ścisłym znaczeniu — dostarczają komórkom eksplantowanej tkanki substancyj potrzebnych do nieograniczonego trwania.

Najczęściej używanem środowiskiem hodowlanem jest osocze krwi zwierzęcia, którego tkanki są przedmiotem kultury, zmieszane z wyciągiem tkanek zarodkowych tegoż gatunku²⁾.

¹⁾ Pod eksplantacją rozumiemy przeszczepianie części organizmu (niekiedy całego zarodka) do środowiska martwego, nie zaś na inny żywy organizm, jak to się dzieje podczas transplantacji.

²⁾ Niekiedy z równie dobrym skutkiem można stosować środowisko różnogatunkowe.

Krew pobiera się znanymi, a różnymi zależnie od gatunku zwierzęcia metodami, unikając tworzenia się skrzepów. Ciałka krwi oddziela się od osocza przez centryfugowanie. Wyciąg embrjonalny sporządza się najczęściej z zarodków kury. Jaja, które znajdowały się w inkubatorze 4—7 dni, otwiera się, wyjmując z nich zarodki, przemywa płynem Ringera¹⁾ i kraje na szkiełku zegarkowym na bardzo drobne kawałeczki (względnie miażdży się je w inny sposób). Uzyskaną tą drogą miazgę centryfuguje się, a oddzielający się od masy rozgniecionych tkanek, nieco śluzowaty i lekko opalizujący płyn jest już gotowy do użytku. Tkanę do hodowli należy pobrać w sposób aseptyczny i pokrajać na bardzo drobne kawałeczki (średnica około 1 mm). Zakładanie hodowli odbywa się najczęściej w ten sposób, iż umieszcza się na szkiełku nakrywkowym kropelkę osocza, rozprowadza się ją tak, aby zajęła przestrzeń 10—15 mm w średnicy, następnie daje się kawałeczek tkanki i kropelkę wyciągu embrjonalnego. Po dokładnem wymieszaniu osocza i wyciągu, przykrywa się szkiełko nakrywkowe, możliwie szybko (parowanie!) szkiełkiem podstawowym posiadającym odpowiednie wgłębienie, a którego brzegi posmarowano poprzednio wazeliną. Po minucie ulega środowisko hodowlane koagulacji, wtedy odwraca się szkiełko podstawowe i otacza brzegi nakrywkowego ramką z parafiny. Założoną w ten sposób hodowlę umieszcza się w temperaturze, odpowiadającej ciepłocie zwierzęcia, które dostarczyło tkanki. Po 48 godzinach należy kulturę, celem izolowania jej od szkodliwego wpływu produktów przemiany materji, przeszczepić do świeżego środowiska. W tym celu, po podniesieniu szkiełka nakrywkowego, wycina się z rozrośniętej tymczasem hodowli kawałeczek (względnie kilka kawałków) tkanki, przepłukuje w płynie Ringera i umieszcza w nowem środowisku. Wykonywując wszystkie podane wyżej zabiegi dokładnie i w sposób ściśle aseptyczny, można uzyskać z pewnych przynajmniej tkanek hodowle potencjalnie nieśmiertelne.

W udanej kulturze tkanki nie tylko zachowują świeży i właściwy sobie wygląd, lecz wykazują znaczny i szybki

¹⁾ Płyn Ringera: na 100 cm wody destylowanej 0.7 g NaCl, 0.025 g KCl i 0.3 g CaCl₂.

przyrost; jego tempo jest najlepszym wykładnikiem stanu hodowli. Można je mierzyć w ten sposób, że w godzinę mniej więcej po założeniu kultury rysuje się jej kontur przy pomocy aparatu projekcyjnego raz, drugi zaś raz po upływie 48 godzin. Różnica otrzymanych w ten sposób powierzchni jest miarą przyrostu bezwzględnego, iloraz zaś miarą przyrostu względnego.

Tkanki zwierząt ciepłokrwistych mogą żyć, a nawet rosnąć czas jakiś w temperaturach niższych, dlatego przy oglądaniu hodowli pod mikroskopem nie potrzeba naogół używać żadnych urządzeń do ogrzewania. Skutkiem osłabienia w niższych temperaturach tempa przemiany materji zmniejsza się nietylko zużycie środków pokarmowych, lecz także ilość zatruwających środowisko produktów przemiany, mogą więc hodowle tkanek w niższych temperaturach pozostawać dłuższy czas bez przeszczepiania. Trzymane w temperaturze pokojowej i w ciemności (światło przyspiesza wybitnie wzrost, działa wogóle jako katalizator funkcj życiowych) hodowle można przeszczepiać tylko co trzy tygodnie, po każdym jednak przeszczepieniu należy umieścić je na 24 godziny w termostacie. Dzięki tej właściwości hodowanych tkanek można je przesyłać na znaczną odległość (Carrel przysłał swój 17-letni szczep fibroblastów Fischerowi z New-Yorku do Berlina).

Wygodniejszą od hodowli na szkiełkach nakrywkowych jest metoda hodowli w t. zw. szalkach Carrela. Są to małe, płaskie i okrągłe naczynka szklane, opatrzone jedną lub dwiema szyjkami. Używane przy hodowli w szalkach środowisko składa się z części stałej i płynnej. Stałą stanowi rozproszona na dnie szalki warstewka osocza, w której przed jej skrzepnięciem umieszcza się eksplantat. Po skrzepnięciu zaś dodaje się części płynnej w postaci rozcienczonego ekstraktu embrjonalnego, poczem się szyjki zamyka aseptycznie gumowymi balonikami. W tych warunkach tkanki mogą rozrastać się normalnie w ciągu kilku tygodni bez przeszczepiania, trzeba tylko zmieniać płyn odżywczy w ostępach od 2—3 dni, a uskutecznia się to przez szyjkę przy pomocy pipety.

Przy hodowli tkanek ludzkich używa się środowiska złożonego z osocza krwi człowieka i wyciągu tkanek ludzi dorosłych lub embrjonów. Wyciągi sporządza się, zadając drobno

pokrajaną tkankę równą ilością płynu Ringera i umieszczając na przeciąg 24 godzin na lodzie. Następnie centrifuguje się i zbiera płyn pipetą. Tkanki mogą pochodzić z trupów.

Przedstawione metody nie wyczerpują całości technicznej strony hodowli tkanek, pozwalają jednak zorientować się co do jej istoty. Warto jeszcze wspomnieć o tem, że przy badaniu tkanek drogą hodowli można stosować t. zw. metody mikrurgiczne. Polegają one w zasadzie na tem, że przy pomocy aparatu zwanego mikromanipulatorem można, używając dowolnego powiększenia mikroskopowego, dokonywać w komórkach, umieszczonych w wiszącej kropli, najrozmaitszych zabiegów operacyjnych odpowiednio precyzyjnymi mikroinstrumentami. Szkiełko nakrywkowe z kroplą, zawierającą przedmiot badany, umieszcza się w komorze wilgotnej, która może być elektrycznie ogrzewana.

Kultury tkanek można każdej chwili oglądać pod mikroskopem, przy czem można się posługiwać barwieniem witalnem, można je fotografować i filmować, można je wreszcie utrzymywać, krajać i barwić.

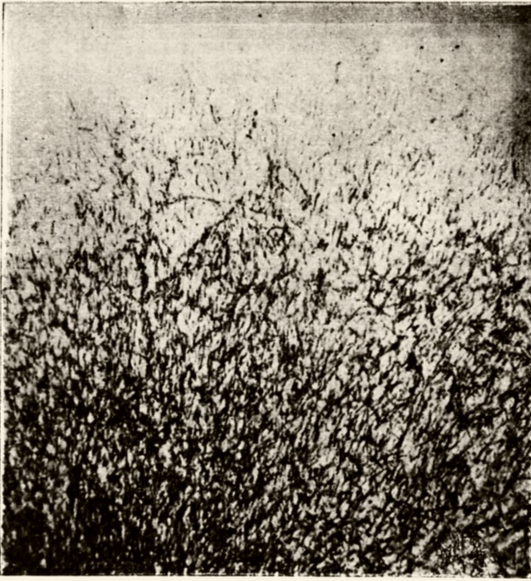
Hodować można tkanki najrozmaitszego pochodzenia. Najczęstszym materiałem hodowlanym były dotychczas zarodkowe tkanki kury, pozatem hodowano tkanki przedstawicieli wszystkich grup kręgowców, od minoga począwszy, a także tkanki człowieka. Również niektóre zwierzęta bezkręgowce dostarczały materiału do eksplantacyj, jak np. wypławki, skorupiaki, owady.

W jakiś czas po umieszczeniu transplantu w środowisku hodowlanem zaczyna się w jego partji brzeżnej proliferacja komórek. Pierwszym jej przejawem jest zazwyczaj pojawienie się na brzegu transplantu delikatnych niteczek, które, powiększając się i grubiejąc, ciągną za sobą komórki. W ten sposób coraz więcej ich przenika kolejno do środowiska, otaczając eksplantat szerszym lub węższym pasem, t. zw. strefą inwazji. Ruchy komórek po przeniknięciu do środowiska stają się szybsze, a odbywają się tylko wzdłuż pewnych ciał stałych np. włókien fibryny w skrzepie osoczu. Szybkość ruchu zależy w wysokim stopniu od warunków utleniania, typ zaś jest przeważnie wyraźnie pełzakowaty. Równocześnie z wędrówką komórek rozpoczynają się podziały mitotyczne. W ten sposób

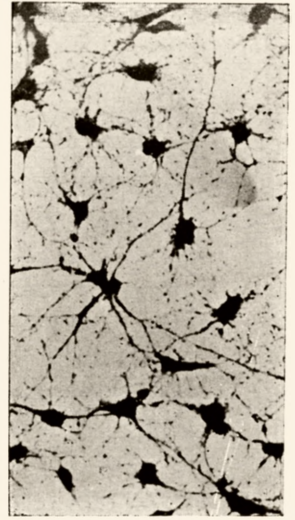
strefa inwazji rośnie w tempie różnem zresztą dla różnych rodzajów tkanek: w hodowlach fibroblastów powierzchnia kultury podwaja się już w ciągu 48 godzin, podczas gdy nabłonek tęczówki np. potrzebuje w tym celu 72 godzin. Tempo wzrostu hodowli wykazuje ścisłą zależność od temperatury i ciśnienia osmotycznego: wyższe temperatury i środowiska hipotoniczne działają przyspieszająco.

Dla ścisłych badań biologicznych odpowiednie niż eksplantaty, złożone z rozmaitych elementów komórkowych, są czyste kultury, zawierające jeden tylko rodzaj komórek. Można je czasem uzyskać przez pobranie z organizmu komórek wyłącznie jednego typu; droga to jednak rzadko dostępna, gdyż tkanki organizmu zawierają przeważnie różne rodzaje komórek. Łatwiejszą jest metoda fizjologiczna, polegająca na właściwości pewnych komórek wypierania w hodowli innych elementów komórkowych. Można wreszcie posługiwać się dla oczyszczenia kultury sposobami mikrurgicznymi lub działaniem promieni pozafiołkowych. W tym ostatnim przypadku przykrywa się grupę jednorodnych komórek kropelką rtęci, resztę zaś hodowli zabija się przez naświetlenie w ciągu 5–10 minut.

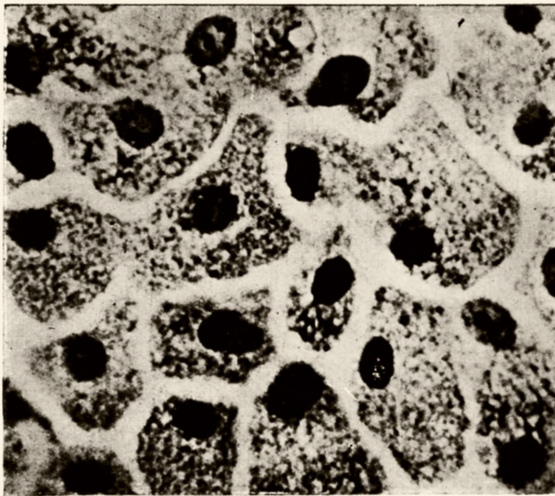
Czyste hodowle fibroblastów otrzymuje się łatwo metodą fizjologiczną z różnych eksplantatów, zawierających elementy łącznotkankowe. W kulturze rozrastają się fibroblasty w gęstą wielowarstwową sieć połączonych ze sobą komórek (Tab. II, rys. 1 i 2). W części środkowej kolistej w ogólnym zarysie hodowli, gdzie wskutek znaczniejszej grubości eksplantatu warunki odżywiania się są gorsze, zaczynają się wnet procesy degeneracji, w dostępniejszej natomiast dla obserwacji mniej grubej warstwie brzeżnej można śledzić wędrówkę komórek w kierunku promienistym nazewnątrz. Szybkość ruchu w danych warunkach jest stałą (w pewnych doświadczeniach Carrela i Ebelinga wynosiła 33μ na minutę). Widać wybitną polaryzację komórek, tylko bowiem obwodowe końce wytwarzają pseudopodja. W plazmie, płynącej w kierunku ruchu komórki, zawarte są liczne barwiące się czerwienią obojętną wakuole, zmieniające ustawicznie swe położenie. Ruchliwe są również nitkowate mitochondrja. Ilość i wygląd inkluzji cytoplazmatycznych zmienia się zresztą zależnie od różnych warunków środowiska, zwłaszcza zaś wpływających na natężenie przemiany



Rys. 1. Hodowla fibroblastów z serca kurczęcia pochodząca z liczącego obecnie 17 lat wieku szczepu Carrela. Według Ebelinga i Fischera.



Rys 2. Fibrobrasty z tkanki podskórnej kurczęcia. 2-dniowa hodowla w płynie Lockego z buljonem i dekstrozą, barwiona. Według W. i M. Lewisów.



Rys. 3. Czysta 2-miesięczna hodowla komórek nabłonkowych, barwiona. Według Fischera.

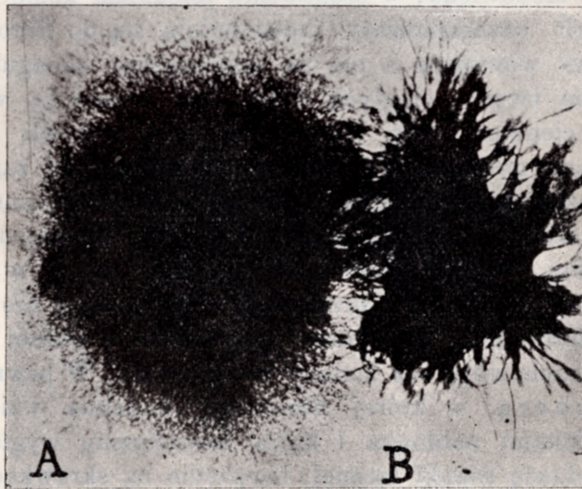
materji. Zależność morfologii komórki od jej różnych stanów fizjologicznych występuje tu w sposób nader wyraźny.

W hodowli nabłonka umieszcza się eksplantat, zawierający jedynie elementy nabłonkowe na prawie zupełnie skoagulowanej mieszaninie osocza i wyciągu embrjonalnego, a następnie dopiero dodaje się kilka kropel płynnego wyciągu (Ebeling). W takich warunkach nabłonek (Tab. II, rys. 3), rosnąc na stałej podstawie, wytwarza typowe, najczęściej jednowarstwowe błony, złożone z wielokątnych, płaskich komórek. Kształt komórek, a także typ ich wzrostu i wędrowek, zależą w wysokiej mierze od środowiska: w środowisku miękkim komórki przyjmują kształt wrzecionowaty (upodobniają się do fibroblastów), rosnąc zaś wewnątrz, a nie na powierzchni skoagulowanego osocza, nie tworzą ciągłych błon, lecz wyrastają w postaci długich i cienkich rurek. Zanieczyszczenie hodowli nabłonka fibroblastami prowadzi z czasem do zupełnego jej zagłuszenia przez te ostatnie. To właśnie zjawisko, a także wspomniana poprzednio zdolność przyjmowania kształtów wrzecionowatych, dały pochop do twierdzenia, iż nabłonek ulega w hodowli przemianie w kierunku fibroblastów. Tak jednak nie jest, nabłonek i fibroblasty hodowane obok siebie w jednej kulturze (Rys. 13) zachowują bez zmiany swoje cechy. W pewnej hodowli Fischera, w której fibroblasty zupełnie wzięły górę nad komórkami nabłonka i która zewnętrznie wyglądała na czystą hodowlę tkanki łącznej, barwienie na skrawkach wykazało wewnątrz masy fibroblastów obecność charakterystycznych cewek nabłonkowych. Nie jest więc do przyjęcia twierdzenie Champy'ego że komórki ulegają *in vitro* stałemu odróżnieniu, przebywając jakby rozwój ontogenetyczny w odwrotnym kierunku, czemu ma towarzyszyć także zanik swoistych funkcji. Nie ulega wątpliwości, że w pewnych warunkach zjawiska takie się odbywają, w warunkach jednak optymalnych czystej hodowli typ morfologiczny hodowanych komórek zachowuje się ściśle. W hodowli Fischera wspomnianej wyżej nabłonek i fibroblasty zachowały nie tylko swe cechy morfologiczne, lecz także swój typ fizjologiczny, mianowicie właściwe im reakcje barwne. Hodowle tarczycy, w których nabłonek pęcherzyków rozrasta się naogół w płaskie błony, czasami jednak tworzy typowe pęcherzyki, wypełnione koloidem (Tab. III,

rys. 1), wykazują w płynie środowiska obecność swoistego hormonu. Wreszcie w niektórych przypadkach widziano zjawisko niewątpliwego progresywnego różnicowania się (np. rogowacenie nabłonka itd.).

Wspomnieć jeszcze warto, że hodowle wielkich, jednojądrzastych leukocytów otrzymuje się metodą fizjologiczną z eksplantatu, zawierającego wszelkie rodzaje leukocytów.

Zjawiska wzrostu tkanek hodowanych *in vitro* mogą być dzięki stosowaniu pomiarów poddane ścisłej analizie ilościowej. Ponieważ zaś wzrost czystych kultur, a zwłaszcza fibroblastów,



Rys. 18.

Fibroblasty i nabłonek we wspólnej hodowli w 48 godz. po zaszczepieniu. Barwiono błękitem metylu. A — fragment 10-letniego szczepu fibroblastów.

B — fragment 2-miesięcznego szczepu nabłonka. Według Fischera.

jest zjawiskiem zależnym w sposób prawidłowy od ogółu warunków środowiska hodowlanego, stanowią tego rodzaju kultury nader czołą metodą biologiczną, pozwalającą na eksperymentalne badania warunków wzrostu komórek i tkanek. W konsekwencji prowadzi ta metoda do analizy soków organizmu ze względu na ich wartość odżywczą i zdolność podtrzymywania wzrostu, co w dalszym jeszcze następstwie prowadzi do sprecyzowania takich zagadnień, jak starzenie się i śmierć tkanek organizmu.

Wiemy już, że pewne środowiska, a mianowicie złożone z różnych soli mineralnych, mają znaczenie raczej ochronne, po krótkiej bowiem fazie początkowej proliferacji aktywność komórek zaczyna w takich środowiskach spadać gwałtownie, po czym następuje śmierć tkanki. Najwidoczniej brak tu warunków potrzebnych do podtrzymywania życia komórek. Jakim czynnikiem jednak należy w takim razie przypisać początkową proliferację? Odbywać się ona musi na koszt substancyj, zawartych w samej tkance, a uwalniających się z obumierających komórek. Nie jest rzeczą wykluczoną, że pierwszy bodziec do proliferacji może pochodzić ze strony substancyj, dostarczanych przez zranione komórki („Wundhormone“ Haberlandta). Procesy proliferacji nie zależą zatem tutaj od czynników środowiska, zasadniczą natomiast rolę odgrywa w nich t. zw. własna aktywność tkanki. Na podstawie spostrzeżeń *in vivo* stwierdzono już dawno, że tempo zablizniania się ran jest naogół odwrotnie proporcjonalne do wieku organizmu. Carrel wykazał, że przy hodowaniu tkanki embrjonalnej kurczęcia w środowisku, nie podtrzymującym wzrostu, proliferacja tkanki, pochodzącej z zarodka w dziesiątym dniu wylęgania, była w pewnym przypadku o 30% intensywniejsza, niż proliferacja tkanki w siedemnastym dniu inkubacji. Aktywność własna tkanki maleje zatem z wiekiem.

Osocze, będące jednym z dwóch składników zwyczajnego środowiska hodowlanego, nie ma zdolności podtrzymywania wzrostu komórek przez czas nieograniczony (niekiedy nawet działa wprost hamująco). Niewielka jego wartość w tym kierunku maleje proporcjonalnie do wieku zwierzęcia. W jednym z doświadczeń Carrela i Ebelinga żył eksplantat hodowany w samym osoczu trzymiesięcznego koguta przez 14 przeszczepień, w osoczu zaś trzyletniego koguta tylko przez 7. Przyczyną tego jest nagromadzenie się z wiekiem we krwi pewnych czynników hamujących. Można nawet wydzielić z osocza frakcję, do której przechodzą czynniki, pobudzające wzrost, podczas gdy w reszcie zawarte są czynniki hamujące. Przez ogrzewanie surowicy kury dziesięciomiesięcznej i sześciolatniej uzyskano w pierwszym przypadku wzrost działania czynników hamujących o 38%, w drugim zaś tylko o 16% w stosunku do surowicy nieogrzewanej. Wynika stąd: 1) substancje, podtrzy-

mujące wzrost, ulegają w tych warunkach zniszczeniu i 2) ilość ich maleje z wiekiem. Ilość surowicy w środowisku hodowlanem, złożonym z osocza i wyciągu embrjonalnego, najzupełniej na wzrost nie wpływa, osocze spełnia tu przez koagulację zawartego w niem fibrynogenu tylko rolę stałego podłoża, umożliwiającą ruch komórek, a w następstwie także ich wzrost i podział. Umieszczone w środowisku płynnym komórki zaokrąglają się i po pewnym czasie giną. Stałym podłożem dla hodowanej tkanki może być powierzchnia szkiełka nakrywkowego, wtedy jednak komórki mogą rosnąć tylko w jednej płaszczyźnie, podczas gdy w skrzepie osocza nitki włóknika pozwalają im na rozrastanie się we wszystkich kierunkach. Włóknik można zastąpić watą, pajęczyną, jedwabiem itd. Komórki w hodowli poruszają się zawsze na granicy fazy stałej i płynnej. Wprowadzony na określenie tego zjawiska termin stereotropizmu nie jest zupełnie słuszny, bo chodzi tu nie tyle o aktywne pobudzenie i reakcję, ile o proces biernej adhezji

Drugi składnik środowiska hodowlanego, wyciąg embrjonalny, odgrywa natomiast rolę istotną w procesach proliferacji tkanek. Zaczął go używać Carrel od r. 1912, kiedy to udało mu się stwierdzić, że wyciąg z zarodków, ze śledziony osobników dorosłych i pewnych nowotworów wywiera wybitnie pobudzający wpływ na wzrost fibroblastów. Później przekonano się, że wyciągi te mogą podtrzymać wzrost tkanek w sposób nieograniczony, przy czym wyciągi wyżej wymienione są niezawodne, inne natomiast mniej skuteczne. Zawarte w nich substancje czynne są niestajłej natury: osłabia je lub niszczy ogrzanie, siła ich maleje także przy dłuższem przechowywaniu w temperaturze pokojowej lub przesączeniu przez filtr Berkefelda, znika zaś zupełnie przy użyciu filtra Chamberlanda. Najbardziej zasobnym w substancje pobudzające i podtrzymujące wzrost jest wyciąg embrjonalny. Za dowód może posłużyć hodowany w środowisku, taki wyciąg zawierającym, a wspomniany już poprzednio, siedemnastoletni szczep fibroblastów Carrela. Drobnny fragment embrjonalnego serca kurczęcia nietylko przetrwał ten długi okres czasu, lecz elementy jego rozmnażały się tak intensywnie, iż otrzymano z nich zgórą 50.000 kultur. Gdyby było można, powiada Carrel, utrzymać w hodowli te wszystkie kultury, wypełniłyby one do dziś przestrzeń o wiele

większą niż kula ziemską. W każdym razie intensywność wzrostu w szczepie owym nie zmalała, a raczej naodwrot zwiększyła się.

Komórki embrjonalne potrafią tedy substancje, zawarte w jajach, względnie we krwi matki, przetwarzać na związki, z których z kolei mogą fibroblasty i wogóle hodowane tkanki wytwarzać syntetycznie składniki swej plazmy.

Usiłowania wyodrębnienia z wyciągów zarodkowych substancyj czynnych nie doprowadziły do wyraźnych rezultatów. Stwierdzono np. że substancje te przy strącaniu przechodzą do frakcji globulinowej, a w doświadczeniach z adsorbcją okazało się, że wyciąg zachowuje pełną aktywność, mimo iż połowa substancyj azotowych ulega adsorbcji. Nader ciekawe wyniki przyniosły natomiast pewne doświadczenia Carrela i Bakera. Oto wyciąg, poddany trawieniu pepsyną przez 3-5 godziny, wykazywał wybitną zdolność podtrzymywania wzrostu. Również z białka jaja kurzego można uzyskać trawieniem czynne pod tym względem produkty, najbardziej jednak aktywne substancje otrzymuje się z fibryny. Poddana hydrolizie częściowej, dostarcza fibryna substancyj, których działanie przewyższa nawet wyciąg embrjonalny. Przy ich pomocy wyhodowano w laboratorium Carrela największą z otrzymanych dotychczas kulturę fibroblastów, mierzącą 2 cm w średnicy.

Powyższe doświadczenia wskazują niedwuznacznie, iż substancyj, podtrzymujących wzrost, należy szukać pośród produktów rozpadu białka o znacznej jeszcze prawdopodobnie wielkości cząsteczek. Można zatem przypuścić (Carrel i Baker), że część przynajmniej czynnych w wyciągu embrjonalnym substancyj zawdzięcza swoje pochodzenie aktywowaniu pewnych proteolitycznych fermentów.

Jest rzeczą ciekawą, że leukocyty zachowują przez cały ciąg życia osobnika zdolność wytwarzania wielkiej ilości rozpatrywanych substancyj, pozostają zatem niejako stale na stadium embrjonalnem. Posiadają one ponad to jeszcze jedną znamioną właściwość, a mianowicie mogą rozwijać się zupełnie dobrze w samem osoczu i wytwarzać z niego owe substancje. Dowodem tego hodowle bez wyciągu embrjonalnego, a tylko w samem osoczu, w których leukocyty nie tylko rozwijały się pomyślnie, lecz także zaopatrywały w substancje odżywcze umieszczoną

obok kulturę fibroblastów. Carrel nazwał zatem leukocyty trefocytami, a wytwarzane przez nie substancje i wogóle substancje podtrzymujące wzrost — trefonami. Prawdopodobnie obok trefonów, które są pełnowartościowymi, przyswajalnymi substancjami odżywczymi, ważne znaczenie dla zjawisk proliferacji tkanek mają jeszcze pewne hormony, działające pobudzająco¹⁾.

Ciekawe są wnioski, do jakich doszedł Fischer, rozpatrując na podstawie doświadczeń hodowlanych stosunki pomiędzy komórkami w zespołach tkankowych. Wykazał on przede wszystkim, że pojedyncze komórki nie mają zdolności wzrostu i rozmnażania się, lecz ulegają po pewnym czasie rozpadowi. Podobnie jest ze zbyt małymi fragmentami tkanek. Wynika stąd, że wzrost hodowli nie jest sprawą pojedynczych, niezależnych jednostek, lecz pewnej zorganizowanej całości. Pomiędzy komórkami istnieć musi jakiś ścisły związek, który jest warunkiem wzrostu.

Połączenia między komórkami są rzeczą znaną, *in vitro* występują one niekiedy wyraźniej, niż *in vivo*. I jeżeli czasem polegają one, jak się zdaje, jedynie na przyleganiu do siebie komórek, to w innych razach ciągłość plazmatyczna jest niewątpliwa. Levi np. obserwował przechodzenie poprzez mostki plazmatyczne ziaren i mitochondrjów.

Do jakiego stopnia dochodzić może wzajemna zależność komórek, dowodzi choćby spostrzeżenie Chambersa, że po zabiciu przez nakłucie igielką jednej z dwóch połączonych ze sobą komórek, następuje natychmiast śmierć drugiej.

Piękne badania Fischera nad ilością mitoz w kulturze, przeprowadzone przy pomocy fotografowania hodowli fibroblastów w dziesięciominutowych odstępach czasu, stwierdziły, że podziały komórek odbywają się w pewnym rytmie, że fala

¹⁾ Burrows sądzi, że w komórkach wytwarza się jako początkowy produkt oksydacji pewna swoista substancja (*archusia*), która, nieczynna w słabej koncentracji, w silniejszej pobudza komórkę do przyjmowania pokarmu i do podziałów, w stężeniu zaś jeszcze większem wywołuje autolizę. Ona też powoduje powstawanie innej jeszcze substancji (*ergusia*), która, wpływając na zmianę napięcia powierzchniowego, staje się przyczyną ruchów komórki. Burrows przypuszcza, że „archusia“ odpowiada trefonom Carrel'a, a „ergusia“ w pewnej przynajmniej mierze substancjom hamującym.

podziałów narasta, to znowu opada; jednym słowem jest pod tym względem eksplantowana tkanka fizjologiczną całością. Inna znowuż serja eksperymentów tego badacza wykazała, że nietylko bodźce „mitotyczne“ przenoszą się z komórki do komórki. Umieszczone w hodowli fragmenty serc zarodków pulsują przy stałych warunkach w rytmie dla siebie charakterystycznym i niezmiennym przez dłuższy czas. Jeżeli dwa fragmenty (pochodzące nawet z różnych osobników)¹⁾ umieszczono płaszczyznami cięć zupełnie blisko siebie lub je nawet zetknięto, różny początkowo rytm obu kawałków uzgadniał się po pewnym czasie, powstawała zatem nowa fizjologiczna całość. Badanie histologiczne wykazało, że w przypadkach takich nastąpiło plazmatyczne połączenie elementów kurezliwych obu fragmentów, w przypadkach natomiast, w których pomiędzy płaszczyzny cięć wrosła tkanka łączna, oba fragmenty zachowywały swój własny rytm, bo uzgodnienie wskutek braku połączeń nastąpić nie mogło.

Lub inne jeszcze doświadczenie Fischera. Do hodowli fibroblastów, która marniała z pewnych przyczyn wewnętrznych (środowisko było zupełnie normalne), dodano fragment dobrze idącej kultury fibroblastów. Już po 24 godzinach widoczne były pewne zmiany w chorej kulturze od tej strony, z której przylegał do niej dodany fragment, w niespełna zaś 48 godzin cała hodowla przyjęła wygląd normalny i zdrowy, odmłodziła się.

Niewątpliwie tedy istnieje pewien cytotropizm, pewna wzajemna zależność komórek. Komórki nietylko podają sobie pewne bodźce, lecz odbywa się między nimi także, jak sądzi Fischer, stała wymiana pewnych substancyj. Wszystkie substancje i wogóle czynniki, które poprzez plazmatyczne połączenia przenoszą się z komórki do komórki, kontrolując i współzależniając ich czynności, nazwał Fischer desmonami²⁾.

¹⁾ Olivo uzyskał w podobnych doświadczeniach uzgodnienie rytmu fragmentów różnogatunkowych serc, a mianowicie zarodków kury i kaczki.

²⁾ Współzależność mitoz usiłuje wytłumaczyć Haberlandt istnieniem swoistych hormonów podziałowych, zaś Gurwitsch działaniem promieni mitogenetycznych. Jest rzeczą wielce prawdopodobną, że czynniki, uczestniczące w akcie podziału komórki, są natury nader skomplikowanej, narazie zagadnienia tego rozstrzygnąć jeszcze niesposób.

Zjawiska korelacji, będącej wynikiem wzajemnego oddziaływania komórek, dają się również stwierdzić w przypadkach t. zw. kontrolowanego wzrostu. Oto np. wycinki embrjonalnego jelita zaokrąglają się w hodowli w t. zw. przez Fischera „intestinalne organizmy“ zewnątrz powleczone nabłonkiem, wewnątrz zaś posiadające miąższ łącznotkankowy. Badane na skrawkach po miesięcznej hodowli, wykazują doskonały morfologiczny wygląd i zupełny brak przemieszania się elementów łącznotkankowych i nabłonkowych. Rzecz jasna, że oprócz wzajemnego wpływu komórek na siebie, wchodzi tu w grę także wzajemny wpływ różnych tkanek. Stąd fizjologiczna i morfologiczna całość, jaką taki eksplantat tworzy, tu tkwi przyczyna ograniczenia wzrostu jego składników, naogół bowiem „organizm“ taki czasami maleje. W tym kierunku otwiera się przed metodami hodowli bardzo wdzięczne pole dla badań nad wzajemną zależnością tkanek w ich wzroście i różnicowaniu się.

Ze wszystkich wyżej przytoczonych faktów wysnuwa się ostateczna konkluzja, że wzrost i rozmnażanie się komórek w tkankach zależą: 1) od czynników zewnętrznych, t. zn. od zawartych w płynie okołokomórkowym w odpowiednim stężeniu pełnowartościowych substancji odżywczych (trefonów) i pewnych hormonów i 2) od pewnych czynników wewnętrznych stale pomiędzy komórkami wymienianych. Fischer uważa, że te ostatnie (desmony) są w przeciwieństwie do hormonów i trefonów ściśle specyficzne i to nie tylko gatunkowo i rasowo, lecz nawet tkankowo (z czym jednak niezupełnie zgadza się wspomniane poprzednio uzgodnienie w hodowli rytmów serc różnogatunkowych zarodków). Tylko komórki nowotworów mogą według tego poglądu korzystać z desmonów obcych tkanek, na tem właśnie ma polegać ich zdolność przerastania różnotkankowych zespołów. Inne także zjawiska patologiczne stają się zrozumiałe w oświetleniu powyższych danych. Oto częstokroć procesy patologiczne polegają na przebudzeniu się zdolności proliferacji komórek, które długi czas były już nieczynne. Łatwo przypuścić, że bodźcem, wyzwalającym ich aktywność, mogą być trefony, wydzielane przez leukocyty i obumierające komórki. Skoro koncentracja trefonów przekroczy pewną granicę, rozpoczyna się bujanie danych komórek i związane z tem zjawiska patologiczne.

Konkluzje, wysnute z zachowania się komórek i tkanek w hodowli, przyczyniają się także niemało do wyświelenia zjawisk regeneracji, jak np. procesu zablizniania się ran. Jak bowiem z jednej strony jest rzeczą dobrze znaną nagromadzenie się wielkiej ilości leukocytów w tkankach przyrannych, tak z drugiej udało się wykazać doświadczalnie, że leukocyty wydzielają w takich razach *in vivo* substancje, które, dodane do hodowli fibroblastów, pobudzają jej wzrost. Jeżeli uwzględnimy ponad to, że leukocyty mogą pochłaniać rozpadające się tkanki, zrozumiemy łatwo ich pierwszorzędne znaczenie w procesach regeneracji; w zespole czynników, wyzwalających te zjawiska, muszą one przez wydzielanie substancji pobudzających mieć udział niepośledni. Zasadniczo podobne, choć może bardziej złożone, procesy odbywają się podczas przyjmowania się, względnie zaniku, transplantatów.

Z całokształtu przytoczonych faktów i zjawisk wyłania się w nowem świetle zagadnienie starzenia się i śmierci organizmu. Tkanki są potencjalnie nieśmiertelne; w hodowli trwają przez czas nieograniczony nie tylko tkanki zarodkowe, lecz także tkanki osobników starszych, a nawet wzięte ze świeżych trupów. Śmierć jest zatem właściwością organizmu, jako istoty żywej wyższego rzędu, jest wynikiem jego budowy i składu. Wzajemne wpływy komórek i tkanek grają tu — podobnie jak w hodowlach różnych tkanek w doświadczeniach nad kontrolowanym wzrostem — zapewne rolę główną, one ukrócają nieskoordynowaną proliferację pojedynczych składników, one wiążą je drogą korelacji w nową nadrzędną całość życiową, one jednakowoż stają się wreszcie przyczyną degeneracji i śmierci.

O zjawiskach degeneracji i śmierci w hodowlach będzie mowa niżej.

Badania przemiany materji w hodowlach są ze względu na liczne techniczne trudności dopiero w zaczątkach. Rokują jednak nadzieje niemałe, rozporządzają bowiem środowiskiem, poddajacem się dokładnej analizie, i operują zjawiskami w pojedynczych tkankach niezależnymi od procesów regulacji całego ustroju, zatem mniej zawilemi. Dla przykładu wspomnieć można o tem, że stwierdzono w przemianie węglowodanów w tkankach nie tylko utlenianie się cukru, lecz i jego rozszczepianie się

z wytwarzaniem kwasu mlekowego. Beztlenowa glikoliza jest charakterystyczną dla nowotworów. Z innych wyników ciekawym jest oznaczenie optimum stężenia jonów wodorowych: dla środowisk płynnych leży ono przy $p_H=6.8-7.0$, a dla środowisk z osoczem przy $p_H=7.4-7.8$. Wykazano wreszcie pobudzający wpływ witaminy *A* na wzrost hodowli.

Wyniki badań morfologicznych są bez porównania obfitsze, a dotycząca literatura jest już wcale pokązną. Uwzględnia ona nie tylko morfologię pewnych stanów komórki, lecz zajmuje się także wszelkimi zmianami, jakim struktura komórek ulega w przebiegu różnych procesów życiowych. Pozwala dalej charakteryzować różne typy komórek i tkanek, nie tylko na podstawie ich cech morfologicznych, lecz i właściwości fizjologicznych. Rozwiązuje wreszcie niektóre zawiłe problemy histogenezy. Według Carrela jest powstająca w ten sposób nowa cytologia — socjologją komórek, a tem samem równocześnie jedyną pewną podstawą fizjologii.

Mnogość badań w tym kierunku tłumaczy się ich względną techniczną łatwością, przeważnie bowiem nie są tu potrzebne właściwe hodowle, wystarczy obserwować tkanki „przeżywające“ w płynie ochronnym; ma jednak taka metodyka ujemną stronę: oto płyny ochronne przedstawiają w każdym razie środowisko nienaturalne i sztuczne, wskazaną jest zatem pewna ostrożność w generalizowaniu wniosków wysnutych z eksperymentów, w takich warunkach przeprowadzonych.

Kilka przykładów najlepiej uwidoczni kierunki i wyniki tej gałęzi badań nad eksplantacją.

Mikrurgiczne badania Péterfiego wykazały, że samo dotknięcie mikroinstrumentem może w cytoplazmie wywołać odwracalne przemiany w szeregu gel-sol. W fibroblastach te przemiany występują najjaskrawiej w samym miejscu zranienia, przenoszą się jednak ze słabnącą siłą i wgłąb komórki. Po wydzieleniu kropelki płynnego solu, komórka wraca do równowagi. Zranienie jądra powoduje wydzielanie się z niego pewnych substancyj, wywołujących rozpuszczanie się cytoplazmy, już nie lokalne jednak, lecz w obrębie całej komórki. Zjawisko jest nieodwracalne i komórka ginie.

Mitochondrja mają w żywej komórce najrozmaitszy kształt, łatwo ulegający zmianie pod wpływem różnych czynników:

np. zakwaszenie środowiska powoduje pęcznienie ich w małe pęcherzyki, zwiększenie zaś zasadowości kurczenie się. Normalnie są mitochondrja stale w ruchu. Levi obserwował rozpad włókienek mięsnych na twory, które identyfikuje z mitochondrjami. Uważając ten proces za odwrócenie ontogenezy, widzi on w nim dowód pochodzenia włókienek mięśniowych z mitochondrjów.

Bardzo znamionym elementem morfologicznym są wakuole. Jedne z nich zjawiają się w komórkach osłabionych — to wakuole degeneracyjne, inne zaś dokoła cząstek, ulegających strawieniu — wakuole trawienne, trzeci wreszcie rodzaj — to *organellum* komórki, t. zw. „*vacuome*“, występujący niekiedy w postaci skomplikowanego systemu kanalików. Wszystkie rodzaje wakuoli barwią się czerwienią obojętną.

Badania nad przebiegiem mitozy wykazały, że od profazy jednej mitozy do zaczęcia się przygotowań do następnej upływa od 8—12 godzin, sam zaś podział jądra ma trwać około 2—3 godzin (komórki zarodkowej tkanki łącznej kury). Tempo podziału zależy w wybitnym stopniu od temperatury: optimum 42°.

Wrzeciono podziałowe nie jest widoczne w żywej komórce w warunkach normalnych, dopiero zwiększenie kwasoty środowiska czyni je dostrzegalnym, po zobojętnieniu wrzeciono znów znika. Są to więc odwracalne zmiany w szeregu gel-sol, co może być bez szkody dla komórki kilkakrotnie powtórzone. Utworzenie się gelu powstrzymuje momentalnie przebieg mitozy i sprowadza w następstwie śmierć komórki, o ile stężenie jonów wodorowych nie zostanie w porę sprowadzone do normalnego poziomu.

Wszystkie rodzaje komórek wykazują w eksplantatach zdolność ruchu i wszystkie tworzą pseudopodja, najrozmaitszych zresztą kształtów i typów, więc np. także komórki wątroby, nabłonków jelitowych i poprzecznie prążkowanych mięśni.

Zjawiska degeneracji i śmierci komórek były po wielokroć przedmiotem obserwacji. Wystąpienie degeneracji zależy od warunków środowiska: w roztworach soli zaczyna się ono już po mniej więcej 24 godzinach, w niezmienianem natomiast osoczu dopiero po 48—72 godzinach. Tempo degeneracji zależy

od typu komórki. Zjawianie się ziarnistości i występująca w ślad za tem wakuolizacja — to znane zjawiska degeneracji. Ciekawym natomiast szczegółem jest fakt, że ziarna i wakuole nagromadzają się dokoła ciała środkowego, leżącego pośród rosnącego gwałtownie terytorjum jednolitej plazmy. W ten sposób powstaje „centrosfera“, przewyższająca niekiedy wielkością jądra. Jądro wykazuje skłonność do podziałów amitotycznych lub wielobiegunowych, czasami zaś traci sok przez wydzielenie małych jasnych pęcherzyków (jądra piknotyczne).

Zmiany, towarzyszące śmierci, zaznaczają się przede wszystkim w jądrze: karjoplazma staje się mętną i w miarę tworzenia się gelu ziarnistą, niewidoczna dotychczas błona jądrowa występuje wyraźnie, a w razie obecności barwików witalnych jąderko poczyną się barwić. Mitochondrja i wakuole, o ile były zabarwione, tracą barwę i stopniowo znikają. Od obwodu komórki ku środkowi plazma zaczyna się wypełniać drobnymi ziarenkami, nie barwiącemi się czerwienią. Skoro przemianie takiej ulegnie wszystka plazma, wtedy wszelkie ruchy ustają, a barwiki witalne barwią całą komórkę w sposób jednostajny.

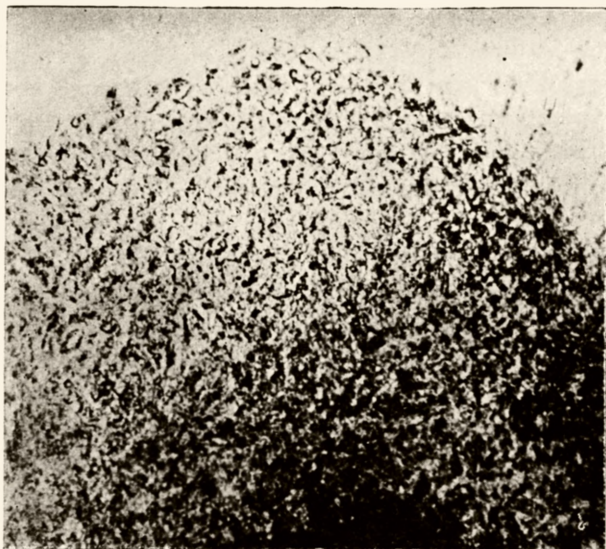
Jakie są ostateczne przyczyny degeneracji, wykryć nie łatwo, znamy jednak szereg czynników, sprowadzających te zjawiska. Brak odpowiednich substancyj odżywczych, soli i tlenu, jako też nagromadzenie się produktów przemiany i zmiana stężenia jonów wodorowych — oto najważniejsze z nich.

Z licznych spostrzeżeń nad różnemi typami komórek zasługują np. na uwagę obserwacje sposobu wzrostu, który jest częstokroć tak charakterystyczny, iż po jego formie można określić typ komórek. I tak mezenchyma i mięśnie gładkie, a także mięśnie szkieletowe (rys. 14), tworzą, rozrastając się, sieci, mięśnie sercowe gęste sieci. Jednolite błony tworzą stale elementy nabłonkowe tak ekto- jak też endodermalnego pochodzenia, a również komórki wątroby, tarczycy (czasami pęcherzyki: Tabl. III, rys. 1) i nerek. Zdolności do tworzenia stałych zespołów nie posiadają natomiast elementy krwi, węzłów limfatycznych, śledziony, szpiku i grasicy.

Nie można wreszcie nie wspomnieć o dociekaniach nad pochodzeniem elementów komórkowych krwi. To zawile zagadnienie histogenetyczne zbliża się stopniowo ku swemu rozwią-



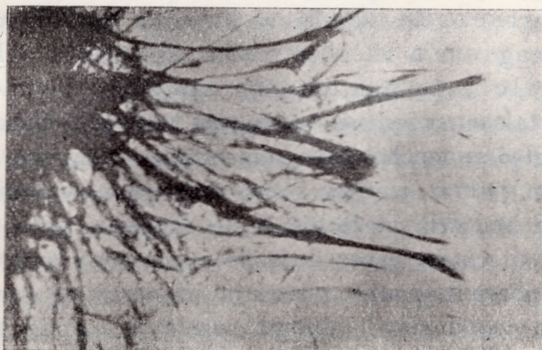
Rys. 1. 10-dniowa hodowla komórek tarczycy, pochodząca z 119 dni hodowanego fragmentu tarczycy. Według Ebelinga z Bisceglie — Juhász — Schäffera.



Rys. 2. Hodowla raka myszy, fotografowana za życia. Według Fischera.

zaniu. Według Maximowa istnieje jeden wspólny typ macierzystej „limfoidalnej“ komórki dla wszystkich elementów krwi. Te „hemocytoblasty“ opatrzone są zdolnościami wytwarzania tak fibroblastów, jak i różnych składników krwi. One również w pewnych warunkach wytwarzają t. zw. jednojądrzaste komórki eksudatowe i inne typy komórek stanów zapalnych. Pochodzenie tego rodzaju komórek było niejednokrotnie przedmiotem badań, ostatecznych jednak wyników jeszcze nie osiągnięto.

Jeżeli jeszcze wspomnieć, że nie brakło doświadczeń nad działaniem na tkanki rozmaitych ciał nieorganicznych i organicznych (co może mieć pewne znaczenie terapeutyczne), że badano również wpływ hormonów i energii promienistej —



Rys. 14.

Mięśnie szkieletowe kurczęcia. 9-dniowa hodowla w płynie Lockego z buljonem i dekstrozą. Barwiono. Według W. i M. Lewisów.

zakres zagadnień, badanych metodą hodowli normalnej tkanki zwierzęcej *in vitro*, będzie mniej więcej wyczerpany.

Inne zagadnienia, do których wyświetlenia i rozwiązania zdążają metody hodowli tkanek, dotyczą mniej lub więcej bezpośrednio zjawisk natury patologicznej i w tym bowiem kierunku metody te okazały się pewnym i skutecznym sposobem badania.

Zastosowalność hodowli tkanek do celów bakterjologicznych jest rzeczą oczywistą, zwłaszcza nadają się one do studjum chorobotwórczych bakteryj, środowisko bowiem, którem

rozporządzają, jest nader zbliżone do naturalnego. Przedewszystkiem zaś powinnyby hodowle tkanek oddać usługi w badaniu tych form, które nie dały się dotychczas w żaden sposób utrzymać w czystej kulturze. Zaczątki badań tego rodzaju już istnieją. I tak np. Plotz hodował ospę w jądrach królika przez 54 dni, po którym to czasie hodowle były zupełnie aktywne, a że ich aktywność nietylko się zachowała, ale i pomnożyła, dowiodły hodowle kontrolne. Uwagi godne są również badania Kuczyńskiego nad durem plamistym hodowanym w osoczu świnki morskiej lub mieszaninie osocza królika z surowicą świnki. Przeszczepiane w czasie od 4 do 19 dni dawały hodowle te pozytywne wyniki. W końcu wspomnieć należy, że wcale liczne są badania nad zachowaniem się prątków gruźlicy w hodowlach.

Już w początkach ery hodowli tkanek dowiedli Carrel i Ingebrigtsen, że tkanki w kulturze posiadają zdolności swoistego reagowania na obce białka (antygeny), a Levaditi i Mutermilch, że antytoksyny znajdują się nietylko we krwi, lecz także związane wewnątrz komórek. Ciekawem jest w tym względzie zachowanie się eksplantowanego fragmentu serca wobec jądów błonicy i surowicy przeciwbłonicy. Zatruta jadem hodowla może być, o ile działanie jadu nie trwało zbyt długo, uleczona przez dodanie surowicy z antytoksynami. Jeżeli natomiast naprzód zastosuje się surowicę przeciwbłonicy, potem zaś hodowlę dobrze przemyje i doda jadu, hodowla okazuje się zupełnie na jego działanie odporną. Dowód, że antytoksyny zostały związane przez żywe komórki.

Jako dalszy przykład tego rodzaju doświadczeń posłużyć mogą badania Fischera nad uodpornianiem fibroblastów przeciw wysiękowi obrzękowemu człowieka. Do kultury doświadczalnej dodano pewną ilość wysięku, następnie zaś przeszczepiono tak hodowlę doświadczalną, jako też kontrolną do środowiska, które zawierało wysięk w wysokiej koncentracji, hamującej wyraźnie wzrost komórek w kulturach normalnych. W hodowli kontrolnej wzrost ulegał osłabieniu, lub zupełnie ustawał i hodowla zamierała, w hodowli zaś doświadczalnej wzrost przybierał wyraźnie na sile.

Na specjalne podkreślenie zasługuje wreszcie fakt, że śledziona z chorej na dur plamisty świnki morskiej, hodowana w surowicy świnki, która przebyła tyfus, zachowuje w pełni

zdolność zakażenia zdrowych osobników. Aktywność tyfusu nie zostaje zatem zniszczoną przez ciała ochronne zawarte w surowicy. Inne jeszcze doświadczenia nad hodowlami tkanek przeprowadzone wskazują również na ważne znaczenie, jakie dla organizmu, poza ogólną odpornością zależną od substancyj zawartych we krwi, posiada lokalna odporność tkanek.

Próby hodowli tkanek, pochodzących ze złośliwych nowotworów, rozpoczęte prawie równocześnie z hodowaniem tkanek normalnych, przez długi czas nie dawały rezultatów zadowalających. Główna trudność wynika z proteolitycznych właściwości komórek złośliwych, sprawiających, że skoagulowana plazma środowiska ulega w krótkim czasie rozpuszczeniu, wskutek czego zrywa się związek między eksplantatem a strefą przyrostu i dalszy wzrost zostaje zahamowany. Powtarzając się po każdym przeszczepieniu zjawisko to prowadzi wrzeszczcie do zaniku kultury.

Metoda trwałej hodowli złośliwych tkanek, wynaleziona przez Fischera, opiera się na obserwowanej *in vivo* zdolności komórek złośliwych przerastania tkanek normalnych. Okazało się, że tę właściwość zachowują one także *in vitro*. Jeżeli zatem do zwyczajnie założonej i prowadzonej hodowli tkanki złośliwej doda się w pewnym momencie kawałeczek tkanki normalnej, złośliwe komórki wrastają weń szybko i we wielkiej ilości. Przeszczepiony w całości lub nawet w drobnych kawałkach, daje taki infiltrowany fragment tkanki początek nowym kulturom. Postępując w ten sposób, można w ciągu tygodnia uzyskać tak wielką ilość hodowli, że pielęgnowanie ich prerasta siły jednego człowieka. Doświadczenia swoje przeprowadził Fischer na tkankach, pochodzących z występującego u kur mięsaka (sarkomy) Rousa, i miał już szczep komórek tej sarkomy liczący 3,5 roku, wykazał zatem, że możliwym jest hodowanie komórek złośliwych w czystych i trwałych kulturach, dokonywane bowiem co jakiś czas przeszczepiania na kury dowiodły nie zmniejszonej aktywności hodowanych tkanek.

Jest faktem bardzo znamionym, iż hodowla złośliwych komórek może być wyprowadzona z jednej jedynej komórki, podczas gdy, jak wiemy, w hodowlach tkanek normalnych jest to rzeczą wykluczoną. Równie ciekawą właściwością tych komórek jest ich zdolność odżywiania się plazmą innych ko-

*

mórek, zawartych w dodanym do hodowli kawałeczku tkanki normalnej (zazwyczaj mięśnia). W pewnej serji swoich doświadczeń hodował Fischer tkankę sarkomy zgórą dwa miesiące bez najmniejszego dodatku wyciągu embrjonalnego.

Już w krótki czas po eksplantacji wywędrowują z tkanki złośliwej liczne komórki, tak iż w przeciągu niewielu godzin eksplantat otoczony jest sferą, złożoną w części obwodowej z komórek amebowatych, w przysrodkowej zaś partji wrzecionowatych, ułożonych promienisto. Tego rodzaju stosunki panują w hodowlach wszystkich prawie rodzajów tkanek złośliwych. Za właściwe komórki złośliwe ogólnie uważa się komórki amebowate. Są to elementy o bardzo zmiennej wielkości i znacznej ruchliwości. Centralna część plazmy, otaczająca jądro, jest drobnoziarnista i nie zawiera wakuoli, występujących natomiast, niekiedy nawet w bardzo wielkiej ilości, w jednorodnej obwodowej części komórki. Mitochondrja są ziarniste lub pałeczkowate, wakuole (barwiące się czerwinią obojętną) wykazują niekiedy nader dziwaczne kształty. Jądro bywa owalne lub nieregularne, bardzo zmiennych rozmiarów, w cytoplazmie często znajdują się bryłki chromatyny. Pseudopodja bywają najrozmaitszych kształtów. Podziały (także komórek izolowanych!) odbywają się głównie drogą amitozy, karjokineza jest zjawiskiem nader rzadkiem. Powstawanie więcej niż dwóch części w podziale komórki zdarza się często, obserwowano np. podział na 7 drobnych ruchliwych komóreczek. Ciekawą właściwością omawianych komórek jest ich zdolność zupełnego zlewania się po dwie lub więcej, poczem następuje rozdział na tyle oddzielnych osobników, ile uległo zlaniu się. Możliwość przypuszczać, że w ten sposób odbywa się wymiana pewnych substancyj.

Wszystkie komórki złośliwe posiadają zdolność fagocytozy (t. zn. pochłaniania stałych cząstek), a hodowane z tkankami normalnemi zagłuszają je w krótkim czasie. Ulegają im nawet fibroblasty, odznaczające się największą mocą wzrostu pośród tkanek normalnych. Komórki złośliwe biorą górę nad fibroblastami nie tylko dzięki szybkiemu tempu rozmnażania się, lecz także dzięki swym proteolitycznym zdolnościom. Pozbawione koniecznego dla siebie zrębu, ulegają fibroblasty rozproszeniu i marnieją. Te proteolityczne właściwości grają zapewne wybitną rolę w szkodliwej działalności złośliwych komórek *in vivo*.

Przemiana materji odbywa się w złośliwych komórkach w bardzo intensywny sposób, a czas ich trwania jest nader ograniczony. Ogólnie panuje przekonanie, że są to przemienione makrofagi t. zn. pewne elementy komórkowe krwi, a także tkanek, odznaczające się wybitnymi zdolnościami fagocytozy (mogą pochłaniać i trawić szczątki, a nawet i całe komórki).

Carrelowi udało się przemienić makrofagi w komórki złośliwe przez dodanie do hodowli filtratu sarkomy Rousa. Po dłuższej hodowli w szalkach i wielokrotnej zmianie płynu odżywczego, kiedy z dodanego pierwotnie przesączu nic już pozostać nie mogło, przeszczepianie na kury wywoływało nowotwory. Po dodaniu przesączu makrofagi dzielą się i rosną przez dłuższy czas normalnie, później jednakowoż zaczynają się zbijać w grupki komórek o chorobliwym wyglądem, a niektóre z nich przemieniają się w fibroblasty. Carrel wnioskuje stąd, iż wogóle makrofagi tkanek złośliwych należy uważać za chore komórki, produkujące pewne szkodliwe substancje.

Inną drogą uzyskał przemianę tkanki normalnej w złośliwą Fischer. Doświadczenia jego należą do grupy powszechnie w ostatnich czasach podejmowanych eksperymentów wywoływania złośliwych nowotworów drogą chronicznego drażnienia. W przypadkach takich działa, jak sądzi Carrel, oprócz drażnienia także pewna zmiana osocza, wywołana obecnością toksycznych produktów (np. wskutek resorpcji teru). Przy użyciu teru, a także bezwodnika arsenowego udało się właśnie Fischerowi przemienić tkankę śledziony w tkankę złośliwą. Podobna przemiana udała się również przez hodowanie śledziony w osoczu krwi kury, której przez jakiś czas wstrzykiwano dożylnie ter.

Długotrwałe hodowle tkanek rakowatych (Tabl. III, rys. 2) udało się uzyskać Fischerowi przez zastosowanie metody podobnej, co przy hodowli sarkomy Rousa. Ciekawym szczegółem tych hodowli jest fakt, że środowisko było zupełnie heterogeniczne, bo raka myszy hodował Fischer w mieszaninie osocza szczura i kury z dodatkiem wyciągu embrjonalnego kurczęcia. W tem środowisku wykazują komórki raka nader bujny wzrost, zwłaszcza jeżeli się doda kawałek tkanki, którą mogą przerastać. Może zaś nią być kultura fibroblastów kurczęcia. Zdolność komórek złośliwych do odżywiania się cu-

dzem białkiem występuje tu w sposób nader wybitny. Przeszczepiane na zdrowe myszy, wywoływały tego rodzaju hodowle powstawanie nowotworów w 100% przypadków.

Doświadczenia nad odpornością wrodzoną i nad uodpornianiem przeciwko nowotworom wykazują, że nie chodzi tu wyłącznie o specyficzne przeciwciała zawarte w surowicy krwi. Surowica może prawdopodobnie decydować o częściowej tylko odporności, n. p. może powstrzymać przerzucanie się nowotworów (tworzenie się metastaz), nie zawiera jednak ciał, któreby mogły powstrzymać wzrost samego nowotworu. Odporność zupełna jest wynikiem współdziałania czynników, zawartych we krwi i w tkankach. Z licznych doświadczeń Fischera nad sarkomą Rousa u kur wynika, że całkowita odporność jest w tym szczegółowym przypadku uwarunkowana obecnością we krwi pewnych antagonistycznych czynników, neutralizujących wydzielane przez nowotwór substancje, i odpornością tkanki na transplantację homologicznej kurzej tkanki.

Hodowle tkanek złośliwych przyczyniły się w znacznej mierze, nie do rozwiązania wprawdzie, lecz do sprecyzowania i częściowego wyświetlenia sprawy genezy nowotworów złośliwych, zwłaszcza typu sarkomy. Chociaż, co do szczegółów powstawania nowotworów, zdania są jeszcze nader różne, zdaje się przecież nie ulegać wątpliwości, że rozmaite czynniki, wywołujące nowotwory (jak np. działanie pewnych bakterij i wogóle pasorzytów, bodźce chemicznej i fizycznej natury), wywierają na komórki wpływ jednakowy, a mianowicie powodują zaburzenia w przemianie komórkowej, w następstwie czego wytwarzają się pewne swoiste substancje, mające zdolność przemieniania normalnych komórek w złośliwe.

W zakresie tkanek roślinnych nie może metoda hodowli poszczycić się równie poważnymi, co w dziedzinie zwierzęcych tkanek, wynikami. Trwałych hodowli nie można było wogóle uzyskać, udało się wprawdzie utrzymać tkanki roślinne przez jakiś czas (od kilku dni do 4 miesięcy) przy życiu, ostatecznie jednak każda kultura ginęła. Najlepszem środowiskiem okazał się agar, używano również pożywek płynnych (np. Knopa) bez lub z dodatkiem pewnych substancyj organicznych. Obserwowano w hodowli ruch plazmy, powiększanie się objętości komórek, tworzenie się ziarenek skrobi. W pewnym przypadku

zauważono wywędrowywanie komórek z eksplantatu (Chambers u dyni), przypominające analogiczne zjawiska w hodowlach tkanek zwierzęcych. Mitozy występują naogół rzadko, według Haberlanda potrzebne są do ich wywołania, jak zresztą wyżej już wspomniano, specjalne bodźce w postaci swoistych substancyj (hormonów), już to zawartych w komórkach tkanek zasadniczych, już też powstających w komórkach zranionych i obumierających. Poglądy Gurwitscha na mitozę przytoczono już poprzednio.

Jeżeli na podstawie powyższego, z konieczności fragmentarycznego i niedokładnego przedstawienia rzeczy zechcemy ogarnąć ogół zagadnień udostępnionych i poddanych badaniom doświadczalnym dzięki metodom hodowli tkanek, jeżeli zechcemy ocenić wyniki tych badań, to będziemy musieli przedewszystkiem stwierdzić, że horyzonty, jakie metody te przed biologią eksperymentalną otworzyły, są nader rozległe, a dotychczasowy dorobek wcale pokaźny. Widzieliśmy bowiem, że metody hodowli tkanek pozwalają nam innym okiem spojrzeć na komórkę, którą dotychczas oglądaliśmy przeważnie w stanie martwym, że one umożliwiają nam dokładniejsze wniknięcie w jej budowę przez wykazanie zależności różnych struktur od procesów życiowych. Widzieliśmy dalej, że dopiero dzięki hodowlom tkanek życie komórek i tkanek staje się dostępne dla badań metodami przyczynowo-analitycznymi, i to tak w swoich przejawach normalnych, jako też patologicznych. Zapewne wiele jest jeszcze punktów ciemnych, w bardzo wielu przypadkach metody, jako niezbyt jeszcze doskonałe, zawodzą, naogół jednak stwierdzić należy, że hodowle tkanek przyczyniły się do postępu nauk biologicznych już przez to samo, że stworzyły możliwość eksperymentalnego ujęcia wielu dotychczas na drodze doświadczalnej niedostępnych zagadnień, że niektóre z nich częściowo lub zupełnie nawet rozwiązały, że wreszcie w toku ich wyłoniły się nowe i istotne zagadnienia.

Z Instytutu Zoologicznego U. J. K. we Lwowie.

LITERATURA.

W następujących pracach, obejmujących całość zagadnień, związanych z hodowlą tkanek, znajdują się szczegółowe wykazy specjalnej literatury :

1. Bisceglie-Juhász-Schäffer. Die Gewebezüchtung in vitro. Berlin 1928.
 2. Lewis W. H. and Lewis M. R. Behavior of cells in tissue cultures. Rozdział w książce: E. V. Cowdry. General Cytology. Chicago 1924.
 3. Fischer A. Gewebezüchtung. München 1927.
-

S. HILLER.

Mikrurgja.

Wstęp.

W badaniach nad morfologją i fizjologją komórki dwiema możemy iść drogami: jedna z nich to obserwacja i doświadczenie, przeprowadzane na komórce żywej, druga — to badania pośmiertnego obrazu komórki, zabitej przy pomocy różnorodnych czynników fizycznych i chemicznych, jakie nam wskazuje t. zw. technika mikroskopowa.

Jest rzeczą naturalną, że w każdym przypadku staramy się wykazać badaną cechę komórki za jej życia, a tylko tam, gdzie tego zrobić nie możemy, sądzymy o istnieniu tej cechy z mikroskopowego obrazu utrwalonej i zabarwionej histologicznemi metodami komórki. Badania jednak nad żywą komórką nastęrczają szereg ogromnych trudności. Trudności te wynikają głównie ze słabego optycznego zróżnicowania większości składników protoplazmy, ponieważ mają one najczęściej bardzo zbliżony współczynnik załamania światła. Badaniom fizjologicznym stoi następnie na przeszkodzie trudność wykonania jakiegokolwiek zabiegu ręcznego na dostrzegalnej dopiero pod mikroskopem komórce. Wreszcie do niedawna nie umiano utrzymać przy życiu przez czas dłuższy somatycznych komórek istot wielokomórkowych poza organizmem macierzystym.

Duża część tych trudności została w ostatnich dziesiątkach lat usunięta. Wprowadzenie ultramikroskopu, witalnego barwienia pozwoliło na wyróżnienie i obserwowanie bez zabijania komórki szeregu składników protoplazmy, które dawniej albo nie były wcale widoczne, albo w wielu komórkach były do-

stępne do badania tylko w ustalonym preparacie mikroskopowym. Za przykład mogą służyć mitochondrja i aparat Golgiego, wykazane przy pomocy barwików witalnych. Wypracowano również metody nie tylko łatwego przetrzymywania komórek żywych, ale i hodowli ich poza organizmem macierzystym w środowisku dokładnie znanem, którego skład i właściwości możemy w doświadczeniu zmieniać i badać warunki życia komórki. Te postępy w metodach badań komórki za życia rozszerzyły znacznie zakres badań cytologicznych. Wszystkie te jednak metody nie dały jeszcze dostatecznego dostępu do komórki. Wszystko bowiem, czem byliśmy w stanie zadziałać na komórkę, po za nielicznymi wyjątkami, o których mówić będę jeszcze, polegało prawie że wyłącznie na zmianie warunków otoczenia: na zmianie mianowicie składu chemicznego i właściwości fizycznych środowiska, w którym znajduje się komórka. Nie umieliśmy natomiast ani zlokalizować działania tych czynników na dowolną część komórki, ani nie mogliśmy dostać się bezpośrednio do jej wnętrza. To spowodowało, że wiele zagadnień z biologii komórkowej, wymagających do rozwiązania takiego właśnie eksperymentu, pozostało nierozwiązanych, lub otrzymało rozwiązanie tylko hypotetyczne. Dam parę tylko przykładów. Do najważniejszych zadań w cytologii należy poznanie właściwości zewnętrznej warstwy protoplazmy komórkowej: jej właściwości fizycznych, składu chemicznego, jej zdolności przepuszczania do wewnątrz i nazewnątrz komórki wody, soli, kwasów, zasad i szeregu innych nieorganicznych i organicznych związków, a przede wszystkim tych, które stanowią z jednej strony składniki naturalnego środowiska komórki, z drugiej zaś strony składniki samej protoplazmy i podstawę materjalną jej przemiany materji i energii. Wprawdzie możemy o niektórych właściwościach zewnętrznej warstwy protoplazmy sądzić na podstawie tego, jak komórka zachowuje się po zanurzeniu jej do roztworów różnych elektrolitów i nieelektrolitów, na podstawie przebiegu zjawiska plazmolizy (zmniejszania się objętości komórki w środowisku hipertonicznem), deplazmolizy (w większości roztworów hipertonicznych komórka po dłuższem lub krótszem trwaniu stanu plazmolizy powraca do pierwotnej objętości, ten powrót nazywamy deplazmolizą), cytolizy (cytoliza polega na rozpadzie protoplazmy, jest więc

objawem obumierania komórki, lub jej części), sposobu barwienia się komórki barwnikami o różnych właściwościach fizycznych i chemicznych, wreszcie na podstawie przewodnictwa elektrycznego zawiesziny komórek.

Argumenty, zdobywane na drodze tych doświadczeń, zbudowały całą naszą wiedzę o właściwościach i funkcji zewnętrznej warstwy protoplazmy. W niewielu tylko eksperymentach, wykonanych powyższymi metodami, mamy bezpośrednie dowody na to, że badana substancja wniknęła poprzez tę warstwę do wnętrza komórki, lub też że tam wcale w odwrotnym wypadku nie przeniknęła. Są to wyłącznie prawie doświadczenia nad przepuszczalnością protoplazmy dla ciał, nie grających żadnej roli w normalnym życiu komórki, a mianowicie t. zw. barwników witalnych oraz alkaloidów; te ostatnie, dostawszy się do soku wakuoli komórki roślinnej, tworzą tam nierozpuszczalne, a dostrzegalne pod mikroskopem strąty soli z kwasem garbnikowym. Poza tem dla większości ważnych dla życia komórki substancyj, a do nich ani barwinki witalne, ani alkaloidy nie należą, wiadomości nasze o przepuszczalności błony plazmatycznej są tylko mniej lub więcej prawdopodobnymi przypuszczeniami. Dlatego byśmy mogli pewniejsze snuć wnioski o przepuszczalności protoplazmy, musimy na komórkę działać nietylko przez zanurzenie jej do badanego roztworu, ale i porównać to działanie z działaniem roztworu, wprowadzonego bezpośrednio do wewnątrz protoplazmy z ominięciem jej warstwy zewnętrznej i z działaniem roztworu, zlokalizowanem do części powierzchni komórki.

W badaniach nad fizycznymi właściwościami protoplazmy ważnem jest poznanie jej konsystencji, sposobu wiązania ze sobą różnych części komórki, i dlatego bezpośrednio mechaniczne zadziaływanie na komórkę, na poszczególne jej składniki, wyjaśnić mogą niejedną z cech budowy żywej komórki. To samo odnosi się i do badań fizykochemicznych nad protoplazmą, n. p. nad stężeniem w niej jonów wodorowych, i tutaj ważną byłaby bezpośredniość czy to pomiarów elektrometrycznych przy pomocy odpowiednio skonstruowanej elektrody wodorowej, czy też bezpośredniość działania indykatorów, używanych w kolorymetrycznej metodzie oznaczania *pH* na poszczególne składniki komórki.

By tym potrzebom bezpośredniego eksperymentu nad komórką zadośćuczynić, stworzono w ostatnich latach oddzielną gałąź metod badań żywej komórki: mikrurgję. W referacie tym przedstawić pragnę pokrótce jej historję.

Najdawniej działano bezpośrednio na komórkę fizycznymi czynnikami w badaniach nad pierwotniakami i w embriologii eksperymentalnej; stosowano mianowicie ciepło, prąd elektryczny oraz uraz mechaniczny, przeważnie dla zniszczenia całej komórki lub jej części, lub dla usunięcia jakiejś części zarodka. Zabiegi te wykonywano na dużych pierwotniakach n. p. na stentorze, na dużych komórkach jajowych i zarodkach płazów, ryb i ptaków; takie doświadczenia nie wymagały szczególnie aparatów, a tylko prostych instrumentów jak igła, nóż, nożyczki i dość dużej zręczności i wprawy eksperymentatora.

Dla większej jednak pewności i precyzji w działaniu na komórkę sporządził już w roku 1887 Chabry (2) aparat zwany rotatorem. Aparat ten składał się z kapilary szklanej o świetle, dopasowanem do wielkości komórki badanej. W świetle tem przy pomocy igły, poruszanej za pomocą specjalnego urządzenia, nakłuwał Chabry jaja płazów, mógł jednak wykonywać te zabiegi i na pierwotniakach, i na jajach jeźowców. Aparat ten w modyfikacji Kopscha (3) używany jest i obecnie do oglądania komórek i zarodków, umieszczonych w olejku goździkowym. Użyteczność rotatora dla zabiegów na żywej komórce jest bardzo ograniczona, nie można przy pomocy tego aparatu wykonać innego zabiegu jak nakłucie komórki, ruchy igłą są ograniczone do jednego tylko kierunku.

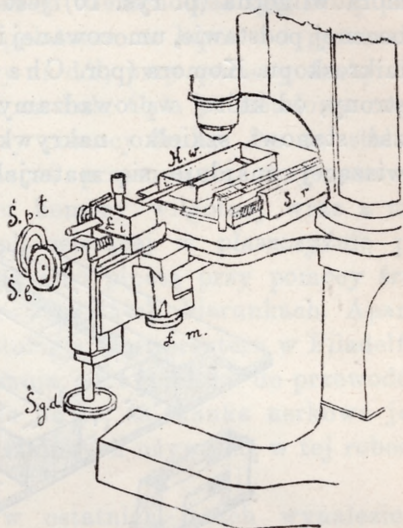
Pewien postępowanie stanowi już aparat Tschachotina (47, 48) opisany w roku 1912. Autor ten przymocowywał igłę szklaną do obiektywu mikroskopu, umieszczając jej koniec w środku pola widzenia, mógł w ten sposób, opuszczając ten obiektyw na umieszczoną poprzednio w polu widzenia komórkę, nakłuć ją igłą, posuwając zaś wobec nieruchomej igły stolik ruchomy mikroskopu wraz ze szkiełkiem podstawowem, mógł wykonać i boczne cięcia i cięcia od przodu do tyłu. Następnie sporządził Tschachotin przyrząd, służący do ściśle lokalnego działania promieniami pozafioletkowymi na ograniczoną część powierzchni komórki.

Aparat Mc. Clendona (31, 32), opisany w roku 1907 i ulepszone w 1908-mym, zbudowany został ze stolika ruchomego

mego mikroskopu; do ramienia tego stolika przymocowywał M. c. Clendon igłę albo pipetę szklaną i, poruszając śrubami stolika, przesunął narzędzie we wszystkich kierunkach w płaszczyźnie poziomej, a przy pomocy dodatkowej śruby i w kierunku pionowym. Badacz ten mógł przyrządem swoim nakłuwać i ciąć komórki oraz przy pomocy pipety wyssać płynną treść komórki, a z nią i jądro; badania te przeprowadzał na komórkach jajowych wieloszczeta *Chetopterus* i jeżowca *Arbacia*. Aparaty wyżej opisane mogą być używane przy słabych tylko powiększeniach mikroskopu, ponieważ odległość przedmiotu operowanego od obiektywu mikroskopu musi być dostatecznie duża, by zmieściła się tam pipeta lub igielka służąca do nakłuwania. Wady tej nie mają aparaty, do omówienia których przystępuję obecnie.

Pierwszym aparatem, który znalazł szersze zastosowanie, ponieważ pozwala na wykonanie wielu zabiegów na komórce żywej pod dużym nawet powiększeniem mikroskopu, był aparat Barbera (1).

Otóż Barber już w roku 1904-tym opisał przyrząd, służący do izolacji pojedynczych osobników z pośród masy bakterij¹⁾. Aparat ten był ulepszany w roku 1907, 1908, 1911 i 1914-tym i został zastosowany do bardzo różnorodnych zabiegów na komórce roślinnej i zwierzęcej. Przyrząd ten, jako

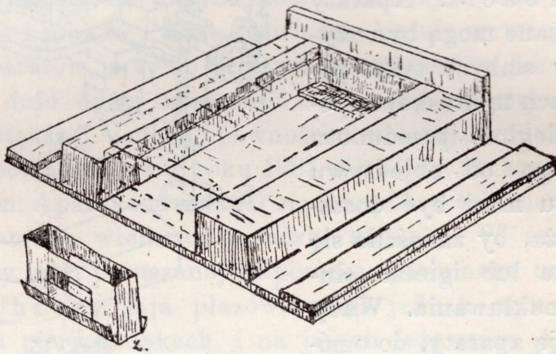


Rys. 15.

Aparat Barbera przymocowany do mikroskopu. *Kw.* — komora wilgotna, *Sr.* — stolik ruchomy mikroskopu, *Em.* — klamra, przytwierdzająca aparat do mikroskopu, *Li.* — łapki, w których umocowana jest igła i, wprowadzona do komory wilgotnej, *Spt.* — śruba, poruszająca igłę od przodu do tyłu, *Śb.* — do boku, *Śgd.* — z góry w dół, i z powrotem. (Według Chambersa).

¹⁾ Do tego samego celu służył dawniej, bo w roku 1899-tym wynaleziony aparat Van Schoutena (46), nie znalazł on jednak zastosowania do celów cytologicznych.

prototyp aparatów obecnie w mikrurgji używanych, chcę krótko opisać. Składa się on (patrz schematyczny rys. 15) z trzech zasadniczych części: komory wilgotnej, pipety lub igły szklanej i właściwego aparatu — mikromanipulatora, który przy pomocy śrub porusza w polu widzenia mikroskopu pipetę lub igłę. Komora wilgotna (p. rys. 16) jest szklaną skrzyneczką o czworobocznej podstawie, umocowanej i poruszanej na stoliku ruchomym mikroskopu. Komora (por. Chambers, 7) otwarta jest z jednej strony, od której wprowadzamy do niej pipetę lub igłę; wierzch zaś stanowi szkiełko nakrywkowe, popod którym w kropli wiszącej znajduje się materiał komórkowy, przeznaczony do



Rys. 16.

Komora wilgotna typu Barbera, zmodyfikowana przez Chambersa. Wejście do komory można zamknąć zasłoną z, zrobioną ze sztywnego papieru, wypełnioną wazeliną. Zasłonę wstawia się w miejscu, zaznaczonem linjami przerywanymi, służy ona do zabezpieczenia kropli wiszącej na szkiełku nakrywkowem od wysychania. (Według Chambersa).

badania. Szkiełko to jest przyklepione do ścian bocznych komory przy pomocy wazeliny. Wzdłuż wewnętrznych powierzchni wysokich na $\frac{1}{2}$ do 1 cm bocznych ścian komory układa się paski mokrej bibuły, para wodna parująca z nich wysyca wnętrze komory i nie pozwala na wysychanie kropli wiszącej. W komorze znajduje się wystarczająca zawsze ilość powietrza dla oddechania drobnej ilości żywego materiału, umieszczonego w kropli wiszącej. To, że narzędzia, które operujemy, wprowadzamy w aparacie Barbera nie z góry pomiędzy przedmiot operowany i obiektyw mikroskopu, lecz od dołu od strony komory wilgotnej do kropli wiszącej, sprawia, że przedmiot

operowany, oddzielony od obiektywu tylko przez szkiełko nakrywkowe, może być operowany pod największemi nawet powiększeniami mikroskopu.

Pipety wyciągał Barber z rury, igły z pręta szklanego nad małym płomieniem spirytusowym lub gazowym, koniec igły zaginał w odległości 3 mm od wierzchołka. Igła lub pipeta umocowana jest w mikromanipulatorze w łapce *a* i poruszana przy pomocy śruby *Sgd* z góry na dół, przy pomocy śruby *Spt* od przodu do tyłu i *Sb* z boku na bok. Cała ta metalowa część przyrządu umocowana jest przy pomocy śruby *Em* do stolika mikroskopu. Mamy więc możność przesuwania przy pomocy ruchomego stolika mikroskopu komory wilgotnej wraz z materiałem komórkowym w kropli wiszącej w płaszczyźnie poziomej, oraz wykonywania igłą albo pipetą przy pomocy śrub mikromanipulatora ruchów we wszystkich kierunkach. Aparat taki widziałem w Pracowni Patologii Uniwersytetu w Filadelfji, używa się go tam do wprowadzania odczynników do przewodów nerkowych płazów. Ze względu na to, że tkanka nerkowa jest bardzo twarda, zamiast pipet szklanych używa się w tej robocie pipet kwarcowych.

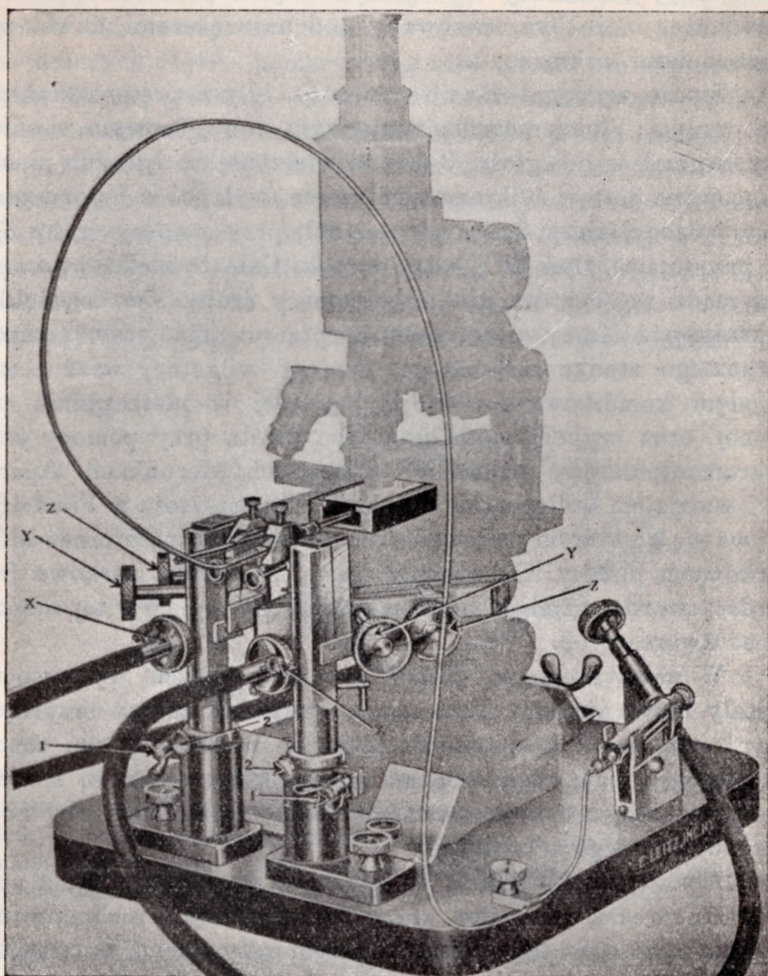
W dalszym ciągu, już w ostatnich, latach wynalezione zostały nowe aparaty, posiadające wszystkie zalety przyrządu Barbera, lecz o mechanizmie znacznie udoskonalonym, znacznie więcej precyzyjnym. Są to aparaty Chambersa, Péterfiego i Taylora, (ten ostatni rzadko tylko używany poza pracownią swego wynalazcy).

Aparat Chambersa wywodzi się w prostej linii z aparatu Barbera, choć jest znacznie zmieniony i rozbudowany. Podam więc opis tego aparatu przedewszystkiem, a następnie uzupełnię go paru uwagami o aparacie Péterfiego, ponieważ i w budowie, a przedewszystkiem w używaniu wykazują one duże podobieństwo.

Aparat Chambersa.

Rysunek 17 przedstawia jeden z ostatnich modeli aparatu Chambersa, pochodzący z roku 1925. Aparat¹⁾ składa się z metalowej płyty podstawowej, na której umocowany jest

¹⁾ Opis najnowszego modelu mikromanipulatora Chambersa i sposób używania podany jest w katalogu N. 1086 firmy E. Leitz w Nowym Yorku.

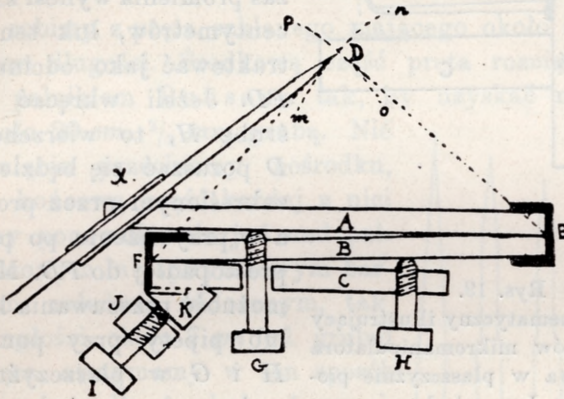


Rys. 17.

Mikromanipulator Chambersa. Na płycie metalowej przytwierdzone są śrubami 1 i 1 dwie kolumny wysuwalne i przytrzymywane na odpowiedniej wysokości śrubami 2 i 2. Na kolumnach tych umieszczone są właściwe aparaty, poruszające igłą, względnie pipetą. X — śruba, poruszająca igłę do góry i dołu, Y — od przodu do tyłu i Z na boki. Do obu śrub, poruszających igłę do góry i w dół, przykręcone są giętkie pręty metalowe, których końce, zaopatrzone w główki, umocowane są w pobliżu stolika mikroskopu. Ruchy obrotowe główek tych prętów przenoszą się na śruby X i X.

(Według katalogu Leitz a).

klamrami mikroskop dowolnego typu. Do przedniej części płyty przyśrubowane są dwie kolumny metalowe, dźwigające prawą i lewą część właściwego aparatu mikrurgicznego: prawy i lewy mikromanipulator. Każda z tych części składa się z 5 prętów metalowych, spojenych po dwa sprężystymi stalowymi klamrami. Końce tych prętów możemy odsuwać jeden od drugiego przez wkręcanie śrub *X*, *Y*, *Z*; przy cofaniu śruby sprężyna, spajająca pręty, zmusza je do powrotu do poprzedniej pozycji. Do jednego z tych prętów przymocowana jest łapka, t. j. część aparatu, trzymająca igłę lub pipetę. Igła wchodzi do komory wilgotnej typu Barbera, opisaney już na stronie 78. Komora umocowana jest na stoliku ruchomym mikroskopu.

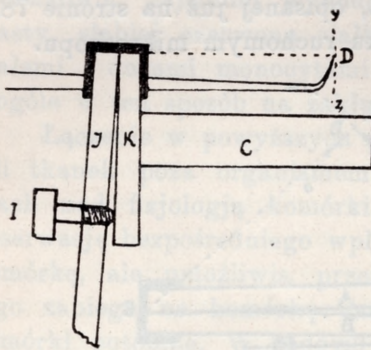


Rys. 18.

Rysunek schematyczny, ilustrujący zasadę ruchów mikromanipulatora Chambersa w płaszczyźnie poziomej. Śruba *G* porusza koniec *D* igły *X* wzdłuż łuku *o-p*, śruba *H* wzdłuż łuku *m-n*. (Według Chambersa).

Zasadę działania mikromanipulatora przedstawiają schematyczne rysunki 18 i 19 (p. Chambers, 7), z których pierwszy stanowi poziomy, drugi — pionowy rzut mikromanipulatora. Na rys. 18 widzimy 3 poziome pręty, połączone ze sobą po dwa: pręt *A* z prętem *B* przy pomocy klamry *E*, pręt *B* z prętem *C* przy pomocy klamry *F*, pręt poziomy *C* połączony jest na stałe z pionowym prętem *K* w połowie jego wysokości. Pręt *K* (por. rys. 19) połączony jest za pomocą klamry *L* z prętem *J*, ten zaś umocowany jest nieruchomo na kolumnie, stanowiącej staływ dla całego mikromanipulatora.

W jaki sposób aparat ten porusza koniec igły *D*? Igła umocowana jest przy pomocy łapek na pręcie *A* i razem z nim odbywa wszystkie ruchy. Umieszczamy ją pod takim kątem wobec pręta *A* i długość jej dobieramy tak, by koniec jej *D* stanowił wierzchołek trójkąta równoramiennego, w którym ąt *FDE* jest kątem prostym. Jeżeli będziemy wkręcili śrubę *G*, poprzez otwory w prętach *C* i *B*, odsuniemy pręt *A* od pręta *B*. Koniec igły poruszać się będzie wtedy po łuku, zakreślonym przez koniec promienia *ED*. Wobec zaś tego, że długość tego łuku, gdy wykonamy ruch igłą w polu widzenia mikroskopu,



Rys. 19.

Rysunek schematyczny ilustrujący zasadę ruchów mikromanipulatora Chambersa w płaszczyźnie pionowej. Śruba *I* przechodząca przez nieruchomą kolumnę *J* odpycha od niej pręt *K* i powoduje, że koniec igły *D* wykonywa ruchy wzdłuż pionowego łuku *y-z*.

przy małych nawet powiększeniach jest bardzo mała, długość zaś promienia wynosi kilkanaście centymetrów, łuk ten możemy traktować jako odcinek prostej *FD*. Jeżeli wkręcać będziemy śrubę *H*, to wierzchołek igły *D* poruszać się będzie po łuku, zakreślonym przez promień *FD*, a w przybliżeniu po prostej *ED* prostopadłej do *FD*. Mamy więc możliwość przesuwania końca igły lub pipety przy pomocy śrub *H* i *G* w płaszczyźnie poziomej w dwu prostopadłych do siebie kierunkach. Jeżeli aparat jest tak nastawiony, że prosta *FD* biegnie w kierunku przedniotylnym, igłą możemy poruszać od przodu do tyłu i z prawa na lewo i odwrotnie.

Ruchy w płaszczyznach pionowych wykonywamy przy pomocy śruby *I*. Ilustruje ten mechanizm pionowy rzut aparatu na rys. 19. Widzimy tu, że, gdy będziemy wkręcać śrubę *I* poprzez otwór w pręcie *J*, to odepchniemy od niego pręt *K*. Ponieważ z prętem *K* związana jest pośrednio igła, wierzchołek tej igły będzie się przesuwał wzdłuż łuku, zakreślonego przez promień *LD*, co, wobec krótkości tego łuku, wychodzi na to, że wierzchołek igły przesuwać się będzie po linii prawie pionowej z góry w dół i odwrotnie. Ponieważ wszystkie śruby

znajdują się blisko siebie, możemy po opanowaniu aparatu kojarzyć ze sobą ruchy igły pochodzące od dwu albo i trzech śrub i zakreślać jej wierzchołkiem dowolne krzywe.

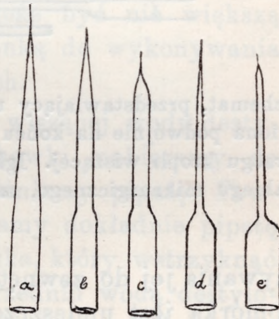
Prócz tych 3 śrub *G*, *H* i *I*, które służą do wykonywania drobnych poruszeń igłą w polu widzenia mikroskopu, mamy dodatkowe urządzenia, służące do przesuwania igły również w tych samych kierunkach, gdy chodzi o większe przesunięcia.

Ponieważ aparat posiada dwa przyrządy, służące do poruszania igłą, jeden umieszczony z prawej, drugi z lewej strony mikroskopu, możemy pracować równocześnie dwiema igłami, lub igłą i pipetą albo też dwiema pipetami.

Przygotowanie igieł, pipet i mikroelektrod.

Iglę robimy z pręta szklanego mającego około 3 mm grubości, 30 cm długości. Środkową część pręta rozciągamy nad zwykłym palnikiem Bunsena tak, by uzyskać nić szklaną długą około 20 cm, $\frac{2}{3}$ mm grubą. Nić po ostygnięciu przecinamy pośrodku, następnie końcową część każdej z nici rozciągamy ponownie, ale już nad palnikiem gazowym lub spirytusowym bardzo małym, zaledwie widocznym, tak, że w odległości około 7 cm od grubej części pręta, otrzymamy w ten sposób bardzo cienką, długą około 1 cm nitkę; tę z kolei rozciągamy w małym palniczku (mikrobrennerze) aż do przzerwiania jej pośrodku. Igła w ten sposób sporządzona składa się z 3-ch części: trzonka-pręta o pierwotnej grubości, grubszej części właściwej igły i zakończenia. Wierzchołek igły może mieć kształt różny zbliżony do jednego z przedstawionych na rys. 20; który z nich wybierzemy, zależy od materiału komórkowego, z którym będziemy eksperymentować, i od zadania, jakie mamy do wykonania.

W eksperymentach, w których wykonywamy tylko te zabiegi, które obejmujemy nazwą mikrodysekcji t. j. gdy komórkę

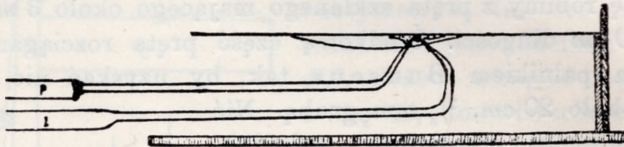


Rys. 20.

Rysunek przedstawiający wygląd pod mikroskopem zakończenia igły, względnie pipety. Typ zakończenia *b* i *d* nadaje się do użytku jako zakończenie igły, typ *c* i *e* — jako pipeta. Typ *a*, zakończony długim bardzo i cienkim włosem, jest nieużyteczny.

przecinamy, gdy igłą, wbitą do komórki, przesuwamy jej wewnętrzne morfologiczne składniki, gdy wydobywamy je z komórki itd. używamy do zabiegu dwu igieł odpowiednio zgiętych. Jedną z nich zginamy mianowicie pod kątem nieco większym niż 90° , w odległości około 3 mm od jej końca; drugą igłę zaginamy podwójnie raz pod kątem około 45° i nieco dalej pod kątem prostym.

Trzonek igły umieszczamy w łapkach aparatu, zagiętą część wprowadzamy do komory wilgotnej typu Barbera (por. rys. 16), tak aby koniec igły leżał w środku pola widzenia mikroskopu (por. rys. 21). Jedna igła, jak to wskazuje rysunek, służy do przytrzymywania komórki do szkiełka nakrywkowego, stanowiącego przykrycie komory wilgotnej lub do przytrzy-



Rys. 21.

Schemat, przedstawiający ustawienie igieł w komorze wilgotnej. Zakrzywiona podwójnie na końcu igła *i* służy do przytrzymywania komórki na brzegu kropli wiszącej. Igła *p*, zgięta pojedynczo, służy do wykonywania zabiegu mikrurgicznego, zamiast niej może być podstawiona mikropipeta, służąca do iniekcji.

mywania jej do zewnętrznej krawędzi kropli wiszącej, w której komórka jest umieszczona, druga igła służy do wykonania zabiegu na komórce.

Drugim działem mikrurgji jest mikroiniekcja, która polega na wprowadzaniu odczynników do wnętrza komórki, lub na działaniu niemi na zewnętrzną jej powierzchnię. Te zabiegi wykonywamy przy pomocy przyrządu do iniekcji. Przyrząd ten składa się z mikropipety, wprawionej w rurę metalową sztywną, umocowaną tak, jak trzonek igły w łapkach mikromanipulatora. Rurka ta jest połączona z cienką miękką i nieelastyczną rurką metalową, której drugi koniec łączymy ze strzykawką Rekorda.

Mikropipetę robimy w podobny sposób jak igłę, zwykle z twardego niealkalicznego szkła. Rurę szklaną o średnicy około 1 cm wyciągamy w kapilarę o średnicy około $\frac{2}{3}$ mm.

Odcinek tej kapilary długości 15 *cm* przewężamy pośrodku i rozrywamy w mikrobrennerze, tak samo jak w ostatnich dwu aktach sporządzania igły. Każda z dwu otrzymanych w ten sposób pipet posiada bardzo cienkie, zwykle zatopione jednak na samym wierzchołku zakończenie, z kształtu podobne do zakończeń igieł (por. rys. 20). Odpowiednio zakończoną pipetę długości 6 *cm* oprawiamy przy pomocy specjalnego laku ¹⁾, w zakończeniu rury metalowej, napelnionej uprzednio od strony strzykawki wodą. Woda znajduje się w strzykawce (tłok sięga do jej połowy) i w rurce metalowej, w kapilarze mamy powietrze. Koniec pipety wprowadzamy do komory wilgotnej popod szkiełko nakrywkowe i pod kontrolą silnego powiększenia mikroskopu, ocierając wierzchołek pipety o dolną powierzchnię szkiełka nakrywkowego, łamiemy go. Pipeta jest teraz otwarta, otwór jej posiada średnicę większą, lub mniejszą zależnie od tego, w jakiej odległości od wierzchołka złamaliśmy pipetę: średnica ta może być nie większą od $\frac{1}{2} \mu$, pipeta jest więc dostatecznie cienką do wykonywania nią zabiegów na małych nawet komórkach.

Koniec pipety umieszczamy w kropli wiszącej wody destylowanej, przez pociągnięcie tłoka strzykawki nabieramy do pipety wody, przez naciśnięcie tłoka opróżniamy pipetę. Powtarzając parokrotnie ten zabieg, przemywamy dokładnie pipetę i wprowadzamy ją następnie do odczynnika, który wstrzyknąć chcemy do komórki, i tak samo, jak poprzednio wodą destylowaną, wypełniamy koniec pipety roztworem odczynnika.

Dla wprowadzenia odczynnika do komórki, chwytamy komórkę końcem podwójnie zgiętej igły, przesuwamy ją w razie potrzeby w płytkie miejsce kropli wiszącej, wbijamy szybkim ruchem pipetę do komórki i, naciskając tłok, wprowadzamy odczynnik do komórki.

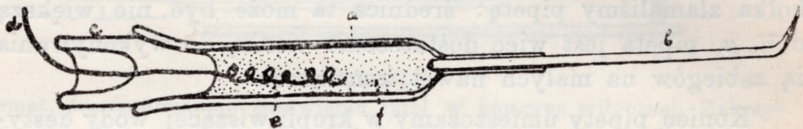
Największą trudność przedstawia oznaczanie ilości odczynnika, wprowadzonego do komórki. Oznaczamy ją albo jeszcze przed wprowadzeniem do komórki — w pipecie, albo już po wstrzyknięciu do protoplazmy. W pierwszym przypadku obli-

¹⁾ Lak, doskonale nadający się do tego celu, możemy sporządzić przez stopienie 4 części zwykłego laku do pieczętowania listów z 1 częścią balsamu kanadyjskiego.

czamy wielkość kropli odczynnika wystrzykniętej najpierw na powierzchnię szkiełka nakrywkowego, w drugim przypadku porównujemy wielkość jej z łatwiejszą do oznaczenia wielkością jądra czy całej komórki.

Pipeta, używana do mikroinjekcji, musi być bardzo ostro zakończona i wkląć ją należy do komórki szybko, ażeby przebiła błonę komórkową, a nie wpukliła jej przed sobą do komórki, w tym ostatnim bowiem przypadku płyn, wstrzyknięty z pipety, pozostaje poza komórką.

Prócz igły i pipety możemy używać w mikrurgji mikroelektrod, a to dla drażnienia komórek prądem elektrycznym i dla oznaczania prądów elektrycznych i różnic potencjału pomiędzy różnymi częściami komórki. Wprowadzili je do mikrurgji Taylor oraz Péterfi i Ettisch (22). Używane są elektrody polaryzujące i niepolaryzujące; posiadają one



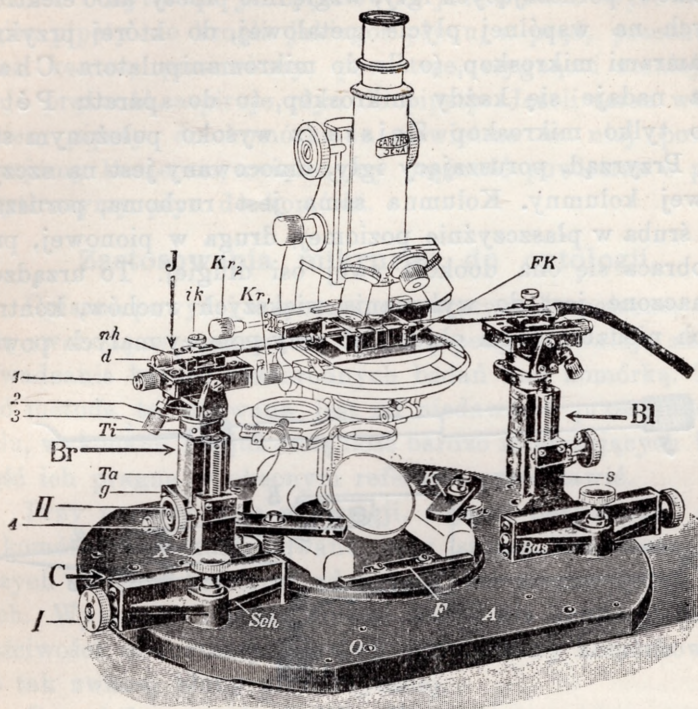
Rys. 22.

Mikroelektroda niepolaryzująca Gelfana. *a* — główna pipeta, *b* — mikro-pipeta, *c* — korek szklany, *d* — drut srebrny, *e* — drut srebrny, pokryty chlorkiem srebra, *f* — agar, nasycony roztworem *KCl*.

końce tak cienkie, że możemy je wklądać tak jak mikropipety do komórki. Elektrody polaryzujące sporządza się, wyciągając w palniku acetylenowym kapilarę kwarcową, zawierającą wewnątrz drut platynowy. Elektrode niepolaryzującą pomysłu Gelfana (24) przedstawia schematyczny rys. 22. Przygotowuje się ją w następujący sposób: mikropipetę kwarcową wypełniamy na gorąco roztworem agaru w chlorku potasowym, oprawiamy ją następnie przy pomocy pasty dentystycznej w dużej, tak zwanej głównej pipecie, wypełnionej tym samym roztworem agaru. Główną pipetę zamykamy z przeciwnego końca doszlifowanym korkiem szklanym, w który wtopiono srebrny drut. Ten odcinek drutu, który zanurzony jest w agarze, pokrywamy przednio warstwą chlorku srebrnego.

Inne aparaty mikrurgiczne.

Opisany powyżej mikromanipulator typu Chambersa używany jest głównie w Stanach Zjednoczonych A. P. Wyrabia go tam fabryka Leitz a w N. Yorku ¹⁾. W europejskich pracow-

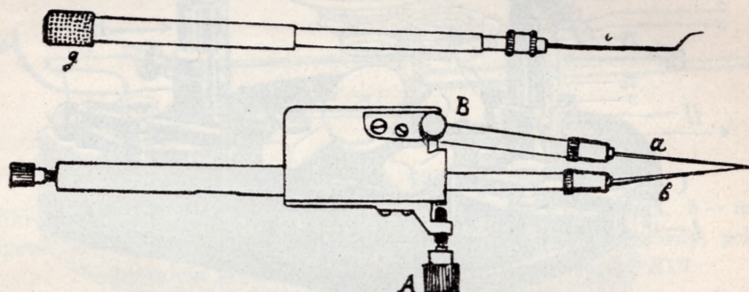


Rys. 23.

Mikromanipulator typu Péterfi i Janse. *A* — płyta podstawowa, *K* — klamry, przytwierdzające nóżki mikroskopu do podstawy, *B* — kolumna na której umieszczony jest przyrząd *I*. poruszający narzędzia mikrurgiczne (*r* — prawa, *l* — lewa). *ik* — łapki, przytrzymujące oprawkę igły *nh* (po stronie prawej), lub pipety (po stronie lewej). *Bas* — podstawa kolumny, *I* — śruba do większych bocznych ruchów, *II* — do większych pionowych ruchów, *1* — drobnych bocznych, *2* — drobnych przednio-tylnych, *3* — drobnych ukośnych w płaszczyźnie pionowej, *4* — drobnych pionowych. *Kr*, *Kr* — śruby stolika ruchomego mikroskopu, *d* — główka oprawki do igły, *FK* — komora wilgotna. (Według Péterfięgo).

¹⁾ W Europie produkcję tego aparatu rozpoczynają dopiero macierzyste zakłady Leitz a w Wetzlar, prócz tego firma Watson w Londynie wyrabia modyfikację starszego typu aparatu Chambersa; te aparaty są rozpowszechnione w pracowniach we Francji i Anglii.

niach na kontynencie częstsze są mikromanipulatory, konstruowane przez fabrykę Zeissa według projektu Péterfiiego i Jansego (36), Aparat ten przedstawiony jest na rys. 23. Składa się on, podobnie jak aparat Chambersa, z dwu mechanizmów, poruszających igły, względnie pipety albo elektrody, opartych na wspólnej płycie metalowej, do której przykręca się klamrami mikroskop (o ile do mikromanipulatora Chambersa nadaje się każdy mikroskop, to do aparatu Péterfiiego tylko mikroskop Zeissa z wysoko położonym stolikiem). Przyrząd, poruszający igły, umocowany jest na szczycie pionowej kolumny. Kolumna sama jest ruchoma, porusza ją jedna śruba w płaszczyźnie poziomej, druga w pionowej, prócz tego obraca się ona dookoła swej osi długiej. To urządzenie przeznaczone jest do wykonania większych ruchów, kontrolowanych nieuzbrojonym okiem lub przy pomocy małych powięk-



Rys. 24.

- I. pojedyncza oprawka do igły; *g* — główka oprawki, *i* — igła.
 II. podwójna oprawka do igieł (mikropinceta); *A* — śruba, rozsuwająca igły do boków, *B* — śruba, przesuwająca igłę *a* w dół i do góry.

zeń mikroskopu. Ruchy subtelne, kontrolowane przez silne powiększenia, wykonywamy przy pomocy przyrządu, umieszczonego na szczycie kolumny; ten przyrząd poruszamy przy pomocy 4 śrub w płaszczyźnie poziomej i pionowej. W aparacie tym igły umieszczamy albo pojedynczo, albo po dwie w tak zwanej mikropincecie (por. rys. 24). Przy pomocy dwu igieł mikropincety możemy łatwiej uchwycić i umocować większą komórkę lub grupę komórek, niż przy pomocy igły pojedynczej.

Aparat do iniekcji jest tu odmienny, pipeta jest osadzona w rurze szklanej, w której znajduje się rozżarzający się przewód elektryczny, t. zw. kauter. Drut rozgrzewa powietrze w rurze szklanej, otwartej tylko u wierzchołka pipety, zwiększa jego prężność i wytłacza je częściowo; jeżeli teraz wprowadzimy koniec pipety do kropli jakiegoś płynu, a prąd, przechodzący przez kauter, przerwiemy, powietrze, stygnąc i zmniejszając swoją prężność, aspiruje płyn do pipety. Jeżeli teraz wbijemy koniec pipety do komórki, a powietrze w niej ponownie ogrzejemy kauterem, zwiększymy prężność powietrza w pipecie i wytłoczmy płyn do komórki.

Zastosowania mikrurgji do cytologii.

Opisane powyżej nowoczesne aparaty mikrurgiczne, dające dużą swobodę w operowaniu igłą i pipetą, pozwalają na przeprowadzanie bardzo różnorodnych badań nad komórką. To też choć metoda ta używana jest od niedawna i przez ludzi niewiele, wykonano nią już dużą ilość bardzo interesujących badań. Część ich pragnę w obecnym referacie przedstawić.

Przy pomocy więc mikrurgji, dającej bezpośredni dostęp do komórki, przetestowano cały szereg dotychczasowych naszych pojęć o komórce, zdobytych na drodze badań pośrednich. Wykonano między innymi ważne dla cytologii badania właściwości zewnętrznej warstwy protoplazmy komórkowej, to jest tak zwanej błony plazmatycznej.

Do niedawna nie było rzeczą pewną, czy zewnętrzna warstwa protoplazmy posiada wogóle odmienną chemiczną, czy fizykochemiczną strukturę niż reszta protoplazmy; nie można było wyodrębnić jej przy pomocy jakiejś odpowiedniej metody barwienia w komórce utrwalonej; nie były również bezwzględnie przekonujące badania fizjologiczne. Te badania fizjologiczne wykazały mianowicie, że nie wszystkie ciała rozpuszczalne w wodzie przenikają do wnętrza komórki, z tych zaś, które przenikają, nie wszystkie czynią to z jednakową łatwością. Wykazano następnie, że charakter ilościowy i jakościowy tej przepuszczalności zmienia się w różnych fazach czynnościowych komórek. Większość badaczy tłumaczy wszystkie te zjawiska nierównomierniej przepuszczalności protoplazmy jako następstwo przede wszystkim istnienia zróżnicowanej zewnętrz-

nej warstwy komórkowej, t. zw. błony plazmatycznej, która sprawuje funkcję przepuszczania jednych, a zatrzymywania innych składników zewnętrznego środowiska do komórki i z komórki do środowiska zewnętrznego. Pewne objawy, a według niektórych badaczy całość zjawiska nierównomiernego przepuszczania różnych substancyj dowewnątrz i nazewnątrz komórki dają się jednak wytłumaczyć i bez przypuszczenia konieczności istnienia takiej zorganizowanej błony plazmatycznej, a tylko na podstawie fizykochemicznych właściwości substancyj koloidalnych, wchodzących w skład protoplazmy jako całości.

Według Herlanta (25), na przykład, protoplazma jest koloidalną emulsją lipidów i substancyj białkowych, rozpuszczonych w wodzie. Stosunek substancyj lipidalnych do białkowych zmienia się w różnych stanach czynnościowych komórki. W jednych stanach substancje lipidalne znajdują się w fazie rozdrobnionej, zaś fazę ciągłą t. j. tę, która stanowi płynne środowisko dla cząstek rozdrobnionych lipidów, tworzą białkowe substancje i woda wraz z rozpuszczonymi w niej elektrolitami. W innych okolicznościach lipidy stanowią fazę ciągłą, białka zaś i woda rozdrobnioną. W tego rodzaju koloidalnej zawieszynie graniczną warstwę stanowi substancja, znajdująca się w fazie ciągłej, ona więc pośredniczy w stosunkach mieszaniny (w naszym przypadku protoplazmy) ze środowiskiem zewnętrznym. W tym więc stanie komórki, gdy lipidy znajdują się w fazie rozdrobnionej, faza ciągła wodno-białkowa pośredniczy w stosunkach pomiędzy komórką i środowiskiem, a więc tylko substancje w wodzie rozpuszczalne będą poprzez fazę ciągłą penetrować w głąb komórki. W przypadku zaś, gdy lipidy stanowią fazę ciągłą, tylko ciała w lipidach rozpuszczalne mają dostęp do wnętrza komórki. Clowes (19) przypuszcza, że pomiędzy obydwu temi stanami protoplazmy komórkowej istnieją jeszcze wszystkie stany przejściowe, w których przepuszczalność protoplazmy zwiększa się dla jednych, a zmniejsza dla innych substancyj. W miarę, na przykład, jak cząsteczki lipidalne, stanowiące fazę rozdrobnioną, pęcznieją, zacieśniają się przestrzenie zajmowane przez fazę ciągłą białkowo-wodną; odnosi się to zarówno do wnętrza protoplazmy, jak i jej warstwy zewnętrznej, graniczącej z środowiskiem

zewnątrznem. Zaciśnięcie przestrzeni pomiędzy cząsteczkami fazy rozdrobnionej dojść może do tego stopnia, że nie wszystkich rozpuszczalnych w wodzie substancyj cząsteczki lub jony mogą precyzyjnie się pomieścić pomiędzy cząsteczkami fazy rozdrobnionej, że niektóre ulegają zatrzymaniu na powierzchni komórki. Z wynikami więc badań fizjologicznych pośrednich nad przepuszczalnością zdają się pozostawać w zgodzie zarówno przypuszczenie o jednorodnej budowie protoplazmy komórkowej, jak i przypuszczenie istnienia zróżnicowanej błony plazmatycznej. Na pytanie, który z dwu powyższych poglądów jest prawdziwy, dają rozstrzygającą odpowiedź wyniki eksperymentów mikrurgicznych. Przytaczam kilka z tych doświadczeń, wykonanych głównie przez Chambersa i jego uczniów.

Przedewszystkiem stwierdzono (Chambers, 9), że wprowadzenie małej ilości wody do wnętrza ameby albo komórki jajowej rozgwieżdzy nie uszkadza jej w sposób, dający się dostrzec; woda wprowadzona rozpuszcza się w protoplazmie, mieszając się z nią zupełnie, i nigdzie kropla wody wprowadzonej nie powoduje wytworzenia na swej powierzchni ostrego konturu — ścianki wodniczki, co powinno nastąpić, jeżeli zdolność niemieszania się z wodą posiada plazma w całej swej masie. Tylko więc zewnętrzna warstwa komórki jest dla wody w zwykłych warunkach nieprzepuszczalną w tym stopniu, że chroni protoplazmę od mieszania się z wodą zewnętrznego środowiska.

W innym eksperymencie wprowadzał Chambers (9) do komórki nabłonka migawkowego, pokrywającego jajnik jeżowca, cienką igielkę i stwierdził, że ani samo wprowadzenie igły, ani poruszanie jej wewnątrz komórki ruchu migawek nie hamuje. Jeżeli jednak szybkim ruchem igły skaleczyć zewnętrzną warstwę komórki, ostry zewnętrzny kontur tej warstwy znika najpierw w miejscu uszkodzenia, zacierając się następnie coraz dalej od tego miejsca, a gdy dojdzie do pola migawkowego, ruch migawek ustaje, komórka zaś wkrótce obumiera, ulegając zjawisku cytolizy. W eksperymencie tym uszkodzona została zewnętrzna warstwa plazmy komórkowej, odgraniczająca protoplazmę od wodnego środowiska, woda zaś i sole w niej rozpuszczone, działając na nieosłoniętą plazmę, spowodowały jej cytolizę.

W innych przypadkach komórka może tę zniszczoną mechanicznie błonę plazmatyczną odtworzyć, zregenerować.

Jeżeli np. przez nagłe cięcie zniszczyć na pewnej przestrzeni zewnętrzną warstwę protoplazmy niedojrzałego jaja rozgwiazdy, jak to robił Chambers (9), protoplazma w tem miejscu zaczyna szybko rozpadać się na drobne bryłki, które z kolei rozpadają się całkowicie w wodzie. Jeżeli to uszkodzenie nie jest duże, występuje ciekawe zjawisko odtwarzania błony plazmatycznej, od brzegów ubytku począwszy. Wszędzie tam, gdzie błona się odwrzy i zarysuje się znów ostry kontur komórki, rozpad protoplazmy dalej nie postępuje. Całkowite pokrycie uszkodzonej części powierzchni tą nowoutworzoną błoną wymaga jednak pewnego czasu, w ciągu którego nieosłonięte jeszcze części protoplazmy dalej ulegają rozpadowi — cytolizie.

Regeneracja błony plazmatycznej odbywa się szybciej w środowisku izotonicznem niż w hypotonicznem, łatwiej w alkalicznem niż w kwaśnem. W niektórych komórkach obnażona protoplazma może pokrywać się błoną plazmatyczną tak szybko, że cytolizy na skutek skaleczenia powierzchni wogóle nie dostrzeżemy.

Przepuszczalność błony plazmatycznej dla różnego rodzaju substancyj badał metodą mikrurgiczną Kite (30), a potem Chambers i Reznikoff (8, 15, 43, 44, 45) przez porównanie ich działania na całą powierzchnię komórki w nich zanurzonej z działaniem tych roztworów wtedy, gdy błonę plazmatyczną niszczone w określonym miejscu przez skaleczenie igielką, wreszcie z działaniem tych roztworów, wprowadzonych przy pomocy mikropipety bezpośrednio do protoplazmy. Badania te zostały przeprowadzone na amebach i nie dadzą się uogólnić w całej swej rozciągłości na wszystkie rodzaje komórek. Autorzy ci (15) stwierdzili więc, że $\frac{1}{26} M$ roztwór chlorku wapnia nie wywiera żadnego widocznego wpływu na zanurzoną w nim amebę. Jeżeli skaleczymy jednak błonę plazmatyczną ameby, zanurzonej w tym roztworze, i obnażymy przez to protoplazmę na czas, dopóki w miejscu skaleczenia nie wytworzy się nowa błona plazmatyczna, plazma w miejscu bezpośredniego zetknięcia z chlorkiem wapnia ulega ścięciu — koagulacji. Ścięta pod wpływem działania $CaCl_2$ plazma zostanie przez amebę oddzie-

lona od jej ciała. Podobnie protoplazma ameby, do której wstrzyknięto chlorku wapnia, ulega koagulacji w sąsiedztwie miejsca iniekcji, a następnie odszczepieniu przez amebę.

W podobny do pewnego stopnia sposób działa na protoplazmę ameby i jon magnezu, tak samo jak i jon wapnia nie przenika on poprzez błonę plazmatyczną do protoplazmy, wprowadzony zaś sztucznie, ścina protoplazmę.

Przy pomocy analogicznych doświadczeń przekonali się Chambers i Reznikoff (15), że jony potasu, sodu i litu przenikają poprzez błonę plazmatyczną do protoplazmy, a prawdopodobnie i z powrotem. Działanie tych trzech katjonów na protoplazmę polega na zmniejszaniu jej gęstości, prócz tego zmniejszają one spójność błony plazmatycznej, która, znajdując się pod ich wpływem, staje się bardzo wrażliwa na mechaniczne uszkodzenie, albo i sama pęka. Dowodem na to, że zarówno sód, jak potas i lit przenikają przez błonę plazmatyczną ameby, jest to, że takie samo działanie na protoplazmę wywierają one wtedy, gdy 1) działają na normalną nieuszkodzoną amebę, zanurzoną w roztworach soli sodowych, potasowych i litowych; 2) gdy działają na amebę, zanurzoną w powyższych roztworach, a błonę plazmatyczną skaleczyły mikroigielką, obnażając przez to miejscowo protoplazmę; jak i wtedy, 3) gdy wprowadzamy je przy pomocy mikropipety bezpośrednio do protoplazmy ameby. W ostatnim przypadku stwierdzono, że stężenie soli tych, przenikających przez błonę, plazmatyczną pierwiastków, musi być znacznie wyższe niż stężenie roztworu, w którym (w pierwszym przypadku) zanurzamy normalną amebę, ażeby uzyskać określonej siły działanie. Zjawisko to jest prawdopodobnie zależne od eksosmozy to jest ucieczki wprowadzonych do plazmy jonów poprzez błonę plazmatyczną nazewnątrz; występuje ono z reguły przy wprowadzaniu bezpośrednio do protoplazmy wszystkich substancyj, dla których błona plazmatyczna jest przepuszczalną, między innymi narkotyków. Sam (26) przekonałem się, że alkohol etylowy, na przykład, już w roztworze kilkunastoprocentowym zabija zanurzoną w nim amebę, bezpośrednio natomiast do protoplazmy możemy wprowadzać duże ilości nawet alkoholu absolutnego, o ile wstrzykujemy go powoli. Podobnie możemy

wprowadzać do protoplazmy stężone roztwory alkoholu amylowego, eteru, chloroformu i chloretonu.

O chemicznych właściwościach błony plazmatycznej pewnego wiemy niewiele, badania nad przepuszczalnością tej błony każą jednak przypuszczać, że w skład jej muszą wchodzić lipidy. Badania mikrurgiczne przekonały nas o tem bezpośrednio, można bowiem rozpuścić błonę plazmatyczną w dowolnem miejscu ameby przy pomocy mikroskopowej kropli eteru, chloroformu (Hiller, 26), lub pęcherzyka dwutlenku węgla (Reznikoff i Chambers, 45).

Te i inne doświadczenia potwierdzają opinię, że błona plazmatyczna jest tworem zróżnicowanym pod względem fizycznym i chemicznym i że ona to właśnie stanowi przegrodę, nieprzenikliwą dla jednych, przepuszczalną dla innych ciał.

Badania mikrurgiczne nad błoną plazmatyczną u ameby rzuciły światło i na istotę ruchu amebowatego, na mechanizm tworzenia nibynóżek. Tworzenie nibynóżki jest zjawiskiem skomplikowanym, towarzyszą mu zmiany w konsystencji plazmy komórki i, bardzo prawdopodobnie, zmiany w napięciu powierzchniowym protoplazmy, głównie na szczycie tworzącej się nibynóżki. Jakiego rodzaju zmiany napięcia powierzchniowego występują tutaj, nie jest dostatecznie wysświetlone. Istnieją dwie co do tej kwestji przeciwne sobie opinie: jedna, że w zaokrąglonym wierzchołku nibynóżki napięcie powierzchniowe jest wzmożone w stosunku do dalszych części powierzchni, według drugiego poglądu, reprezentowanego przez Bütschliego (14), zmniejszenie się napięcia powierzchniowego na pewnym odcinku błony plazmatycznej ameby powoduje wypuklenie się tutaj protoplazmy pod wpływem ciśnienia, wywieranego na wewnętrzną płynną plazmę przez napięcie powierzchni ameby. To drugie przypuszczenie zyskało poparcie w moich, częściowo dopiero opublikowanych (26) mikrurgicznych eksperymentach. Jeżeli mianowicie zbliżyć do powierzchni ameby mikropipetę, wypełnioną eterem lub chloroformem, i obniżyć przez to napięcie powierzchniowe wody, stykającej się w tym miejscu z powierzchnią ameby (napięcie to obniżają dyfundujące z mikropipety narkotyki), powierzchnia ameby wypukli się, tworząc zawiązek nibynóżki. Jeżeli będziemy odsuwali powoli tę pipetę od ameby, nibynóżka wydłuża się, można w ten

sposób uzyskać dowolnego kształtu nibynóżkę i zmusić amebę do przesuwania się przez dłuższy czas za pipetę. Powstanie tego sztucznego pseudopodjum stoi w związku z obniżeniem napięcia powierzchniowego na tym odcinku powierzchni wody, który styka się z błoną plazmatyczną ameby, ponieważ jednak zarówno chloroform jak eter rozpuszczają się w lipidach błony plazmatycznej, obniżają więc zapewne lokalnie i napięcie powierzchniowe w samej błonie.

Badania fizycznych właściwości protoplazmy i jądra komórkowego.

Mikrurgiczne badania nad fizycznymi właściwościami protoplazmy są również liczne. Stwierdzono przedewszystkiem, że w wielu komórkach można wyróżnić zewnętrzną, dość grubą czasami, warstwę korową plazmy o gęstszej konsystencji i więcej płynną wewnętrzną plazmę. Szczególnie wyraźnie występuje ten podział protoplazmy w komórkach jajowych szkarłupni; w komórkach tych warstwa korowa zawiera, jak to wykazał Chambers (12), składniki niezbędne dla dojścia do skutku zjawiska zapłodnienia komórki jajowej.

Gęstość protoplazmy badano (Chambers, 9) przez przesuwanie igłą, wbitą do komórki, poszczególnych składników komórki wobec siebie. O ile protoplazma jest płynną, to można przesuwać w niej swobodnie jądro, i tak jest często w komórce, znajdującej się w stadium spoczynku. Kropla płynu niemieszającego się z wodą, n. p. oliwy lub parafiny, przyjmuje natychmiast po wstrzyknięciu kształt doskonale kulisty.

Ucisk, wywarty tępą igielką na powierzchnię jądra (Chambers, 10), powoduje wpuklenie się błony, otaczającej jądro. Ostrą bardzo igłę można wprowadzić do jądra, nie powodując tem, gdy zabieg wykonamy powoli, żadnego widocznego uszkodzenia jądra, często możemy przesuwać w nim swobodnie jąderko; w tym więc przypadku i treść jądra musi być płynną. Jeżeli w ten sposób drażnimy mechanicznie jądro komórki, przygotowującej się do podziału karjokinetycznego, jąderko rozpuszcza się w płynie jądrowym, w jądrze zjawiają się nitki chromosomów, wogóle przyspiesza się proces przygotowania do podziału. Silniejsze i szybsze skaleczenie błony jądrowej powoduje wylanie się mniejszej lub większej ilości

pływu jądrowego do protoplazmy. Płyn ten powoduje natychmiastowe rozpuszczenie się ziarnistości plazmy w sąsiedztwie jądra i rozpad tej części komórki, a nawet całej protoplazmy, gdy duża ilość płynu jądrowego przeszła do niej.

To ostatnie zjawisko rozpuszczania protoplazmy przez wydobyty płyn jądrowy zostało stwierdzone i na innym materiale komórkowym, a mianowicie w badaniach, jakie przeprowadzili Péterfi i Olivo (37, 38, 39) nad hodowanymi w kulturach tkanek embrjonalnymi komórkami oraz ciałkami krwi ptaków. Nie wszystkie zresztą te komórki reagują na nakłucie jądra jednakowo: najsilniej wyhodowane z zawiązka serca fibroblasty, słabiej czerwone ciałka krwi; ciałka zaś krwi zwane małymi i dużymi monocytami oraz makrofagi, być może, że wogóle w ten sposób na zakłucie jądra nie reagują.

Łączenie w powyższych pracach metod mikrurgji i hodowli tkanek poza organizmem stanowi ważny postęp w badaniach nad fizjologją komórki, pozwala bowiem nie tylko na obserwację bezpośredniego wpływu mikrurgicznego zabiegu na komórkę, ale umożliwia przesłedzenie i dalszych następstw tego zabiegu na komórkę badaną, a nawet ewentualnie i na komórki potomne. W hodowli tkanek bowiem komórka znajduje warunki, w których może żyć i rozmnażać się przez czas w zasadzie nieograniczony.

Do najciekawszych należą mikrurgiczne badania nad fizycznymi właściwościami protoplazmy w okresie dzielenia się komórki, w okresie karjokinezy. W zakres ich wchodzi badania nad tworami pochodzenia cytoplazmatycznego, a mianowicie promieniowaniem protoplazmy dookoła t. zw. centrosomów i badania nad tworami pochodzenia jądrowego: chromosomami i wrzecionkiem karjokinetycznym. Przeprowadził je pierwszy Chambers (5) i stwierdził, że promienie protoplazmatyczne posiadają gęstszą konsystencję i większą spójność niż reszta plazmy, ponieważ można je uginać i przesuwać przy pomocy igły pomiędzy nie wprowadzonej. Mechaniczne drażnienie promieniowania powoduje jego zanik i powrót protoplazmy do stanu płynu jednorodnego i to zwykle na pewien tylko czas, po upływie którego promienie pojawiają się na nowo. W czasie, gdy promieniowania nie widać, podział komórki nie postępuje naprzód. Wnioskuje więc na podstawie tych doświadczeń

Chambers, że promienie te posiadają stan skupienia półstały — żelu koloidalnego, który z łatwością może przejść z powrotem pod wpływem podrażnienia mechanicznego w stan płynny — sol. Autor ten przypuszcza, że wystąpienie w pobliżu obu biegunów dzielącej się komórki promienisto dookoła centrosomów ułożonych pasm protoplazmy, posiadających konsystencję żelu, z różnoczesnem przejściem w stan płynny plazmy na obwodzie komórki i w jej płaszczyźnie równikowej i towarzyszące tym zjawiskom zmiany napięcia powierzchniowego w okolicy równika komórki powodują najpierw wydłużenie się jej a potem podział na dwie komórki potomne.

Badania nad fizycznymi właściwościami wrzecionka karjokinetycznego wykazały, że w stadjum gwiazdy macierzystej posiada ono konsystencję galaretowatą, w odróżnieniu od płynnej protoplazmy otaczającej, że można je jako całość w tej protoplazmie przesuwać, że chromosomów pojedynczych wydobyć z niego nieposób. W stadjum gwiazdy potomniej natomiast protoplazma, znajdująca się w równiku komórki i w pobliżu chromosomów, jest znów płynną; galaretowata substancja, z której było zbudowane wrzecionko, przeszła w stan płynny.

Konsystencję chromosomów badano w początkowych stadjach karjokinezy w spermatocytach pasikonika i komórkach marzystych pyłku tradeskancji (Chambers, 10, Chambers i Sands, 16). Można je wtedy wydobyć z komórki i, rozciągając pomiędzy dwiema mikroigielkami, badać ich fizyczne właściwości. Okazuje się, że posiadają one konsystencję galaretowatą i dadzą rozciągać się w cienkie bardzo niteczki.

Fizykochemiczne badania nad protoplazmą żywej komórki.

Mikrurgja przysłużyła się znacznie i badaniom nad fizykochemicznymi własnościami protoplazmy. Jedną z najciekawszych kwestyj w tej dziedzinie jest: czy sole nieorganiczne, jakie na drodze anilizy chemicznej dadzą się wykryć w protoplazmie, znajdują się tam rozpuszczone w wodzie i zdysocjonowane, czy też są związane chemicznie z innymi składnikami protoplazmy. Pierwsze przypuszczenie, oparte na wynikach badań nad przewodzeniem elektrycznym zawiesiny komórek i tkanek

zwierzęcych i roślinnych, zostało potwierdzone przez potencjometryczne mikrurgiczne badania Póterfiego i Ettischa oraz Gelfana. Péterfi i Ettisch (22, 23) z wyników swoich doświadczeń wyciągają wniosek, że jony elektrolitów rozmieszczone są w wodnej fazie protoplazmy tak, że znajdują się w równowadze, to też pomiędzy różnymi punktami protoplazmy nie da się wykazać różnicy potencjałów. Gelfan (24) zaś wykazał, że koncentracja elektrolitów, a zatem wewnętrzne przewodnictwo elektryczne protoplazmy, jest większe niż zewnętrznego środowiska, że zmniejsza się ono w komórce uszkodzonej.

Drugim interesującym z punktu widzenia teoretycznego jest zagadnienie wysokości stężenia jonów wodorowych w protoplazmie i jądrze, to jest czynnej kwasoty wewnętrznego środowiska komórki, w którym odbywają się jej procesy przemiany materji i energii. Zagadnienie to badano na drodze pomiarów potencjometrycznych i kolometrycznych najpierw w miazdze lub wyciągu otrzymanych z utartej świeżej masy tkankowej, albo też (Vlès, Reiss i Vellinger, 50, 41, 42, 49) w tkance zamrożonej, roztartej na proszek, po jej odtajaniu. Badania te dawały z reguły reakcję wyraźnie kwaśną, odpowiadającą pH 5 do 6. Tymczasem zastosowanie do tych badań mikroinjekcji i wprowadzenie indykatorów barwnych do kolorometrycznego oznaczania stężenia jonów wodorowych w protoplazmie żywej komórki pozwoliło na wykazanie, że reakcja protoplazmy jest znacznie więcej zbliżona do obojętnej, choć leży jeszcze po stronie kwaśnej, i odpowiada $pH=6.8-7.0$. Okazało się równocześnie, że reakcja kwaśna, pH około 5.5, znamionuje protoplazmę, na którą zadziałał jakiś fizyczny lub chemiczny czynnik, uszkadzający protoplazmę ulegającą cytolizie. Ten ostatni fakt tłumaczy według Chambersa i jego współpracowników (13, 14) kwaśny odczyn protoplazmy, jaki uzyskał Vlès, badając ją po uprzednim zamrożeniu, a więc po silnem uszkodzeniu jej fizycznej, a prawdopodobnie i fizykochemicznej struktury. Oznaczono również i stężenie jonów wodorowych w jądrach komórek i stwierdzono, że odpowiada ono pH około 7.5. Wyniki badań powyższych, wykonanych w różnych pracowniach, nie zostały dotąd uzgodnione; różnice pomiędzy nimi są dość duże, a wynikają one głównie z różnic metod

w tych badaniach używanych i różnicy poglądów na charakter ubocznego działania, jakie każdy taki zabieg, jak zamrożenie i roztarcie w mózdzieniu lub iniekcja roztworu indykatora, wywiera na fizykochemiczne właściwości protoplazmy. Wyniki, uzyskane przy pomocy mikroiniekcji, na ogół zgodne pomiędzy sobą, wydają mi się najpewniejsze, ponieważ, jak to się sam wielokrotnie przekonałem, wstrzykując indykatory pH do ameby, nie zabijają one komórki, przeciwnie ameba zabarwiona przy pomocy indykatora żyje nieraz kilka dni, niczem, przynajmniej napozór, nie różniąc się od normalnej.

Ważne są również bardzo badania mikrurgiczne nad zachodzącymi w protoplazmie zjawiskami utleniania i redukcji, stanowiącymi istotę między innymi i oddychania organizmów. Zjawiska te stanowią według Clarka (17, 18), którego teoria dała impuls do tych badań, przeciwne kierunki jednej i tej samej reakcji oksydacji-redukcji. Reakcja ta polega w swej istocie na odłączeniu elektronu od utlenianej cząsteczki, względnie na przyłączeniu elektronu do cząsteczki zredukowanej; wiązanie zaś tlenu względnie wodoru stanowi tylko drugorzędną, niekonieczną cechę tego zjawiska. W procesie oksydacji-redukcji należy odróżniać, według Clarka dwie cechy: 1. jedną, odpowiadającą temperaturze, potencjałowi elektrycznemu lub stężeniu jonów wodorowych w układzie kwas-zasada, cechę świadczącą o intensywności reakcji. Zależnie od natężenia tej cechy w jakimś układzie oksydacyjno-redukcyjnym różne substancje z nim zmieszane, łatwiej lub trudniej ulegające utlenianiu lub redukcji, zostaną utlenione albo też zostaną zredukowane. 2. Drugą cechą zjawiska oksydacji-redukcji jest cecha, którą możnaby porównać do zapasu energii cieplnej lub elektrycznej, albo też całkowitego zapasu kwasu lub zasady. Świadczy ona o tem, jaka ilość badanej substancji może przez dany system oksydacyjno-redukcyjny ulec utlenieniu lub redukcji. Pierwszą cechę nazywamy potencjałem oksydacyjno-redukcyjnym, ilościowo da się ją oznaczyć jako wielkość potencjału elektrycznego, jaki powstaje na elektrodzie, sporządzonej ze szlachetnego metalu, zanurzonej w roztworze badanym. Ponadto możemy ją wyrazić jako hypotetyczne (niezmiernie małe) ciśnienie wodoru, będącego w równowadze z danym systemem oksydacyjno-redukcyjnym. Zamiast

*

tej wielkości, ze względów praktycznych, używamy jej odwrotnego logarytmu, który oznaczamy symbolem rH .

Prócz potencjometrycznej metody oznaczania rH opracowana została i metoda kolorymetryczna w sposób analogiczny, jak kolorymetryczna metoda oznaczania stężenia jonów wodorowych. Wiadomo, że indykatory pH pod wpływem zadziałania na nie odpowiedniego stężenia jonów wodorowych ulegają dysocjacji elektrolitycznej i zmieniają swą barwę; podobnie i różne indykatory rH pod wpływem zetknięcia się z płynem, posiadającym odpowiedni potencjał oksydacyjno-redukcyjny, ulegają redukcji, zmieniają barwę i odbarwiają się. Do najczęściej używanych indykatorów rH należy błękit metylenowy, różne związki indyga i związki indofenolowe.

J. i D. Needham (33, 34, 35) pierwsi wprowadzili kolorymetryczną metodę badania zjawisk oksydacyjno-redukcyjnych do badań mikrurgicznych w cytologii. Z ich badań najwięcej interesujące wyniki dały doświadczenia nad jajami jeżowca. Wykazały one, że protoplazma tych komórek posiada słabe zdolności redukujące i przytem stały i w ciasnych granicach zamknięty potencjał oksydacyjno-redukcyjny, że potencjał ten nie zmienia się pod wpływem zapłodnienia, i to pomimo, że jak wykazał Warburg (51), po zapłodnieniu wzmagają się bardzo znacznie oddechanie tych komórek, to jest procesy oksydacyjne właśnie. Wzmocnienie się tych zjawisk oksydacyjnych polegać więc musi na ilościowym tylko, a nie jakościowym przyroście czynnej substancji utleniającej.

Znacznie intensywniej redukującą jest protoplazma roślinnych komórek, zawierających chlorofil (Rapkin i Wurmser 40), pomimo że protoplazma ta produkuje wolny tlen.

W ostatniej pracy Cohena, Chambersa i Reznikoffa (20) zostały poddane eksperymentalnej analizie właściwości oksydacyjno-redukcyjne protoplazmy ameby (*Ameba proteus* i *dubia*). Badania przeprowadzano w warunkach anaerobiotycznych, w atmosferze czystego azotu, oraz przy wolnym dostępie atmosferycznego tlenu.

W atmosferze azotu zdolności redukcyjne protoplazmy ameby stają się bardzo duże, natomiast zdolność do utleniania spada prawie do zera. W tych warunkach protoplazma ameby zawiera prawdopodobnie tylko substancje redukujące w stanie

czynnym. W atmosferze powietrza ma znacznie mniejsze, wyraźne jednak, własności redukujące, bliskie tej, jaką posiada protoplazma komórek roślinnych, badanych przez Rapkina i Wurmsera. Zdolności redukcyjne protoplazmy są ograniczone z powodu ograniczenia ilości substancji redukującej, jaka w danym momencie znajduje się w komórce; to też parokrotne powtórzenie iniekcji indykatorów powoduje związanie przez nie substancji redukującej i uniemożliwia dalszą redukcję.

Inne zastosowania mikrurgji.

Przed zakończeniem referatu przedstawię jeszcze niektóre inne zastosowania mikrurgji, leżące poza zakresem właściwej nauki o fizykochemicznych właściwościach protoplazmy.

W protozoologii więc znalazła ta metoda zastosowanie w badaniach nad funkcją wodniczki tętniącej. Howland i Pollack (27, 28, 29) wykazali, że ten narząd komórkowy służy amebie jako organ wydalniczy, przekonali się o tem mianowicie, wstrzykując do ameby alkoholowy roztwór kwasu pikrynowego. Kwas ten trujący niezmiernie dla komórki, gdy działa na nią odzewnątrz, jest znacznie mniej toksyczny, gdy wstrzykiwać go bezpośrednio do protoplazmy. Ścina on protoplazmę w miejscu wstrzyknięcia, część jednak kwasu rozpuszcza się w protoplazmie, barwiąc ją na intensywny żółty kolor. Z protoplazmy przechodzi on stopniowo do wakuoli tętniącej, która barwi się na żółto coraz silniej, w miarę jak odbarwia się protoplazma. Wodniczka, kurcząc się, wydalą wreszcie kwas pikrynowy nazewnątrz.

Wątpliwą kwestję, czy ameba jest w stanie trawić tłuszcze, rostrzygnęli w znaczeniu twierdzącem Dawson i Belkin (21), obserwowali bowiem zmniejszanie się objętości kropeł różnych tłuszczów, wprowadzanych przy pomocy mikropipety do protoplazmy ameby.

W bakterjologii mikrurgja znalazła zastosowanie do izolacji poszczególnych mikroorganizmów i zakładania kultur z poszczególnych osobników (Schouten (46)). Robione są takie same usiłowania i przy zakładaniu kultur tkanek in vitro z pojedynczych komórek.

Wreszcie, stosując metody mikrurgiczne w badaniach genetycznych, wykazał Harder, że protoplazma komórki jajowej

jest przenosicielką cech dziedzicznych organizmu narówni z jądrem tej komórki i plemnikiem.

Reasumując to, co powiedziałem o zastosowaniu mikirurgji w różnych dziedzinach cytologii, o zdobyczach naukowych, zebranych przy pomocy tej metody, stwierdzić trzeba, że metoda ta, dająca bezpośredni dostęp do żywej komórki, zasługuje na to, by stała się nietylko znaną szeroko, ale i szeroko stosowaną.

LITERATURA.

1. Barber M. A. cytowany według Chambersa 6.
2. Chabry L. Journ. d. l'Anat. e. d. Physiol. T. 23, 1887.
3. Chabry-Kopsch cyt. wedł. Enzyklopädie d. Mikroskopischen Technik ed. Urban & Schwarzenberg, Vol. 1. str. 376, 1910.
4. Butschli O. Untersuchungen über mikroskopische Schaume, Lipsk, 1892.
5. Chambers R. J. Exper. Zool. v. 23. 1917.
6. Tenże. — Biol. Bull. v. 34, 1918.
7. Tenże. — Anatom. Rec. v. 24, 1922.
8. Tenże. — J. Gen. Physiol. v. 5, 1923.
9. Tenże. — General Cytology Sec. V, Un. Chicago Pr., 1924.
10. Tenże. — La Cellule T. 35, 1925.
11. Tenże. — The Harvey Lectures Ser. 22, 1927.
12. Tenże. — Biol. Bull. 41, 1921.
13. Chambers R. a. Pollak H. J. Gen. Physiol. v. 10, 1927.
14. Chambers R., Pollack H. a. Hiller S. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. v. 24, 1927.
15. Chambers R. a. Reznikoff P. J. Gen. Physiol. v. 8, 1926.
16. Chambers R. a. Sands H. C. J. Gen. Physiol. v. 5, 1923.
17. Clark M. Studies on oxidation-reduction. I. Publ. Health Rep. Washington, 1923.
18. Clark M. The determination of Hydrogen Ion. II-nd. ed. 1922.
19. Clowes G. H. J. Phys. Chem. v. 20, 1916.
20. Cohen B., Chambers R. a. Reznikoff P. J. Gen. Physiol. v. 11, 1928.
21. Dawson I. A. a. Belkin M. Proc. Exp. Biol. Med. v. 25, 1928.
22. i 23. Ettisch u. Péterfi. Pflüg. Arch. d. ges. Physiol. 208, 1925.
24. Gelfan S. Univ. Calif. Pr. Berkeley, 1927.
25. Herlant M. Arch. de Biol. T. 30, 1920.
26. Hiller S. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. v. 24, 1927.
27. Howland R. J. Exp. Zool. v. 40, 1924.
28. Howland R. a. Pollack H. Proc. Exp. Biol. Med. v. 24, 1927.

29. Howland R. a. Pollack H. J. Exp. Zool. v. 48, 1927.
30. Kite G. L. Biol. Bull. v. 25, 1913.
31. Mc. Clendon. Arch. f. Entw.-mech. v. 26, 1912. ●
32. Mc. Clendon. J. Exp. Zool. v. 6, 1909.
33. Needham J. a. Needham D. Proc. Roy. Soc. B. v. 99, 1925.
34. Needham J. a. Needham D. C. R. Soc. Biol. T. 93, 1925.
35. Needham J. a. Needham D. Proc. Roy. Soc. B. v. 99, 1926.
36. Péterfi T. Hbuch d. Biol. Arbeitsmethoden Lfrg. 124, 1924.
37. i 38. Péterfi T. Arch. f. Exp. Zellf. bes. Gewebezuch. v. 4, 1927.
39. Péterfi u. Olivo, — tamże.
40. Rapkine L. et Wurmser R. C. R. Soc. Biol. T. 94, 1926.
41. Reiss P. Le ph. interieure cellulaire et ses variations, Paris, 1926.
42. Reiss P. et Vellinger E. C. R. Soc. Biol. T. 94, 1926.
43. Reznikoff P. J. Gen. Physiol. v. 10, 1927.
44. Reznikoff P. J. Gen. Physiol. v. 11, 1928.
45. Reznikoff P. a. Chambers R. J. Gen. Physiol. v. 10, 1927.
46. Schouten S. L. Ztschr. f. wiss. Mikros. v. 22, 1905.
47. Tschachotin S. Biol. Cntrbl. v. 32, 1912.
48. Tschachotin S. Ztschr. f. wiss. Mikr. B. 29, 1912.
49. Vellinger E. C. R. Soc Biol. T. 94, 1926.
50. Vlès C. R. Soc. Biol. T. 94, 1926.
51. Warburg O. Pflug. Arch. f. ges. Physiol. B. 160, 1915.

*Z Instytutu Biologiczno-Embrjologicznego Uniwersytetu Jagiellońskiego
w Krakowie.*

S. LORIA.

Alchemja średniowieczna w świetle fizyki dzisiejszej.

(Odczyt wygłoszony dnia 20 lutego 1928 r. w sali Muzeum Przemysłowego
we Lwowie na rzecz „Ochronki im. J. Piłsudskiego“).

Coraz częściej spotyka się w pismach codziennych, w tygodnikach i miesięcznikach popularno-naukowych sensacyjnie brzmiące tytuły: „Marzenia alchemików urzeczywistnione“. — „Rozwiązanie zagadki świata: odkrycie kamienia filozoficznego“. — „Metoda przemiany pospolitych metali na złoto znaleziona i... opatentowana“ i t. p.

Co sądzić o tych entuzjastycznych nagłówkach sprawozdań, których treść jest dla szerokiego ogółu zwykle równie niezrozumiała, jak tajemniczemi były i są po dziś dzień formuły, zaklęcia i recepty alchemików średniowiecznych?

Zaledwie kilkadziesiąt lat minęło od chwili, gdy znakomity historyk chemji Herman Kopp nazwał dzieje alchemji „dziejami błędu“. Pisząc o przemianie metali i oceniając jej możliwość ze stanowiska wiedzy ówczesnej, mówił z oburzeniem: „równie niepojętem, jak sama przemiana metali, wydaje mi się to, że mężowie znani z uczciwości, ludzie, którzy nie chcieli i nie mogli ciągnąć zysków z oszustwa i którzy mieli do dyspozycji i mogli zastosować środki i sposoby skutecznej kontroli, podlegali tak łatwo złudzeniom lub też chcieli się dać oszukiwać“. Opinia Koppa była charakterystyczna dla sądu, jaki o alchemikach i alchemji wydała nauka oficjalna w drugiej połowie ubiegłego stulecia. Nauczono nas pogardy dla tajemniczych adeptów „hermetycznej wiedzy“. Poszukiwaczy „ka-

mienia filozoficznego“, czyli „wielkiego eliksiru“ albo „panaceum“, które miało uzdrawiać chorych, wskrzeszać umarłych i przeobrażać w złoto pospolite metale... przedstawiono nam jako oszustów, szarlatanów, goniących jedynie za zyskiem materialnym i pozbawionych tego obiektywnego i bezinteresownego umiłowania prawdy, które stanowi główną i najważniejszą cechę prawdziwego badacza.

Co sprawiło, że dzisiaj, w okresie bujnego rozwoju nauk przyrodniczych, wyzwolonych zarówno z pod wpływu doktryn filozoficznych jak i religijnych, w epoce radiofonji, telewizji, aeroplanów i t. p., my, przyrodnicy współcześni, nieporównanie zasobniejsi w środki badawcze i uzbrojeni w nierównie precyzyjniejsze narzędzia krytyki naukowej niż nasi ojcowie... znacznie oględniej odnosimy się do zamierzeń adeptów „sztuki tajemnej“? Czemu przestaliśmy potępiać, a nauczyliśmy się rozumieć ich błędy? Dlaczego nie obawiamy się już dzisiaj sami mówić w pewnym sensie o „alchemji nowoczesnej“ i dyskutować nawet zupełnie poważnie możliwość celowej transmutacji pierwiastków?

§ 1. Przypomnijmy, jaki wizerunek alchemika i jego niesamowitej działalności przekazała nam historia. Obrazy holenderskiego mistrza Teniersa młodszego dają możliwość odtworzenia jego laboratorium. Mieści się ono w starych, ciemnych, sklepionych komnatach, do których rzadko tylko lub wcale nie docierają promienie słońca. Na olbrzymim, kamiennym piecu żarzy się płomień ogniska podtrzymywany podmuchem potężnego miecha, obsługiwanego przez młodego ucznia. Kłęby dymu i pary przewalają się po komnacie, wznosząc się zwolna ku poczernionej powale i snują leniwie ku nielicznym otworom kominowym. W półmroku, słabo rozświetlanym ognikiem migocącego kaganka, błyszczą po kątach białe kości szkieletów zwierzęcych i ludzkich, a u stropu wiszą wypchane zwierzęta, zapatrzone szklanymi oczami w bezładny chaos rozstawionych na stołach i półkach naczyń wszelakiego kształtu i wielkości, rur, kolb, tygli z ogniotrwałej gliny, helmów destylacyjnych, lejków, czarek i dzbanów, flaszek, wypełnionych płynami, kryształowych puharów, zawierających mieniające się wspaniałymi barwami mikstury o tajemnych, magicznych lub groźnych, trujących własnościach. W tym mrocznym lamusie naukowej graciarni

siedzi Mistrz, mąż brodaty, spowity w fałdziste szaty średnio-wiecznego uczonego i pochylony nad poślódkami kartami om- szalego foljantu odczytuje tajemnicze znaki, maksymy, recepty i symbole, kryjące zazdrośnie upragnione rozwiązanie nieodgad- nionej od wieków zagadki.

Dziwnie brzmią te kabalistyczne formułki, powtarzające się w niezliczonych warjantach w literaturze alchemicznej. Do naj- starszych tego rodzaju maksym należy n. p. ta, którą w IV. w. na- szej ery sformułował jeden z twórców wiedzy tajemnej: „Przy- roda raduje się przyrodą. Przyroda pokonywa przyrodę. Przy- roda opanowuje przyrodę“. Jeszcze bardziej tajemniczo przedsta- wiają się długie, zawile, w symbolicznej nomenklaturze wyrażone recepty sporządzania płynnego złota, zawarte w dziele Basi- liusa Valentina (XV w.), lub bardzo szczegółowe a zgoła niewykonalne przepisy, według których R a y m u n d u s L u l l u s (XIII. w.) miał z pomocą kamienia filozoficznego przemienić rtęć w złoto, — jak mówi, — lepsze niż złoto kopalne.

§ 2. Poza murami swego laboratorium, adept, mąż, zna- jący tajemnicę uzyskania kamienia filozoficznego, zapewnia- jącego bogactwo i zdrowie, cieszył się nielada powagą i zna- czeniem. Najpotężniejsi władcy ubiegali się o jego względy, otaczali go przyjaźnią i możną opieką, nadawali mu szlachec- two, budowali mu laboratorium, łożyli hojnie na jego potrzeby i prace... w złudnej nadziei, że staną się panami bogactw, zdobytych dzięki jego tajemnej umiejętności „uszlachetniania metali“. Wiadomo, że cesarz R u d o l f II. był wielkim protek- torem alchemji; do dziś dnia przechowały się na Hradczynie, w pobliżu siedziby cesarskiej, małe domki z olbrzymimi pie- cami, wybudowane podobno dla dworskich „kucharzy złota“. Legenda głosi, że cesarz sam brał udział w eksperymentach alchemików dworskich i że ich sztuce robienia złota zawdzię- czał olbrzymie bogactwa, które pozostawił. Wielce prawdopo- dobnem jest także, że Tycho de B r a h e zawdzięczał opiekę i poparcie cesarza raczej swej wiedzy alchemicznej i astrolo- gicznej aniżeli tym odkryciom astronomicznym, za które pó- źniej uwieczniła go potomność. Praktyczniej jeszcze usiłował wyzyskać wiedzę alchemików H e n r y k II, król Anglii. Chcąc ra- tować nadszarpane długami finanse państwa, rozkazał szlachcie, uczonym i teologom nauczyć się alchemji i utworzył nawet

towarzystwo, któremu nadał przywilej robienia złota z pospolitych metali. Uzyskany w ten sposób żółty metal (prawdopodobnie stop miedzi z rtęcią) polecił zużyć w mennicy do wybijania monet. Dziejopis milczy o tem, czy król Henryk wierzył w prawdziwość tego „złota“. W każdym razie sprytni Szkoci byli ostrożni i uchwalili w parlamencie ustawę, zakazującą importu „angielskiego złota“ do portów i granic swego kraju.

Jak cennym nabytkiem dla niejednego panującego byli w wiekach średnich cieszący się mniej lub więcej zasłużoną sławą alchemicy, o tem świadczy fakt, że różni książęta starali się ich zdobyć lub odebrać sąsiadom przekupstwem, prośbą lub siłą, że w układach pokojowych wymieniano ich między sobą niby dobro zdobyczne lub wypożyczano na czas określony. Wszelako los tych upragnionych szafarzy bogactw i zdrowia nie był bynajmniej godny zazdrości. Łaska chciwego protektora trwała zwykle krótko. Bezowocne a kosztowne i długotrwałe eksperymenty wyczerpywały jego cierpliwość. Niezaspokojona żądza zysków i zawiedziona nadzieja dyktowały zemstę okrutną i krwawą. To też ceniony alchemik prędzej czy później znikał z dworu, jeśli nie zginął w kaźni albo nie zawisł na pokrytej pozłótką szubienicy wśród szyderczych okrzyków okrutnie wesołego tłumu.

§ 3. Historia osądziła alchemików według ujemnych wyników ich pracy oraz niskich pobudek tych, którzy pragnęli ciągnąć zyski materialne z ich zdobyczy. Niewątpliwie wielu było między nimi pyszałków, oszustów, szarlatanów, ukrywających pod powłoką naukowości i mistyczno-tajemniczej symboliki najpospolitsze przywary marnych wydrwigroszów. Czyż jednak świat dzisiejszy jest już istotnie o tyle lepszy, o tyle moralniejszy, że mamy dobre prawo w czambuł potępiać wszystkich adeptów „boskiej sztuki“ zdobywania złota i cudownego panaceum? Czy wśród nas mało jest pewnych siebie, ograniczonych i sprytnych pseudo-uczonych, żerujących zręcznie na głupocie i próżności ludzkiej i ciągnących materialne i niematerialne zyski z walki człowieka z ubóstwem i chorobą, z temi plagami, które dziś nie mniej niż w wiekach średnich gnębią ród człowieczy? — Nie sądzę.

To też chcąc sprawiedliwie ocenić alchemików średniowiecznych, należy raczej rozważyć *sine ira et studio*, jakie były źródła i cele ich poznawczych wysiłków, oraz jaka była me-

toda ich pracy. Dopiero w świetle takiej analizy wystąpią na jaw właściwe cechy ich umysłowości. Okaże się wtedy, że mimo wszelkie pozory głównym źródłem ich poznania były: obserwacja i... eksperyment. W dziele p. t. „Summa perfectionis“ z XII. wzgl. XIII. w., przypisywanem Geberowi (który miał być, wedle mało prawdopodobnej wersji, identycznym z arabskim Dschafarem), znajdujemy takie zdania: „Młodzieńcze, który szukasz poznania, badaj, eksperymentuj i nie ustawaj w tej pracy, a plonem twym będą tysiąckrotne owoce“. W innym miejscu tegoż dzieła czytamy: „Początkujący badacz nie powinien nigdy poddawać się zwątpieniu. Jeśli dąży do poznania, znajdzie je; wszelako nie przez studjum ksiąg, lecz przez badanie samej przyrody“.

W innym dziele „Liber de investigatione perfectionis“ w ten sposób określa Geber to, co nazywa „preparatio“, t. j. proces, wiodący do przemiany metalu pospolitego w metal szlachetny: „Preparatio polega na usunięciu składników zbytecznych i na dodaniu tych, których brak, by ciało niedoskonałe stać się mogło doskonalszem. Osiągnąć to można przez zastosowanie specjalnie dobranych metod oraz przez użycie oczyszczających czynników“. „Doświadczenie“, — mówi dalej, — „doprowadziło nas do poznania rozmaitych procesów roboczych (metod) jakoto: zwapnianie, sublimacja, strącanie, rozpuszczanie, koagulacja, utrwalanie. Przy tej preparatywnej pracy użytecznymi są wszelakiego rodzaju sole, kwasy, zasady, a nadto szkło, boraks i podobne im substancje oraz silny ocet i ogień“.

Kto bez uprzedzenia czyta te ustępy, musi przyznać, że w tem być może zbiorowem i niesłusznie Geberowi przypisywanem, lecz bądź co bądź co najwyżej z XIV. w. pochodzącem dziele zawarte są już niemal wszystkie naczelne zasady metod dzisiejszej chemji. To też słusznie zauważył Justus Liebig w swych „Listach chemicznych“, że „alchemja była nauką i obejmowała wszystkie działy technologii chemicznego przemysłu“.

Dzięki bezustannemu eksperymentowaniu nagromadzili alchemicy całe mnóstwo wiadomości z dziedziny chemji. Stosunkowo wcześniej dostrzegli różne stopnie powinowactwa chemicznego i nie omieszkali z tej wiadomości korzystać. Już za

czasów Gebera (XII. — XIII. w.) znane im były: potas, sól, kwas siarkowy i woda królewska. Basilius Valentinus sporządza kwas solny, posługuje się saletrą, salmjakiem, węglanem amonowym, chlorkiem rtęci, oraz solami cynku, bizmutu i antymonu i t. p.

Wiadomości te były coprawda zbierane bezplanowo, jako uboczny produkt obłądnego poszukiwania „czerwonej tynktury“, „piątej essencji“, „wielkiego magisterium“, „fermentum“... jakimi to nazwami chrzczono ów drogocenny, wymarzony „kamen mądrości“. Opis procesów roboczych oraz przebiegu reakcyj był bałamutny, pełen mityczno - alegorycznych lub później mistyczno - religijnych przenośni i symboli, zniekształcony bałastem przesądów i zabobonów (n. p. odmawianie kilku „Ojczy nasz“ jako zdegenerowana forma pospolitego podówczas mierzenia odstępów czasu). Niemniej przyznać trzeba, że eksperymenty alchemików odegrały w historii chemji rolę niezmiernie doniosłą przez to, że wykształciły kunszt eksperymentowania, rozbudziły śmiałość inicjatywy badawczej i wytworzyły ten warsztat techniczny, którego opanowanie stanowi, zdaniem wielkiego Berzeliusa, 99% pracy chemika.

§ 4. Alchemicy byli badaczami. Czytali w wielkiej otwartej księdze przyrody i mozolnie, chociaż nieraz naiwnie, starali się pojąć jej tajniki. Czemu więc wytłumaczyć, że tyle czasu i trudu zmarnowali na pracę nad przemianą metali, na zamierzenie, które nauka późniejsza uznała za niedorzeczne?

Niewątpliwie ważną rolę odegrała pod tym względem filozofja Arystotelesa. Wiadomo, że umysłowość średniowieczna rozwijała się przez całe wieki w okowach arystotelesowego systemu, z którego zwolna dopiero i mozolnie wyzwalać się poczęła w drugiej połowie XVII. stulecia. Otóż w myśl nauki Arystotelesa dążenie do transmutacji metali nie jest bynajmniej niedorzecznem. Cztery podstawowe „żywiwoły“: ziemia, powietrze, woda i ogień są podłożem postrzegalnych własności ciał, określanych jako „ciepłe“, „zimne“, „suche“, „wilgotne“. Ciała rzeczywiste są materją, „uformowaną“ temi cechami. Materja czysta, pozbawiona formy, „pramaterja bez formy“ nie istnieje aktualnie. Nie można też mówić o różnych rodzajach materji. Własności, których zespolenie z pramaterją formuje materję rzeczywistą, są ze swym substratem połączone

nietrwale. Przez zmianę cech formuje się pramaterję w ciało innego gatunku.

Nie należy się zatem dziwić, że dla umysłów, których wyszkolenie polegało w znacznej mierze na stosowaniu tego rodzaju dogmatów filozoficznej wiary, była możliwość transmutacji materji rzeczą samo przez się zrozumiałą. Jeśli woda w związkun z ciepłem może się przemienić w powietrze (para) lub ziemię (osad soli na dnie naczynia po odparowaniu cieczy), to chyba nieporównanie łatwiej powinnyby się dać przemienić jedno w drugie ciała tak bardzo do siebie podobne jak metale. To też łatwo pojąć, że zabarwienie miedzi, uzyskane przez zamalgamowanie jej z innym metalem, uznano za pierwszy krok do „uszlachetnienia“ miedzi w srebro, albo, że żółty kolor mosiądzu uważano za objaw zbliżenia mniej szlachetnej miedzi do szlachetniejszego złota. Nie należy bowiem zapominać i o tem, że według nauki Arystotelesa nie można było przypuścić, by miedź istniała jeszcze jako składnik w mosiądzu. Przez zmianę własności n. p. barwy, miedź przestawała istnieć, a powstawało coś nowego, innego, bardziej podobnego do złota, coś lepszego.

§ 5. Jeśli się zważy moc, z jaką system Arystotelesa wyrzył swe piętno na formach myślenia ludzi średniowiecza, to podziwiać raczej należy krytycyzm i niezależność sądu naukowego, a zwłaszcza metodę, którą posługiwali się niektórzy alchemicy XVI. i XVII. w., omawiający z niedowierzaniem rzekome wyniki dokonanych transmutacyj. Wielce charakterystycznym jest stanowisko, jakie wobec tego naczelnego problemu alchemji zajmuje Rudolf Glauber. W dziele „Opera Chymica“ z 1658 r. czytamy: „Nie zamierzam ani nie mógłbym udowodnić, że on (Theophrastus Paracelsus) robił złoto w wielkich ilościach. Radbym zaznaczyć, że zdaniem mojem, możnaby tego dokonać. Atoli niewiem, jak to robić na wielką skalę i przyznać muszę, że mnie to bynajmniej szczególnie nie interesuje“. Glauber nie poprzestaje jednak na hipotetycznym uznaniu możliwości uzyskania złota w drodze preparatywnej. Opisuje własny tego rodzaju eksperyment, stwierdza, że istotnie znalazł ślady cennego kruszcu, lecz zamiast uznać to za dowód transmutacji, analizuje warunki doświadczenia, szuka z przenikliwym krytycyzmem możliwych źródeł błędu, bada czystość substancyj, używanych kolejno podczas procesów destylacji,

strącania i t. p... i decyduje, że jedna z nich zawierała i wniosła do reakcji owe drobne, znalezione ślady szlachetnego metalu.

Podaję treść tego ustępu z dzieła Glau b e r a, pochodzącego z końca XVII. stulecia, aby okazać, że ujawniona w niem metoda rozumowania oraz krytyczna ocena i kontrola wyników eksperymentu, nosi już wszystkie wybitne znamiona nowoczesnego, wyzwolonego myślenia naukowego. Istotnie, w owym czasie coraz sceptyczniej poczęto się zapatrywać na transmutację metali. V a n n u c c i o B i r i n g u e c c i o, autor klasycznego dzieła z dziedziny chemji p. t. „Pirotechnia“ (1546 r.) nie wierzy już wcale w możliwość sztucznego preparowania złota, szydzi, że ci, którzyby tego dokonać zdołali, musieliby chyba być czemś w rodzaju aniołów na ziemi, wreszcie stwierdza, że „bardzo mało jest metali, nie zawierających mniejszej lub większej przymieszki złota“.

§ 6. I oto w miarę wzrastania zasobów empirycznie nagromadzonej wiedzy, krok w krok z rozwojem niezależnego, krytycznego naukowego sądu, słabnie autorytet arystotelesowego systemu. Zwolna zaczyna sobie torować drogę przekonanie, że świat nie składa się z czterech „żywiołów“ A r y s t o t e l e s a, ani — jak chcieli późniejsi alchemicy — z trzech „principiów“: rtęci, siarki i soli, lecz z substancyj prostych, t. zn. nie dających się rozłożyć chemicznie, z pierwiastków, których liczby nie można oznaczyć inaczej, jak tylko *à posteriori*, t. j. na podstawie systematycznych eksperymentalnych badań. J o a c h i m J u n g i u s, który żył w Hamburgu w pierwszej połowie XVII. stulecia, był bodaj pierwszym zdecydowanym pionierem takiego poglądu. Atoli pisma jego nie uzyskały rozgłosu i nie wywarły należytego wpływu na współczesnych. Dopiero dzieło angielskiego chemika R o b e r t a B o y l e' a p. t. „The Sceptical Chymist“, dające wyraz analogicznemu pogładowi, dotarło — dzięki swym wyjątkowym walorom naukowym i literackim — do szerokich kół czytelników i przyczyniło się walnie do wyzwolenia fizyki i chemji z krępujących je więzów filozofji A r y s t o t e l e s a.

Robert Boyle był właściwym twórcą nowoczesnej atomistyki; od niego poczyna się nieprzerwany łańcuch konsekwentnego rozwoju naszych dzisiejszych naukowych poglądów na budowę materji. Pierwsze stadjum tego rozwoju stanowiła

rozbudowa zasad klasycznej atomistyki chemicznej. Jej podstawą są empiryczne prawa znane pod nazwą „prawa zachowania masy“ oraz „prawa stałych i wielokrotnych stosunków wagowych i objętościowych“. Jej rusztowaniem jest teoria Daltona, uzupełniona hipotezą Avogadry. Jej koroną — sławna tablica perjodycznego układu pierwiastków, ułożona przez Lothara Meyera i Mendelejewa. Wiadomo każdemu, kto zna elementy chemji, na czym polegała perjodyczność tego układu. Oto jeśli się uszereguje atomy różnych pierwiastków według wzrostu ich ciężaru, będzie można podzielić ten szereg na kilka odcinków w ten sposób, by w odpowiadających sobie miejscach porządkowych w każdym odcinku przypadły pierwiastki uderzająco do siebie podobne. To okresowo się powtarzające podobieństwo cech dotyczy wartościowości, ściślności, rozszerzalności, temperatury topnienia, elektrochemicznego charakteru i t. p. Co prawda, przy układaniu tej tablicy, w której podobne do siebie pod względem chemicznym i fizycznym pierwiastki umieszczone są w kratkach tej samej (pionowej) kolumny, nie obeszło się bez pewnych trudności, kompromisów i usterek. Niemniej jednak wiadomo z historii chemji, że znaczenie odkrycia Mendelejewa było niezmiernie doniosłe. Klasyfikacja Mendelejewa była nie tylko potężnym narzędziem heurystycznym w rękę badacza chemika; była ona nadto nader suggestywnym wyrazem jakiegoś podstawowego prawa, determinującego strukturalne podobieństwo, a może nawet i genetyczny związek atomów różnych pierwiastków. Mendelejew sam zwalczał namiętnie wszelkie tego rodzaju domysły. Niemniej jednak faktem jest, że hipoteza o złożoności i wewnętrznej budowie atomów z cząsteczek pramaterji, postawiona przez Prouta w 1815 r. i zarzucona później wobec świetnych wyników teorii Daltona, stała się właśnie skutkiem odkrycia perjodycznego systemu jeszcze bardziej ponętną i aktualną.

§ 7. Drugi okres rozwoju atomistyki nowożytnej dokonał się niemal wyłącznie w dziedzinie zjawisk fizycznych. Dzięki wynikom eksperymentalnych badań nad elektrolizą, nad przewodzeniem elektryczności przez gazy, nad promieniami katodowymi, nad efektem fotoelektrycznym, nad dyspersją spójczynnika załamania światła i t. p. stwierdziliśmy ponad wszelką

wątpliwość, że atomy pierwiastków są złożone. Wiemy, że grudka materji o rozmiarach kuleczki, której promień wynosi jedną dwumiljonową część milimetra, może zawierać jeszcze znaczną liczbę drobniejszych części składowych. Wiemy nadto, że pewne części składowe atomów (elektrony) są ujemnie naelektryzowane i umiemy mierzyć ich ładunek oraz masę bezwładną, 2.000 razy mniejszą niż masa atomu wodoru.

Od chwili poznania pierwiastków promieniotwórczych oraz historii ich przemiany wiemy napewno, że ciężkie atomy toru, uranu, radu, polonu i t. p. są układami złożonemi o równowadze nietrwałej; że ulegają spontanicznemu rozpadowi, polegającemu na tem, iż atom rozpadający się traci pewne części składowe, promieniuje i przeobraża się skutkiem tego w atom innego, mniej lub więcej trwałego pierwiastka. Analiza promieni uchodzących z rozpadającego się atomu pokazała, że składa się on nie tylko z elektronów lecz i z cząstek α , cztery razy cięższych niż atom wodoru i naładowanych nabojem elektrycznym dodatnim, dokładnie dwa razy większym niż ujemny nabój elektronów. Rozpadający się atom formalnie eksploduje. Wyrzuca z siebie albo tylko cząstkę α , albo tylko cząstkę β , albo obie równocześnie, przyczem emisji cząstek β towarzyszy z reguły promieniowanie elektro - magnetyczne, krótkofaliste, zwane promieniomaniem γ .

Okazało się dalej, że cząsteczki α , wysyłane n. p. przez rozpadający się atom radu, są atomami dobrze nam znanego pierwiastka, helu, pozbawionemi dwóch elektronów. Produkt tego rozpadu, t. zw. radon czyli emanacja radowa, jest znowu pierwiastkiem o określonym ciężarze atomowym, o swoistem widmie, o określonych własnościach fizycznych i chemicznych, wyznaczonych trafnie przez puste dotąd miejsce w tablicy Mendelejewa. To samo powiedziec należy o każdym z produktów rozpadu promieniotwórczego, którego ostatecznym wynikiem jest atom ciała, niczem — z wyjątkiem drobnej różnicy ciężaru — nie dającego się odróżnić od atomów ołowiu.

Fizyka i chemja ciał promieniotwórczych dostarczyły zatem dowodów eksperymentalnych na to, że w wielkim laboratorium przyrody odbywa się spontanicznie transmutacja pierwiastków i że nie jest w ludzkiej mocy wpłynąć na kierunek lub szybkość tego procesu przemiany.

§ 8. Odkrycie pierwiastków promieniotwórczych miało z innego jeszcze powodu epokowe znaczenie dla sprawy poznania atomów materji. Zważmy, że cząstki α mają masę atomów helu (względem wodoru oznaczoną liczbą 4) i są wyrzucane z atomów macierzystych z ogromną prędkością rzędu 20.000 *cm/sek.* Olbrzymia energia kinetyczna takich pocisków pozwala im przebijać się przez kilkocentymetrowe warstwy gazu, a nawet przenikać przez cienkie blaszki metali. Badania nad rozpraszaniem się cząsteczek α podczas przenikania przez materję doprowadziły do wniosku, że atom ciała takiego, jak n. p. wodór, nie jest wcale czemś zwartem, ciąglem, lecz składa się z niezmiernie małego jądra i większego odeń elektronu, krążącego w znacznej odległości dookoła tego jądra. Gdybyśmy taki atom powiększyli w myśli 50 miliardów razy, to jego jądro przedstawiałoby się nam jako ziarenko o średnicy przekroju około $\frac{1}{10}$ *mm*, jego elektron jako kulka o średnicy 20 *cm*, zaś odległość elektronu od jądra wynosiłaby 5 kilometrów.

Jądro atomu wodoru, czyli proton, jest najdrobniejszym ustrojowym składnikiem materji. Jądra innych atomów złożone są z protonów i elektronów. Od liczby protonów w jądrze zależy ciężar atomowy pierwiastka. Ponieważ atom uranu jest 238 razy cięższy od wodoru, przeto jego jądro zawiera 238 protonów. W szeregu pierwiastków, uporządkowanych według wielkości elektrycznego dodatniego ładunku jądra, zajmuje uran miejsce 92. Znaczy to, że ładunek jądra atomu uranu jest 92 razy większy niż nabój protonu. Aby tak być mogło musi jądro atomu uranu zawierać obok 238 protonów 146 ujemnych elektronów. Ponieważ zaś atom uranu jest elektrycznie neutralny, przeto musimy przypuścić, iż dookoła jego jądra krąży rój 92 ujemnych elektronów.

Oto na przykładzie schemat wewnętrznej budowy ciężkiego atomu według naszych współczesnych teoryj materji. Szczegółów obrazu znamy bardzo niewiele. Analiza widmowa promieni widzialnych i niewidzialnych odsłoniła nam dopiero ogólny plan rozmieszczenia elektronów dookoła jądra. O jądrze samem wiemy bardzo mało. Wiemy tylko, że kryje ono w sobie tajemnicę ciężkości materji, że w jego wewnętrznych kataklizmach tkwi przyczyna promieniotwórczego rozpadu, że z jego wnętrza wyrzucane są z zawrotną szybkością cząsteczki α i β .

W każdym razie nie możemy mówić o zwartej lub ciągłej konstytucji atomu. Jest on raczej podobny do miniaturowego układu kosmicznego, złożonego z roju ujemnych elektronów, wirujących w ogromnych odległościach około znacznie od nich mniejszego centralnego jądra.

§ 9. Rozumiemy teraz, dlaczego cząsteczka α stosunkowo łatwo przenika przez materję; rozumiemy też, że w kłębowisku potężnych elektrycznych i magnetycznych pól, stanowiących wnętrze atomu, pocisk, naładowany elektrycznie, musi wogóle zbaczać z pierwotnego toru, że rój takich pocisków rozproszy się na boki, musimy wreszcie spodziewać się, że czasem w wyjątkowych wypadkach pędząca przez atomy cząsteczka dozna katastrofy zderzenia z jądrem. E. Rutherford, genialny twórca tej teorii budowy atomu, znalazł zdumiewająco prosty sposób eksperymentalnego badania skutków takiego zderzenia. Okazało się, że z wnętrza atomów glinu, bombardowanych cząsteczkami α , wytrącane są cząsteczki, których fizyczne cechy niczem zgoła nie różnią się od jąder wodorowych czyli protonów. Z badań szkoły Rutherforda oraz grupy fizyków wiedeńskich wynika, że pod wpływem gradu cząsteczek α atomy glinu, sodu, potasu, fosforu, chloru i innych pierwiastków ulegają rozbiciu, dezintegracji i że produktem tej sztucznie wywołanej przemiany jest... wodór. Lecz skoro można sól, potas lub glin zamieniać na wodór, czemużby nie można — pytamy — pokusić się o przetworzenie rtęci na złoto?

Alchemicy próbowali tego niejednokrotnie i bez powodzenia. Atoli nie mieli oni do dyspozycji tak potężnych zasobów energii, jak te, które niesie ze sobą z zawrotną szybkością pędząca cząsteczka α ; nie umieli wytwarzać pól elektrycznych o potencjale miliona woltów, ani pól magnetycznych o natężeniu bliskim miliona gaussów.

Zwolennicy nowoczesnych prób dzisiejszej alchemii nie posługują się jednak wyłącznie tylko tym „argumentem siły“. Powołują się raczej na oczywiste niemal wnioski panującej teorii budowy materji. Wynika z nich z nieubłaganą koniecznością, że jeślibyśmy zdołali wytrącić z atomów rtęci jedną cząsteczkę α i jeden elektron, otrzymalibyśmy ciało pod względem wewnętrznej budowy atomów oraz wszystkich z nią związanych fizycznych i chemicznych cech identyczne ze złotem.

*

Eksperyment ten wykonali niedawno i prawie równocześnie, choć niezależnie od siebie, prof. Mieth e w Niemczech i prof. Nagaoka w Japonji. Obaj też sygnalizowali w ciągu ostatnich lat pozytywne wyniki poszukiwań. Lecz nie daremnie żył i działał R. Glauber. Fizycy współcześni nie są bynajmniej mniej krytyczni niż badacze XVI. stulecia. Podjęto niezwłocznie badania kontrolne i przeprowadzono je najzupełniej według zasad wskazanych przez Glaubera. Rychło też wykazali Tiede, Riesenfeld i Haber i inni w Niemczech oraz Sheldon i Estey oraz Harkins w Ameryce, że ledwie pod mikroskopem dostrzegalne ślady znalezionej złota pochodziły od drobnej przymieszki, która znajdowała się w rtęci używanej do doświadczeń, że więc rzekoma transmutacja była tylko koncentracją złota zawartego już w materjale pierwotnym.

Więcej szans powodzenia miała z teoretycznych względów próba transmutacji wodoru w hel, podjęta niedawno przez prof. Panetha i jego asystenta Petersa w Hamburgu. I tu uzyskano wyniki pożądane i na pierwszy rzut oka zgoła zadawalniające. Niebawem jednak okazało się znowu, że wyraźne ślady helu pochodziły z asbestu, znajdującego się w pewnej części aparatu. Można by zacytować więcej tego rodzaju eksperymentów, których rezultatem były — jak dotąd — zawiedzione nadzieje.

§ 10. Niepodobna zaprzeczyć, że sytuacja, w jakiej znajduje się alchemja nowoczesna, jest zdumiewająco podobna do położenia alchemików średniowiecznych. I tu, jak i tam, punktem wyjścia dla eksperymentu była pewna teoretyczna koncepcja budowy atomu. I tu, jak i tam, materjał użyty i przewidywany kierunek przemiany jest ten sam: cięższa atomowo rtęć ma być zamieniona na lżejsze atomowo złoto. Nasi alchemicy mówią: „Wytrać z jądra atomu *Hg* jedną cząstkę α i jeden elektron (cząstkę β) a uzyskasz jądro *Au*“.

Dwieście lat temu chemicy oznaczali ciała chemiczne innymi symbolami niż nasze. Srebro miało znak \cup , złoto \circ , kwas + a rtęć ♀ . Boerhaave, autor dzieła „New Method of Chemistry“ (1727) pisze mniej więcej tak: „Jasnym jest, że rtęć zawiera w środku złoto, na wierzchu srebro, a u spodu kwas. Zgodnie z tem mówili adepci, że sercem rtęci jest złoto (stąd jego ciężar) zaś powłoką srebro (stąd jej kolor)“. Znalazło

to wyraz w ich maksymie, dotyczącej zamiany rtęci na złoto: „Jeśli ściągniesz ze mnie wierzchnią powłokę, a to, co w mem wnętrzu, obrócisz nazewnątrz, znajdziesz rozwiązanie wszystkich zagadek świata“.

Analogje tego rodzaju, jak te, które przytoczyłem, są nie tylko interesujące i pouczające dla historyka wiedzy; dają one również odpowiedź na pytanie rzucone na wstępie wykładu: usprawiedliwiają wymownie potrzebę rewizji poglądów na alchemję średniowieczną.

§ 11. Gdybym poprzestał na tej odpowiedzi i tem zakończył dzisiejszą prelekcję, mógłby mnie spotkać los, którego doznał w r. 1518 włoski poeta Augurelli. Przesłał on papieżowi Leonowi X. heksametrem pisany poemat p. t. „Chrysopoeia“, zawierający przepis robienia złota. W nagrodę za to otrzymał od papieża w darze... próżną sakiewkę, aby miał w czem gromadzić i przechowywać cenny produkt swego kunsztu. Niejednemu ze słuchaczy nasunęło się niewątpliwie pytanie: „Jakież więc są ostatecznie widoki powodzenia współczesnej alchemji? Czy możemy się spodziewać, że wkrótce powstaną towarzystwa akcyjne i przedsiębiorstwa państwowe, fabrykujące na wielką skalę złoto z rtęci lub ołowiu?“.

Pod pewnym względem mamy niewątpliwie lepsze widoki powodzenia. Rozporządzamy większymi zasobami energii, umiemy je ujarzmić doskonałymi maszynami i czynić posłusznym narzędziem naszej woli. Atoli przewagę tę równoważy fakt, że mamy też do dyspozycji o wiele czulsze narzędzia analizy. Wykrywamy przymieszkę złota w ilości 10^{-8} gr a nawet 10^{-9} gr; umiemy znaleźć w glebie, w roślinach, w rudzie żelaznej jod, znajdujący się tam w ilości nie większej niż 10^{-6} gr; wykryjemy niechybnie w mieszaninie gazowej 10^{-9} cm³ helu. Co więcej: wiemy, że gromadzenie wielkich zasobów energii oraz ich użytkowanie jest zawsze połączone z odpowiednio wielkimi kosztami. Sądzę, że jeśli się uda kiedyś dokonać sztucznej przemiany rtęci lub ołowiu w złoto, będzie to miało ogromne znaczenie teoretyczne, lecz stosunkowo małą doniosłość praktyczną. Wydajność bowiem tego rodzaju fabrykacji byłaby najprawdopodobniej minimalna i z ekonomicznego punktu widzenia prawie beznadziejna.

Lecz nawet świadomość tej beznadziejności nie zdoła ostudzić zapału badaczy. Bo melancholijne refleksje na temat istnienia, czy nieistnienia lub wartości postępu wiedzy, refleksje, do których pobudzić mogą tego rodzaju reminiscencje, jak te, które przytoczyłem poprzednio, mają jednak kres, którego lekko-myślnie przekraczać nie należy. Istnieje mianowicie niewątpliwy postęp... w metodach badania i w ustosunkowaniu się badacza do przedmiotu nauki. Niepowodzenie alchemików średniowiecznych było... klęską; ewentualne niepowodzenie dzisiejszych badaczy może się stać tylko... źródłem nowych, bodaj czy nie bardziej interesujących problemów. Przyczyną niepowodzeń jest fakt, że niepodobna zagwarantować zupełnej czystości pierwiastka takiego, jak n. p. rtęć. Jeśliby się jednak okazało, że każda kropla najstaranniej oczyszczonej rtęci zawiera zawsze pewną przymieszkę złota, że w każdej grudce najczystszeo ołowiu znajdują się zawsze ślady talu i t. p. ..., wówczas nieuniknionem stałoby się pytanie: skąd pochodzą te ślady minimalnych zanieczyszczeń? Czy nie są one może dowodem, że samoistna dezintegracja atomów nie jest bynajmniej wyłączną cechą t. zw. pierwiastków promieniotwórczych? Czy nie mielibyśmy prawa przypuszczać, że atomy t. zw. trwałych pierwiastków są tylko względnie trwałe, że i one rozpadają się zwolna, tak wolno, iż jedynym śladem tej przemiany są owe zanieczyszczenia, z którymi teraz walczymy? Za cenę odpowiedzi na takie i inne z niem związane pytania... zgodziłbym się chętnie, by „złoto Miethego pozostało mitem“.

Z Instytutu Fizyki Uniwersytetu J. K. we Lwowie.

Z. PAZDRO.

Elementy i geneza tektoniki Europy.

(Tablica IV).

Jeśli rzucimy okiem na planigloby, spostrzeżemy, że Europa jest jedną z najlepiej poziomo ukształtowanych części świata. Jakby przyrośnięta do potężnego bloku Azji, wyciąga daleko na zachód swe liczne poszarpane półwyspy. Także i jej pionowe ukształtowanie jest niezwykle urozmaicone. Pomiedzy śnieżnymi szczytami Alp, a rozległymi stepami czarnomorskimi widzimy tu całą skalę przeróżnych form morfologicznych. Przyczyną tak bogatego i różnorodnego ukształtowania Europy jest przedewszystkiem jej struktura geologiczna czyli tektonika.

Niema bodaj drugiej części świata, któraby przedstawiała nam obraz tektoniczny bardziej pociągający naszą uwagę, a przytem zawiły i skomplikowany, choć zwarty w sobie i związany silnymi węzłami genetycznymi. Jeśli dodamy, że na stosunkowo niewielkiej przestrzeni skupione są niemal wszystkie znane nam formy tektoniczne, to nie zdziwi nas fakt, że na gruncie europejskim rozwój geologii tektonicznej znalazł najlepsze podłoże.

Dzisiejsza struktura geologiczna skorupy ziemskiej jest wynikiem bardzo długiego, bo miliony lat trwającego procesu rozwojowego. Proces ten rozpoczął się z chwilą, gdy ziemia zajęła we wszechświecie stanowisko samodzielnego ciała niebieskiego i bynajmniej nie jest jeszcze skończony. Zaczęło się najpierw od intensywnego oziębienia się roztopionej kuli. Kiedy temperatura spadła tak dalece, że zewnętrzne partje kuli mogły przejść w stan stały, zaczęły tworzyć się skrzepy w formie cokołów lub olbrzymich płyt, składających się ze skał magmatycznych głębinowych. Płyty te to zaczątki przyszłych ośrod-

ków kontynentalnych (rys. 26). Utworzone ze stosunkowo lekkiego materiału salicznego¹⁾ pływają po cięższej barysferze. Pomiędzy nimi powstają rozległe baseny jako przysze dna oceanów, utworzone z materiału cięższego, natury barysferycznej.

Ewolucyjny proces skorupy ziemskiej zostaje znacznie przyspieszony z chwilą, gdy pojawia się na jej powierzchni woda. Powstają oceany i wąskie morza śródkontynentalne. Te ostatnie zwłaszcza, jako środowiska sedymentacyjne mają w przyszłości odegrać najwybitniejszą rolę. Zdenudowany dzięki erozji materiał skalny z kontynentów spływa do mórz śródkontynentalnych i tu intensywnie się osadza. Dno morskie, przeciążone nadmiarem sedymentu, zapada się coraz bardziej. Tego rodzaju wąskie strefy nazywamy geosynklinalami. Cechują się one znaczną niestalością i ruchliwością w kierunku pionowym, w przeciwieństwie do archaicznych płyt kontynentalnych i den oceanicznych, które są stałe. Bardzo wielka amplituda ruchu geosynklinali sprawia, że spotykamy w niej nieraz ponad osadami płytkiego osady głębokiego morza²⁾.

Przeniesione dzięki erozji i sedymentacji olbrzymie masy skalne powodują zaburzenia równowagi izostatycznej, panującej w głębi ziemi. Dla zniwelowania różnic zjawiają się ruchy epejrogenetyczne, prostopadłe do powierzchni geoidu: zapadają się geosynklinale, przeciążone osadami, podnoszą się brzegi lądów. Przy tem wszystkim jednak oziębianie się ziemi postępuje coraz dalej, co znowuż powoduje kurczenie się skorupy ziemskiej. Zbliżają się sztywne ramy geosynklinali ku sobie, wyciskają tysiącmetrowe warstwy osadów i wypiętrzają je na powierzchnię w postaci fałdów (rys. 25). To, co przedtem leżało na dnie morza i nawet zapadało się, staje się zwolna wyso-

¹⁾ Skąły litosfery mają charakter saliczny, ponieważ w ich składzie chemicznym pierwszą rolę odgrywają krzem (silicium) i glin (aluminium), pierwiastki stosunkowo lekkie. Barysfera natomiast posiada charakter fermiczny (żelazo i magnez).

²⁾ Jak znacznej grubości osady powstawać mogą w geosynklinalach niech poświadczą następujące dane: w geosynklinali paleozoicznej, która objęła późniejszą strefę fałdową t. zw. waryscyjską, osadziły się w starszym paleozoikum warstwy ogólnej grubości około 6000 m. W olbrzymiej geosynklinali Kordylierów w Północnej Ameryce od algonkium aż do kredy ogólna miąższość sedymentu jest nie mniejsza jak 22.000 m.

kiemi łańcuchami górskimi. Jesteśmy w fazie górotwórczej czyli orogenetycznej. W przeciwieństwie do ruchów epejrogenetycznych działają tu siły styczne. Towarzyszy tej fazie wzmożona działalność wulkaniczna i sejsmiczna.

Po takiej fazie górotwórczej, po takim przesileniu, przywracającym równowagę mas do porządku, następuje znów okres względnego spokoju. Ale erozja na wypiętrzonych łańcuchach górskich znajduje nowe pole do pracy i działa intensywniej. Znowu spływa z rzekami do mórz zerodowany materiał skalny, znowu równowaga staje się chwiejna i następuje wreszcie nowa faza górotwórcza.

Takich faz górotwórczych znamy w dziejach ziemi kilka: najstarsza przedalgonkiańska czyli hurońska, potem kaledońska,



Rys. 25.

Schemat wypiętrzania osadów geosynklinali. *G* — geosynklinala, *R* — jej ramy.

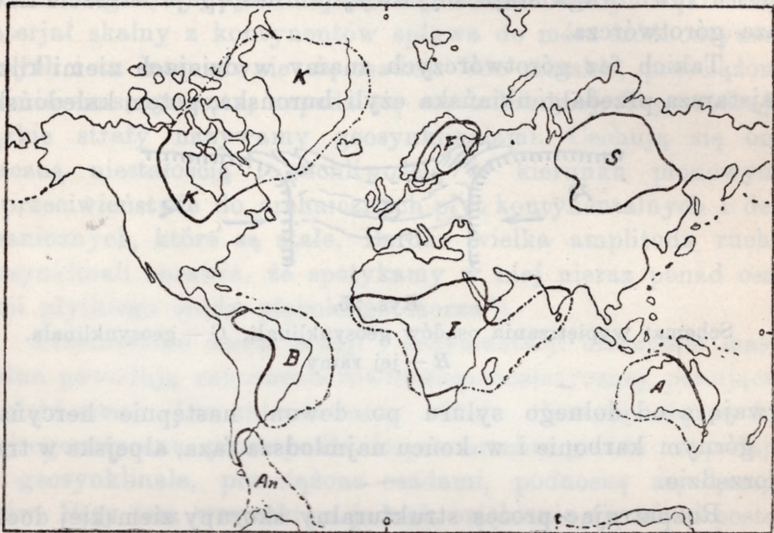
trwająca od dolnego syluru po dewon, następnie hercyńska w górnym karbonie i w końcu najmłodsza faza, alpejska w trzeciorzędzie.

Rozpatrując proces strukturalny skorupy ziemskiej dochodzimy do wniosku, że odbywał on się w sposób wybitnie cykliczny. Składał się z szeregu faz spokojnego rozwoju, przegradzanych fazami rewolucji (orogenetycznymi). W fazach spokojnego rozwoju dominują morza transgredujące na lądy, powstają geosynklinale o intensywnej sedymentacji, doprowadzającej do utworzenia się serji warstw, które w następnej fazie utworzą łańcuchy górskie. Niewątpliwie też bloki kontynentalne w fazie spokojnego rozwoju, pływając po barysferze, zbliżają się ku sobie i oddalają się. Klimat ulega zmianom powolnym, świat organiczny rozwija się również spokojnie.

Faza rewolucji charakteryzuje się orogenezą, która w istocie posiada charakter rewolucyjny. Obok powstawania łańcuchów górskich, występują daleko idące przemiany strukturalne w skorupie ziemskiej, przemieszczenia mas. Jest to faza, w której na

jaw wychodzi kontrakcja skorupy ziemskiej. Występują stosunkowo gwałtowne zmiany klimatyczne (np. powstawanie lodowców na szczytach gór); świat organiczny doznaje także pewnego rodzaju wstrząsu: musi się przystosować do nowych warunków lub wędrować. Dla istotnych zmian ewolucyjnych świata organicznego każda faza rewolucji jest niewątpliwie czynnikiem pierwszorzędnej wagi ¹⁾.

Pierwsze archaiczne skrzepy magmowe, tworzące dziś kry kontynentalne, pozostały aż do dzisiejszych czasów niemal bez



Rys. 26.

Archaiczne tarcze i masywy. *K* — Tarcza kanadyjska, *F* — Fennoskandja, *S* — Tarcza syberyjska, *B* — Brazylijska, *I* — Masyw Indoafrykański, *A* — Australijski. *An* — Antarktyczny.

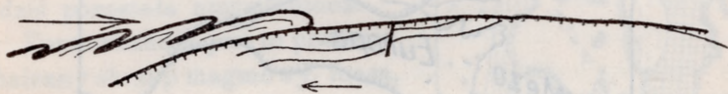
zmiany (rys. 26). Umocnione w swych podstawach potężnymi batolitami przeciwstawiały się jak najsilniej wszelkim ruchom orogenetycznym. Dlatego też mają swoistą budowę płytową, zlekka tylko zaburzoną przez potomne ruchy, spowodowane olbrzymim na nie naciskiem fałdujących się u ich brzegu mas. Więc w starych archaicznych lub późniejszych paleozoicznych

¹⁾ Jak żywo wymienione tu poglądy przypominają nam Cuvier'a teorię kataklizmów! Odrzućmy tylko tezę, że podczas każdej katastrofy (= fazy rewolucyjnej) wymiera zupełnie świat organiczny, a zastąpmy ją tezą, że ulega on daleko idącym zmianom.

masywach możemy zaobserwować tylko pewne linje dyzlokacyjne, szerokopromieniowe synklinorja i antyklinorja i inne tym podobne elementy (rys. 27).

Tarcze, o których mowa, dały fundamenty przyszłej (dzisiejszej) architektury skorupy ziemskiej. Dookoła nich tworzyły się geosynklinale, które z kolei stały się strefami orogenetycznymi. Obserwując przebieg pasm górskich od najstarszych do najmłodszych i ich położenie w stosunku do archaicznych i paleozoicznych tarcz, widzimy, że obszary intensywnie sfałdowane czyli orogenetyczne okalają pola spokojne, płytowe czyli kratogeniczne. W ten sposób już niemal w archaikum i eozoikum został nakreślony ogólny plan przyszłego rozwoju tektonicznego skorupy ziemskiej. Rozważając ogólne rysy, obracamy się w obrębie tektoniki ogólnej.

Wypiętrzone łańcuchy górskie z jednej strony, a spokojne pola kratogeniczne z drugiej strony, utworzyły ramy dla wszelkich potomnych ruchów, których wynikiem było niejako urozmaicenie zasadniczych rysów pewnymi dodatkami struktural-



Rys. 27.

Wpływ fałdowania geosynklinali na jej brzeg czyli przedmurze.

nemi, jak uskokami, rowami tektonicznymi, zrębami, zagłębieniami i t. d. Tę drugorzędną strukturę tektoniczną nazywamy wprost tektoniką ramową.

Zarówno w podłożu, na którym spoczywają góry fałdowe, jak też w głębi samych fałdów może istnieć cały szereg ukrytych dyzlokacyj, wypiętrzeń lub depresyj, co określamy mianem kryptotektoniki. Zjawiska kryptotektoniczne dochodzą do naszej świadomości tylko na drodze pośredniej, mianowicie jako przyczyny pewnych szczegółów strukturalnych różnych elementów tektonicznych.

W tektonice Europy spotykamy prawie wszystkie bez wyjątku znane nam elementy tektoniczne, począwszy od starych tarcz a skończywszy na najbardziej skomplikowanych płaszczowinach alpejskich.

Dzieje geologiczne Europy i jej ewolucja tektoniczna wskazują, że rosła ona od północy ku południowi. Na zachod-

nich i południowo-zachodnich brzegach archaicznej Fennoskandji i paleozoicznej płyty rosyjskiej narastały z biegiem czasu obszary sfałdowane w coraz to młodszych okresach. Ten proces narastania, który możemy nazwać także wędrówką stref orogenetycznych lub wędrówką geosynklinali, jest zjawiskiem powszechnym, spotykanym także w tektonice innych części świata. W podobny sposób naprzykład kształtowała się Afryka na tarczy indoafrykańskiej. Możemy tu, postępując od południa ku



Rys. 28.

Wędrówka orogenetycznej strefy europejskiej od N ku S.
(Według Stillego).

północy, spotkać kolejno strefy, odpowiadające kaledońskiej, hercyńskiej i alpejskiej. W ten sposób oba kontynenty, rosnąc, zbliżały się ku sobie, kosztem dawnej Tetydy, której resztką jest dziś Morze Śródziemne. Równocześnie ze zjawiskiem wędrówki geosynklinali zachodzi zjawisko konsolidacji stref dawniej znajdujących się w stanie chwiejności. I tak kiedy rozpoczęło się fałdowanie alpejskie, strefa, objęta orogenezą kaledońską, uległa już zupełnej konsolidacji, to znaczy stała się tak

dalece ustabilizowaną, że fałdowanie alpejskie nie wywarło na niej istotnych skutków.

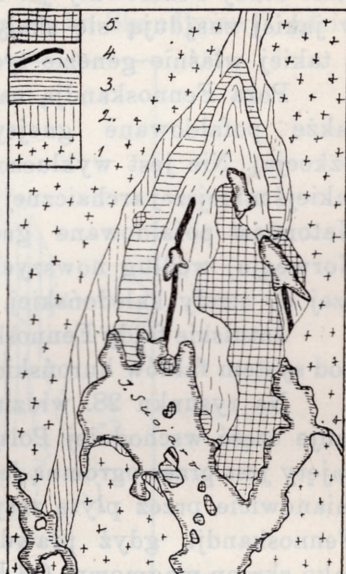
Wędrowka europejskiej strefy orogenetycznej i następnie konsolidacja wypiętrzonych obszarów może nam posłużyć do podziału Europy na cztery części: Praeuropeę, Paleoeuropeę, Mezoeuropę i Neoeuropę. (Rys. 28).

Najstarszym elementem tektonicznym w Europie jest t. zw. Fennoskandja, obejmująca wschodnią część Skandynawji i Finlandję wraz z półwyspem Kola.

Wyrażane często zapatrywania, aby nazwą Fennoskandji objąć całą Skandynawję, nie są zdaniem naszym słuszne, albowiem zachodnia część półwyspu Skandynawskiego nie zakończyła swego rozwoju (jak później zobaczymy), podczas gdy wschodnia część już z końcem proterozoikum swój rozwój strukturalny zakończyła i od tego czasu po dziś pozostała niezmieniona.

Fennoskandja jest to prastary archaiczny skrzep magmowy, masa, która od czasu syluru nie była ani razu pokryta transgresją morską. Jest rzeczą oczywistą, że świeżo skrzepła masa była nader cienka, a dopiero z biegiem czasu grubość jej wzrastała. Z tego też powodu wszelkie intruzje magmatyczne nie napotykały zbyt wielkiego oporu i były tu dość częste. Nowsze badania geologów finlandzkich i szwedzkich

wykazały, że zarówno w Finlandji jak i północno-wschodniej Szwecji pojawiły się w piętrze jatulskim (średnie algonkjum) i bezpośrednio po niem ruchy fałdowe. Mamy tu do czynienia z szeregiem fałdów o kierunku ogólnym *NNW-SSE*, z upadami od 30° – 60° . Szczególnie typowym jest obszar jatulski Suojärvi we wschodniej Finlandji, gdzie występuje prawie całkiem regularna synklina (rys. 29). Procesu, który wywołał wytworzenie się



Rys. 29.

Synklina jatulska Suojärvi. (Według Sederholma). 1. Granit, 2. Kwarcyty i zlepieńce, 3. Dolomity, 4. Fyllit z węglem, 5. Diabazy.

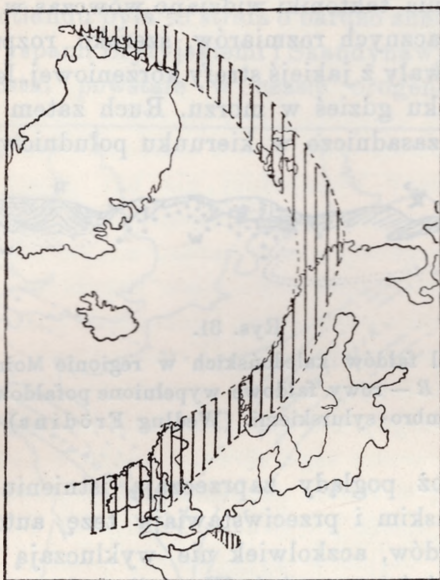
fałdów jatulskich nie możemy zaliczyć do orogenezy we właściwym tego słowa znaczeniu, do takiej orogenezy, jaka odbyła się w mezozoikum czy trzeciorzędzie. Nie może być, zdaje się, mowy o jakiejś geosynklinali algonkjańskiej. Przyczyną powstania fałdów jatulskich są, zdaniem naszym, raczej olbrzymie intruzje magmatyczne, które panowały przez całe algonkjum, a w szczególności w okresie jatulskim. One to, przypuszczamy, rozpie-rały dawniej skrzepłe masy, oraz zupełnie świeże, niestwardniałe osady i fałdowały je. Bardzo wysoki stopień metamorfozy, w jakiej znajdują się skały Fennoskandji, najlepiej świadczy o takiej właśnie genezie tych fałdów.

Poza Fennoskandją należy jeszcze do Praeuropy zaliczyć także pofałdowane gnejsy Hebrydów (północno-zachodnia Szkocja). Nie jest wykluczone, że tworzą one część składową jakiejś mniejszej archaicznej jednostki, zatopionej przez Atlantyk. Natomiast pofałdowane gnejsy Lofotów (północno-zachodnia Norwegja) według nowszych poglądów odnieśćby należało raczej do strefy kaledońskiej.

Jatulskie fałdy Fennoskandji i fałdy Hebrydów podciąga się pod system fałdów hurońskich, poznanych w Północnej Ameryce.

Na rysunku 28. widzimy, że tak zwana Praeuropa obejmuje część wschodniej Polski i prawie całą Rosję. Obszar ten zajęty jest przez ogromną jednostkę tektoniczną wyższego rzędu, mianowicie przez płytę rosyjską. Jest ona nieco młodsza od Fennoskandji, gdyż prawdopodobnie powstała w algonkjum, jako skrzep magmowy. Od Fennoskandji różni się dwoma względami: po pierwsze była w każdym niemal perjodzie geologicznym pokryta przynajmniej częściowo transgresjami, a po drugie orogeneza, odbywająca się u jej brzegów, wywarła na jej tektonikę pewien decydujący wpływ, mianowicie za pośrednictwem ruchów potomnych, które przeniosły się na płytę i tu działały. Granicami płyty rosyjskiej są na wschodzie góry Uralu, na zachodzie Fennoskandja, względnie Góry Skandynawskie, następnie młodopaleozoiczne Góry Świętokrzyskie i trzeciorzędowe Karpaty. Ku północy i południowi płyta gubi się bez ostrych granic bądź w Morzu Lodowatym Północnym, bądź pod trzeciorzędową pokrywą sedymentacyjną rejonu kaspijskiego. Nie wchodzimy narazie w strukturę płyty, pozostawiając ją do omówienia w dalszych wywodach, jako skutek orogenezy jatulskiej i waryscyjsko-uralskiej.

Zatem na zachód od prastarego cokołu Fennosarmacji, jak nazywają niekiedy Fennoskandję łącznie z płytą rosyjską, zaczyna powoli powstawać Paleoeuropa. Jest to strefa kaledońska, której ewolucja dokonała się ostatecznie orogenezą w dolnym dewonie. W strefie tej na pierwszy plan, jako najbardziej jej charakterystyczny rys, wybijają się górskie łańcuchy kaledonidów. Obejmują one całą północną i część południowej Irlandji (Ulster, Connaught, Wicklow), następnie Walję i całą Szkocję (Caledonian Mt., Grampian Mt., Pennine Ch.), poczem przez Morze Północne kierują się ku Skandynawji, gdzie



Rys. 30.

Łuk kaledoński. (Według Borna).

znów tworzą pasmo Gór Skandynawskich. Istnienie ich odkryto niedawno także na Szpicbergach i północno-zachodniej Grenlandji. (Rys. 30). Widzimy, że tworzą one dość ostry łuk zwrócony stroną zewnętrzną do Fennoskandji.

Zasadniczem kryterjum istnienia fałdów kaledońskich i określenia ich wieku jest transgresja dolnodewońskiego piaszkowca oldredowego na sfałdowany już gotland (górnny sylur). Okazuje się, że fałdowanie kaledońskie rozpoczyna się z końcem walentjanu (dolny gotland) i trwa do początków dewonu. Z dys-

kordancji utworów średniogotlandzkich wobec downtońskich (górną gotland), względnie oldredowych wynika, że fałdowanie szło w zasadzie na wschód, ergo najpierw powstała wewnętrzna część łuku, a potem zewnętrzna (podobnie zresztą, jak w innych łukach fałdowych).

Litologicznie łuk kaledoński składa się ze zmetamorfizowanych skał osadowych kambryjsko-sylurskich i ze skał wylewnych. Co się tyczy wieku skał wylewnych, to jeszcze 6 lat temu przypuszczano, że są to masy, które wylały się tuż przed rozpoczęciem fazy górotwórczej i następnie wzięły udział w ruchu. Z punktu widzenia tektoniki widziano wówczas w kaledonidach płaszczowiny znacznych rozmiarów, szeroko rozprzestrzenione, które przywędrowały z jakiejś strefy korzeniowej, leżącej obecnie na zachód od łuku gdzieś w morzu. Ruch zatem nasunięć odbywać się miał zasadniczo w kierunku południowo-wschodnim.



Rys. 31.

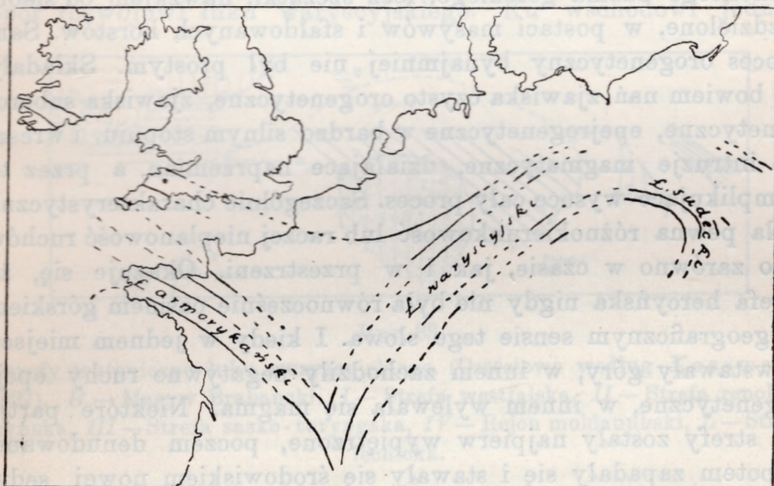
Schematyczny profil fałdów kaledońskich w regionie Moine. *W* — wypiętrzenia magmowe, *R* — rowy fałdowe wypełnione pofałdowanymi osadami kambro-sylurskimi. (Według Frödinga).

Nowe jednakowoż poglądy zaprzeczają istnieniu płaszczowin w łuku kaledońskim i przeciwstawiają tezę autochtonicznego powstawania fałdów, aczkolwiek nie wykluczają istnienia poziomych przesunięć i nasunięć. W myśl tych wywodów mechanizm powstania kaledonidów przedstawia się następująco. W strefie górotwórczej powstaje cały szereg równoległych rowów o pewnej predyspozycji do fałdowania. Rowy te podzielone są longitudinalnymi, również równoległymi wypiętrzeniami przedkambryjskiego podłoża. Faza górotwórcza rozpoczyna się silnymi intruzjami zasadowych i kwaśnych skał wylewnych na linjach wypiętrzeń. Dzięki bardzo silnemu naporowi wydobywających się mas na rowy fałdowe, zostają z nich wyciśnięte osady kambryjsko-sylurskie, pofałdowane i przesunięte zarówno w kierunku północno-zachodnim, jak i południowo-wschodnim. Widzimy więc, że orogeneza kaledońska odbyła się

w podobny sposób jak powstanie fałdów jatulskich, jednakże z pewnym planem. Kaledonidy zatem posiadają dość skomplikowaną strukturę, polegającą na istnieniu szeregu podłużnych rowów fałdowych i wypiętrzeń magmowych. (Rys. 31).

Co się tyczy paleogeografji geosynklinali kaledońskiej, to musimy tu zaznaczyć, że nie zawsze i nie wszędzie była ona morzem; np. na obszarze Szpicbergów, Finmarków, w częściach północno-wschodniej Szkocji, przez dłuższy czas w kambrze, względnie w sylurze, był to ląd. Orogeneza objęła zatem zarówno część lądu jak i część morza, niemniej jednak w okresie ordowiku i gotlandu była to strefa o bardzo znacznej chwiejności.

Poza Wyspami Brytyjskimi i Skandynawią istnieją jeszcze pewne jednostki powstałe w czasie orogenezy kaledońskiej



Rys. 32.

Łuk armorykańsko-waryscyjsko-sudecki.

i przypuszczalnie genetycznie z nimi związane. Jest to masyw Brabancki w Belgji (nie jest to jeszcze ostatecznie stwierdzone) i trzony krystaliczne Sudetów.

Przerwa pomiędzy orogenezą kaledońską a orogenezą hercyńską była stosunkowo niedługa, bo już na przełomie dewonu i karbonu faza się rozpoczęła. Objęła ona znaczną część zachodniej Europy i niemal całą środkową. Najdalej na zachód spotykamy jej fałdy w południowej Irlandji (rys. 32) i w południowej Anglji. Tu łuk się rozgałęzia: południowa jego ga-

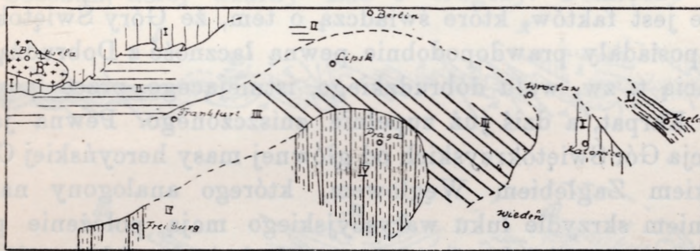
łąż przechodzi na półwysep Bretański i biegnie aż do Masywu Centralnego Francji. Jest to kierunek lub łuk armorykański (północny zachód — południowy wschód). Północna zaś gałąź przez Pas de Calais przerzuca się do Belgji i Niemiec. W Niemczech łuk nasz przybiera kierunek waryscyjski (południowy zachód — północny wschód). Na wschodnim swym krańcu gwałtownie zagina się ku południowemu wschodowi, tworząc tu kierunek sudecki. Część łuku wchodzi także w granice Polski i jest zorientowana w kierunku sudeckim. Łuk waryscyjski przez Czarny Las i Wogezy łączy się i krzyżuje pod ostrym kątem z łukiem armorykańskim na obszarze Masywu Centralnego Francji.

Orogeneza hercyńska nie pozostawiła po sobie jakiegoś jednolitego pasma górskiego, lecz szczątki, nawzajem od siebie rozdzielone, w postaci masywów i sfałdowanych horstów. Sam proces orogenetyczny bynajmniej nie był prostym. Składały się bowiem nań zjawiska czysto orogenetyczne, zjawiska suborogenetyczne, epejrogenetyczne w bardzo silnym stopniu, i wreszcie intruzje magmatyczne, działające naprzemian, a przez to komplikujące wysoce cały proces. Szczególnie charakterystyczną była pewna różnokierunkowość lub raczej nieplanowość ruchów i to zarówno w czasie, jak i w przestrzeni. Okazuje się, że strefa hercyńska nigdy nie była równocześnie pasmem górskim w geograficznym sensie tego słowa. I kiedy w jednym miejscu powstawały góry, w innym zachodziły negatywne ruchy epejrogenetyczne, w innym wylewała się magma. Niektóre partje tej strefy zostały najpierw wypiętrzone, poczem denudowane, a potem zapadały się i stawały się środowiskiem nowej sedymentacji. Przykładem może być Zagłębie Saary, które tuż przed górnym karbonem było wypiętrzone i sfałdowane, a już w stefanjenie stało się obszarem zapadającym się, w którym zaczęły gromadzić się osady i powstawać torfowiska. Tego rodzaju zjawiska tłumaczą nam jedynie związek pomiędzy ruchami górotwórczymi, a powstawaniem złożów węglowych w karbonie.

Cała orogeneza hercyńska rozpada się na szereg faz, trwających przez karbon aż do początków permu. Są to fazy: bretońska (dolny karbon), sudecka (przełom dolnego i górnego karbonu), asturska (górný karbon) i saalicka (początek permu). Strona wewnętrzna łuku sfałdowana została wcześniej, nato-

miast zewnętrzna później. Podobne zjawisko obserwowaliśmy też w orogenezie kaledońskiej.

Zajmijmy się nieco bliżej łukiem waryscyjskim i sudeckim na obszarze Belgji, Niemiec, Czech i Polski. Przedewszystkiem po zewnętrznej, to znaczy po północnej stronie łuku widzimy towarzyszący mu szereg zapadlisk, względnie zagłębi, w których nad dolnym karbonem ułożyły się produktywne złoża węglowe, dochodzące nieraz setek metrów miąższości. Jest to strefa westfalska waryscydów, zlekka sfałdowana w fazie asturskiej. W rejonie węglowym północno francuskim i południowo belgijskim strefa westfalska zredukowana jest do silnie sprasowanego i wąskiego synklinorium. Przyczyna tego ściśnięcia tkwi w istnieniu starego masywu Brabanckiego, który stawiał bardzo silny opór rozwojowi łuku waryscyjskiego. Ku wschodowi jednak



Rys. 33.

Strefy tektoniczne łuku waryscyjskiego. (Częściowo według Kossmata, 1927). *B* — Masyw Brabancki, *I* — Strefa westfalska, *II* — Strefa renhercyńska, *III* — Strefa sasko-turyngska, *IV* — Rejon moldanubski, *L* — Strefa lechicka.

masyw Brabancki względnie dość szybko zanurza się, dzięki czemu strefa westfalska znacznie się rozszerza. Powstaje tu węglowe zagłębienie Ruhry sięgające daleko ku północy. Nie jest rzeczą wykluczoną, że płaskie zresztą fałdy tego zagłębienia dalej ku północy zanurzają się pod nizinę holandzką i być może popod Morzem Północnem uzyskują łączność z zagłębieniem węglowym północno-wschodniej Anglii. Strefa westfalska ku wschodowi zanurza się popod wielkie zapadlisko północno-germańskie a wynurza się na swym krańcu wschodnim, na Śląsku, jako Polskie Zagłębienie Węglowe. Na wschodzie jednak stosunki tektoniczne są nieco odmienne. O ile na zachodzie strefa west-

*

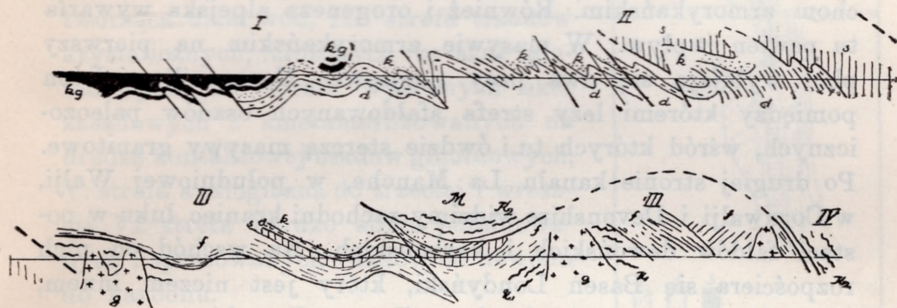
falska, razem z jej zagłębieniami węglowemi, była strefą najbardziej zewnętrzną łuku waryscyjskiego, to na wschodzie znajduje się ona wewnątrz niego. Na północny bowiem wschód od od naszego Zagłębia, jakby izolowana znajduje się grupa Gór Świętokrzyskich (kierunek *NW—SE*), dla których wprowadzono w naszej literaturze nawet osobną nazwę Lechidów. Nie ulega wątpliwości, że przynależą one do orogenezy hercyńskiej, powstanie ich jednak odnieść należy do jednej z najbardziej końcowej fazy górotwórczej. Strukturalnie tworzą Góry Świętokrzyskie dwa zasadnicze fałdy antyklinalne, mianowicie fałd Łysogórski i łagowski przedzielone centralną synkliną. Na linii Wisły Góry Świętokrzyskie urywają się. Nie na tem jednak kończy się orogeneza hercyńska. Odnajdujemy ją jeszcze w swej ostatecznej fazie kimerydzkiej w horscie Dobrudży, który sfałdowany został w triasie, lub może nawet w początkach jury. Wiele jest faktów, które świadczą o tem, że Góry Świętokrzyskie posiadały prawdopodobnie pewną łączność z Dobrudżą pod postacią t. zw. wału dobrudzkiego, istniejącego przed powstaniem Karpat, a dziś już zupełnie zniszczonego. Pewna jakby izolacja Gór Świętokrzyskich od głównej masy hercyńskiej Czech Polskiem Zagłębiem Węglowem, którego analogony na zachodnim skrzydle łuku waryscyjskiego mają położenie peryferyczne, pozwalałoby może na wyodrębnienie fałdów świętokrzyskich jako osobną strefę tektoniczną, strefę lechicką.

Wróćmy teraz do Belgji. Na francusko-belgijskie zagłębienie węglowe strefy westfalskiej nasuwają się dość płasko Ardenny, które przynależą już do następnej ku południowi strefy, t. zw. renohercyńskiej. Ta składa się z dwu części: północnej, charakteryzującej się stosunkowo prostemi, nieskomplikowanemi fałdami sylursko-dewońsko-kambryjskimi, wykazującemi niekiedy strukturę łuskową, oraz z południowej, płaszczowinowej; w tej ostatniej wyróżniono dwie płaszczowiny: górnego Harcu i dolnego Harcu. W skład strefy renohercyńskiej wchodzi Ardenny, Eifel, Taunus, Harz i Góry Reichenstein i Altvater.

Dalej na południe równoległe przebiega strefa sasko-turyngska. W niej występują przedewszystkiem krystaliczne masy granitowe, starsze od łuku waryscyjskiego. Tworzą one dwa pasy i ukazują się na powierzchni w niewielu miejscach (Kyffhäuser, zachodnia część Lasu Turyngskiego, Góry Fichtel),

a pozatem przykryte są całą serją skał metamorficznych. Na nich dopiero spoczywa pofałdowana osadowa serja od syluru do kulmu włącznie, przy czem struktura fałdów bynajmniej nie jest prosta. Pozatem w strefie tej częste są wystąpienia skał wylewnych. Odenwald, Las Turyngski, Góry Kruszcowe i prawie całe Sudety, to właśnie obszar strefy sasko-turyngskiej.

Ostatnią strefą jest t. zw. region moldanubski. Składa się on w przeważnej części z granitowych batolitów, z olbrzymich mas łupków krystalicznych i gnejsów, oraz z pofałdowanego algonkju i starszego paleozoikum (Czechy). Na północnym brzegu tego rejonu znajduje się pas korzeniowy dla kier moldanubskich, nasuniętych daleko na północ na fałdy strefy sasko-turyngskiej. Są to kry: Münchenberg, Wildenfelsen, Eule, Frankenberg. Region moldanubski obejmuje całe środkowe Czechy wraz z Lasem Czeskim, dalej Czarny Las i Wogezy. Pomiędzy temi



Rys. 34.

Profil zachodniego skrzydła łuku waryscyjskiego. (Według Kossmata). I — Strefa westfalska, II — renohercyńska, III — sasko-turyngska, IV — rejon moldanubski, M — kra Münchenberg, s — sylur, d — dewon, k — kulm, kg — karbon górny, f — fyllity, K₁ i K₂ — krystalika, g — granity.

ostatniemi płynie Ren w przepięknym głębokim rowie tektonicznym, wypełnionym trzeciorzędem i dyluwjum. Linja Renu tworzy jedną z najważniejszych linii tektonicznych w zachodniej Europie, linję, która w Alpach odgrywa niepoślednią rolę (rys. 34).

Przez Wogezy łuk waryscyjski wkracza do Masywu Centralnego Francji. Tu pod ostrym kątem krzyżuje się kierunku waryscyjski z armorykańskim. W tektonice wschodniej części Masywu odnaleźć możemy cechy, charakteryzujące region moldanubski. Część środkowa i zachodnia zbudowana jest z masywów granitowych, granulitowych i krystaliczno-łupkowych,

pomiędzy którymi przebiegają wązkie synklinale karbońskie, w których zaginanie się łuku występuje na jaw. Masyw Centralny tworzy jeden z najpiękniejszych krajobrazów Francji, a to dzięki pliocenским wulkanom części środkowej, które do dziś z najdrobniejszymi szczegółami są znakomicie zachowane. W zachodniej części kierunek armorykański gra dominującą rolę. Przedłużenie łuku widzimy w Bretanii, zwanej Masywem Armorykańskim. Oba masywy oddzielone są od siebie wąską „cieśniną Poitiers“, która łączy zarazem tektonicznie basen paryski z basenem akwitańskim. Oba te baseny poczęły tworzyć się w mezozoikum i są zbudowane analogicznie. Peryferycznie otaczają je warstwy mezozoiczne, łagodnie zapadające do centrów, które wypełnione są osadami trzeciorzędu. Szczególnie w Basenie Paryskim da się stwierdzić istnienie szeregu płaskich antyklin i synklin, powstałym dzięki potomnych ruchom armorykańskim. Również i orogeneza alpejska wywarła tu pewien wpływ. W masywie armorykańskim na pierwszy plan wybijają się dwa pasy gnejsowe: Cornouailles i Léon pomiędzy którymi leży strefa sfałdowanych osadów paleozoicznych, wśród których tu i ówdzie sterczą masywy granitowe. Po drugiej stronie kanału La Manche, w południowej Walji, w Kornwalji i Devonshire widzimy zachodni kraniec łuku w postaci fałdów dewońskich i karbońskich. Na wschód od nich rozpościera się Basen Londyński, który jest niczem innym, jak północno-zachodnim krańcem Basenu Paryskiego.

Po drugiej stronie Pirenejów, na półwyspie Iberyjskim występują także szczątki orogenezy hercyńskiej, pod postacią łańcuchów górskich wyżynnej Mesety, otoczonej zewsząd młodemi zapadliskami i basenami: Lizbony, Gwadalkwiwiry i Madrytu. Na północy łańcuch Gór Kantabryjskich nurza się w Oceanie Atlantyckim, pod którym być może łączy się z właściwym łukiem armorykańskim. W okolicach Barcelony występuje jeszcze jeden łańcuch, należący do omawianego systemu, mianowicie łańcuch kataloński. Większa jego część zatopiona jest w Morzu Śródziemnym. Tektoniczne stosunki paleozoicznych łańcuchów Hiszpanji nie są jeszcze należycie wyjaśnione.

Niemal równocześnie, kiedy na zachodnim krańcu płyty rosyjskiej odbywa się olbrzymi proces górotwórczy, to na jej wschodnim brzegu ze staropaleozoicznej geosynklinali wydoby-

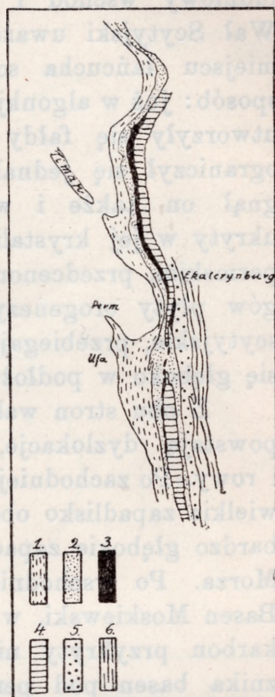
wają się Uralidy. Ruch górotwórczy skierowany był tu w kierunku płyty, to jest ku zachodowi. Faza rozpoczęła się na przelomie dewonu i karbonu i trwała do końca karbonu. Budowa fałdów uralskich jest na naogół bardzo prosta. Nie odkryto tu dotychczas znaczących nasunięć, nie mówiąc już o płaszczowinach.

Tektoniczny obraz Uralu (Rys. 35) wyobraża nam szereg południkowo przebiegających pasów. Na północo-wschodzie są one częściowo przykryte przez trzeciorzędowe transgresje, z pod których ku południowi kolejno się wylaniają.

W profilu poprzecznym od zachodu ku wschodowi wyróżniono następujące strefy: 1. strefa fałdowa sedimentów dewonu, karbonu i permu, II. strefa łupków krystalicznych, morfologicznie tworząca dział wód, III. strefa trzonów krystalicznych, złożonych ze skał głębinowych, IV. strefa wylewnych skał zasadowych i zmetamorfizowanych na drodze kontaktowej osadów głębinowych, V. strefa analogiczna do trzeciej i wreszcie VI. strefa bardzo silnie pofałdowanych i sprasowanych osadów od dewonu do karbonu.

Na swoim krańcu południowym Ural zapada pod trzeciorzędową pokrywę sedimentacyjną rejonu kaspijskiego, na północnym zaś rozgałęzia się, tworząc boczną odnogę uralidów pod postacią gór Timańskich.

Odbywająca się na dwu brzegach płyty rosyjskiej orogeneza spowodowała odnowienie się pewnych ruchów w jej obrębie pod postacią ruchów potomnych o charakterze do pewnego stopnia orogenetycznym. Zasadniczy, ogólny plan budowy płyty powstał już w okresie algonkjańskim, wszelkie inne późniejsze ruchy plan ten podkreślają i rozwijają. Płyta rosyjska, wzięta jako całość, tworzy



Rys. 35.

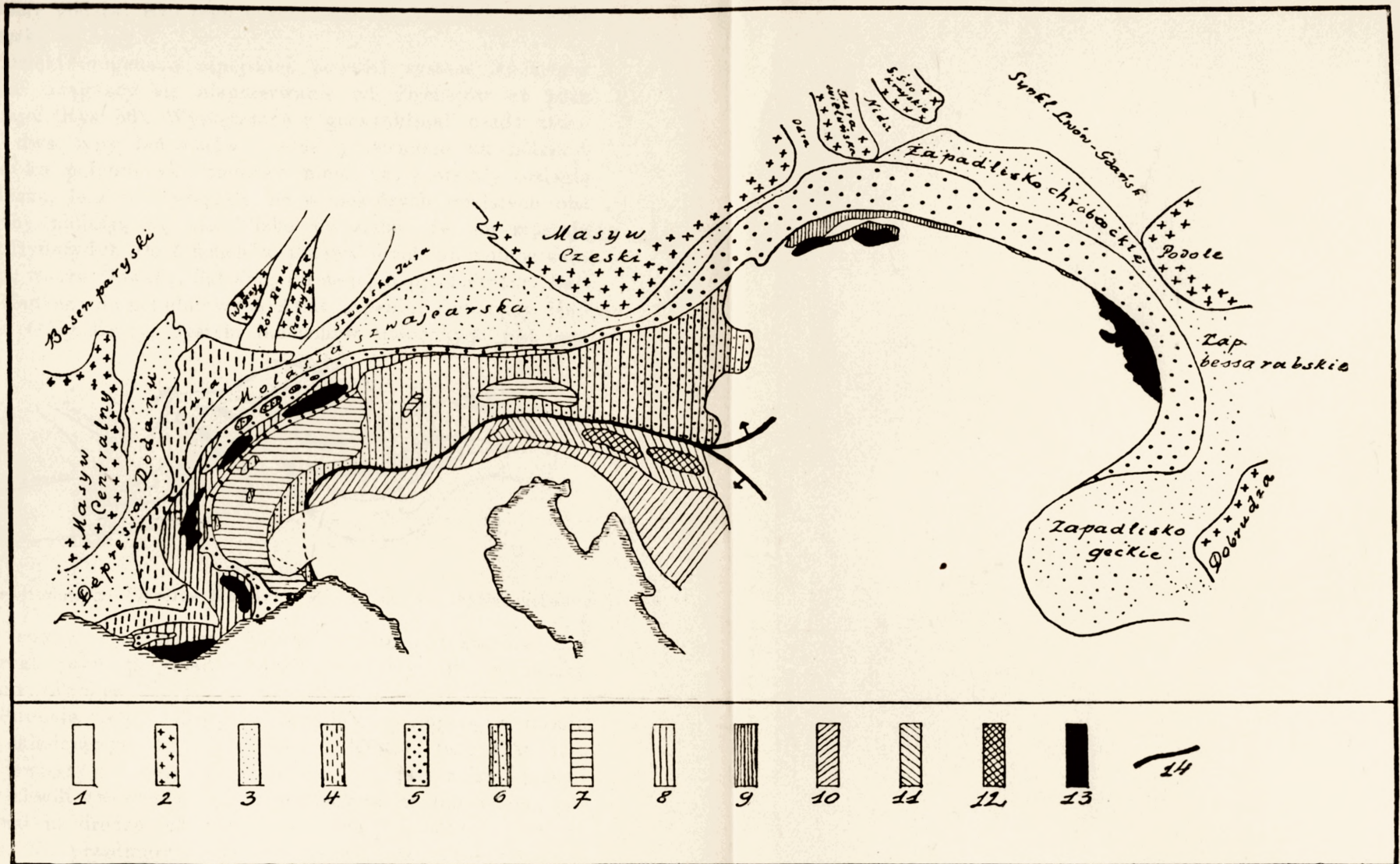
Tektoniczny obraz Uralu. 1 — Strefa fałdowa dewonu, karbonu i permu, 2 — Strefa łupków krystalicznych. 3 i 5 — Strefy trzonów krystalicznych, 4 — Strefa skał wylewnych, 6 — fałdy dewońsko-karbońskie.

olbrzymią, bardzo płaską, wielopromienną antyklinę o niesymetrycznych skrzydłach. Osią jest tu t. zw. Wał Scytyjski przebiegający szerokim łukiem od Fennoskandji pomiędzy jeziorami Ładogą i Onegą w kierunku południowo-zachodnim na Polesie, gdzie się nieco obniża tworząc bramę poleską; następnie skręca ku południowi, wkraczając w horst podolski, tworząc tu znaczne wypiętrzenie, wkońcu skręca na południowy wschód i wreszcie zanika w basenie kaspijskim. Wał Scytyjski uważać należy na potomne wypiętrzenie na miejscu łańcucha scytyjskiego. Należy to rozumieć w ten sposób: już w algonkijum, jak wiemy, na obszarze Fennoskandji utworzyły się fałdy jatulskie i pojatulskie. System ten nie ograniczył się jednak do samej tylko Fennoskandji. Wtargnął on także i w obręb płyty rosyjskiej i przebiega ukryty w jej krystalicznym podłożu. W okresie karbońskim, permskim, przedcenozańskim na skutek odbywającej się u brzegów płyty orogenezy odżywiają ruchy, tworząc wypiętrzenie scytyjskie, przebiegające ponad fałdami jatulskimi, snującymi się głęboko w podłożu.

Z obu stron wału płyta dachowato opada. Na skrzydłach powstają dyzlokacje, tworzące zagłębienia, zapadliska, baseny i rowy. Po zachodniej stronie wału mamy tu rów nowogrodzki, wielkie zapadlisko obejmujące całą północną i środkową Polskę, bardzo głębokie zapadliska przykarpackie, zapadlisko Czarnego Morza. Po wschodniej natomiast stronie widzimy olbrzymi Basen Moskiewski, w którego centrum leży zlekka sfałdowany karbon przykryty niezgodnie jurą i kredą. Ku wschodowi zanika basen pod permem zapadliska wschodnio-rosyjskiego, leżącego u stóp Uralu. Na południu rozpościera się wydłużone Zagłębienie Donieckie, przedzielone od basenu moskiewskiego elewacją podłoża krystalicznego, zwaną blokiem Woroneża. Nie wchodzimy w dalsze, choć bardzo interesujące szczegóły tej struktury płyty rosyjskiej.

Ostatnią fazą górotwórczą była faza alpejska. Niewątpliwie był to najpotężniejszy proces orogenetyczny, który zbudował wspaniałe gmach łańcuchów górskich. Ponieważ działo się to stosunkowo niedawno, więc ich tektonika zachowała się w najdrobniejszych niemal szczegółach. Studjując ją, mamy nietylko respekt wobec potężnych ruchów górotwórczych, ale też i bez-

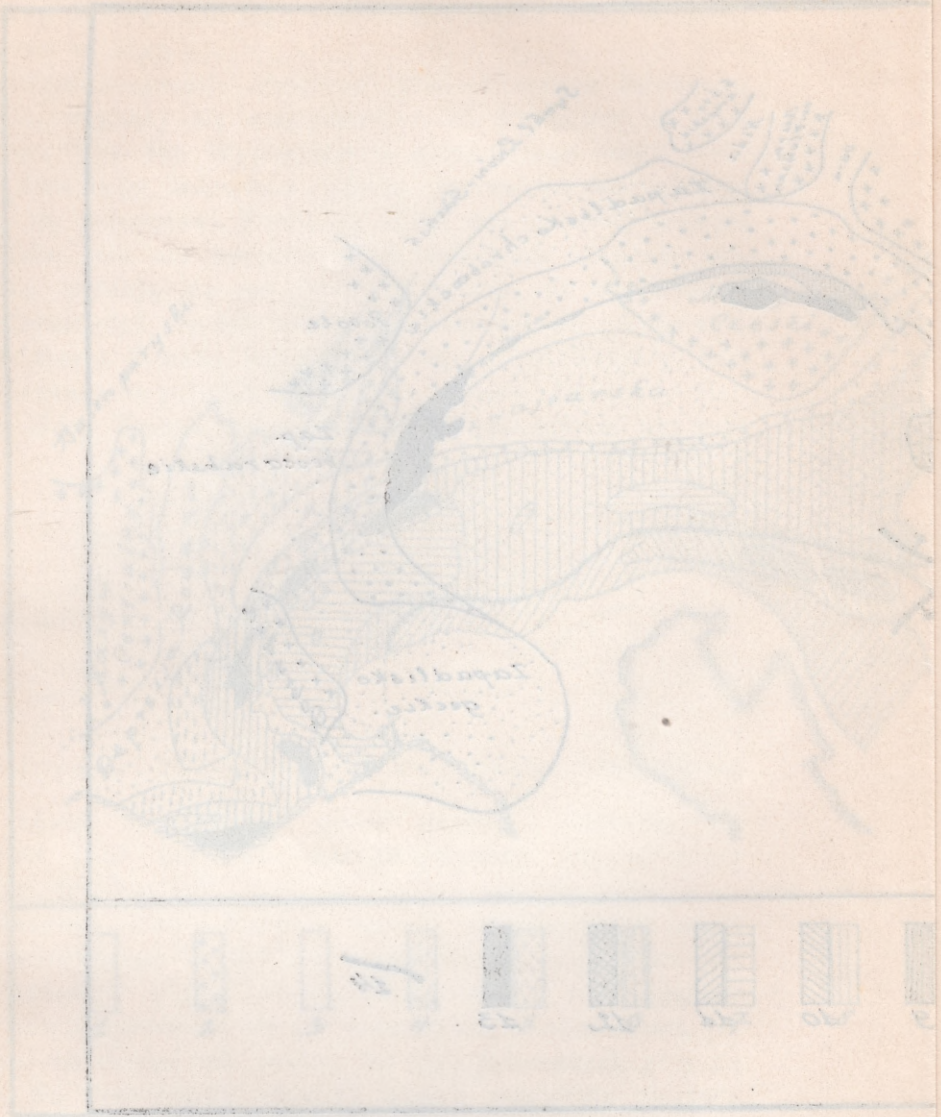
Schemat tektoniczny Alp i Karpat zestawiony według dotychczasowych publikacji.



Objaśnienie:

1. Synklinorja na przedmurzu.
2. Antyklinorja na przedmurzu.
3. Depresje u brzegu łańcuchów.
4. Fałdy autochtoniczne Jury.
5. Flisz.
6. Płaszczowiny wschodnio-alpejskie.
7. Płaszczowiny pennińskie.

8. Płaszczowiny helweckie.
9. Płaszczowiny wapienne Karpat.
10. Strefa dolno-dynarska.
11. Strefa górno-dynarska.
12. Strefa wysoko-dynarska.
13. Trzony krystaliczne.
14. Granica alpejsko-dynarska.

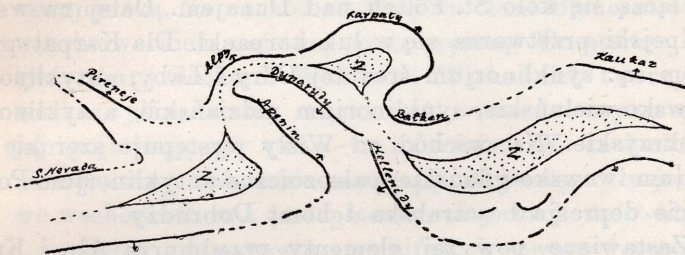


Wykaz miejscowości

1. Granice powiatu
2. Granice gmin
3. Granice parafii
4. Granice wsi
5. Granice miast
6. Granice miasteczek
7. Granice miasteczka
8. Granice miasteczka
9. Granice miasteczka
10. Granice miasteczka
11. Granice miasteczka
12. Granice miasteczka
13. Granice miasteczka
14. Granice miasteczka
15. Granice miasteczka
16. Granice miasteczka
17. Granice miasteczka
18. Granice miasteczka
19. Granice miasteczka
20. Granice miasteczka

graniczny podziw. Kto tego uczucia nie zaznał, niech odbędzie wycieczkę w Alpy.

Dzięki orogenezie alpejskiej powstał system łańcuchów górskich, ciągnący się nieprzerwanie od Pirenejów aż poza Himalaje. (Rys. 36). Wypiętrzone z geosynklinali osady utworzyły dwa typy łańcuchów: jedne przewalone ku północy, drugie ku południowi. Pomiedzy nimi zaś powstały rozległe zapadliska, lecz nie wszędzie, bo w niektórych miejscach oba łańcuchy zbliżają się tak blisko do siebie, że się zrastają (Alpy-Dynarydy). Do łańcuchów przewalonych na północ zaliczymy: Sierra Newadę, Baleary, Pireneje, Alpy, Karpaty, Bałkan, Kaukaz; do południowych Atlas, Apenin, Dynarydy, Helenidy, Góry Krety. System łańcuchów północnych jest nam



Rys. 36.

Łańcuchy alpidów. (Według Kobera). Z — zapadliska śródłańcuchowe.

lepiej znany, zanalizujemy przeto genezę i tektonikę Alp i Karpat jako przykład charakterystyczny dla struktury Alpidów. (Tablica IV).

Pireneje, Alpy i Karpaty łącznie przebiegają w formie łuku, składającego się z kilku części. Kształt tego łuku jest ściśle związany z jego przedmurzem, to jest z istniejącymi już w chwili tworzenia się gór jednostkami tektonicznymi, położonemi na drodze ich ruchu. Na tych jednostkach góry się oparły. Na przedmurzu widzimy horsty, względnie masywy, czyli ogólnie mówiąc antyklinorja, poprzedzielane depresjami, czyli synklinorjami. Fałdy, idące od południa, oparły się na antyklinorjach, zaś wcisnęły się niekiedy nawet dość głęboko w synklinorja, gdzie opór był daleko mniejszy. Zajmijmy się przedmurzem, idąc od zachodu ku wschodowi.

We Francji znamy już armorykański Masyw Centralny, który stanowił przedmurze-antyklinorjum dla Pirenejów i Alp

Zachodnich. Pireneje łączą się z Alpami pod kątem niemal prostym, naśladowując w swym przebiegu południową i zachodnią krawędź Masywu. Na północ rozłożyło się szerokie synklinorium pod postacią Basenu Paryskiego. Fałdy alpidów (w tym przypadku autochtoniczne fałdy Jury) wcisnęły się stosunkowo dość daleko w kierunku północno-zachodnim. Na wschód od Basenu Paryskiego widzimy Wogezy i Czarny Las. Możemy je traktować jako antyklinorium o zapadniętej części środkowej, to jest rowem Renu. Dalej na wschód rozpościera się triasowo-jurajskie synklinorium Szwabskiej Jury. Koło Passau nad Dunajem na południowo-zachodniej kancie Masywu Czeskiego znika ta jednostka. Masyw Czeski, tworzący olbrzymie antyklinorium posiada dwa kierunki, czeski (*NW—SE*) i karpacki (*NE—SW*), które łączą się koło St. Pölten nad Dunajem. Dalej na wschód łuk alpejski przetwarza się w łuk karpacki. Dla Karpat przedmurzem są: synklinorium średniej Odry i Łaby, antyklinorium krakowsko-wieluńskie, synklinorium nidziańskie, antyklinorium świętokrzyskie. Na wschód od Wisły występuje szerokie synklinorium lwowsko-gdańskie, paleozoiczne antyklinorium Podola, wreszcie depresja bessarabska i horst Dobrudży.

Zestawione powyżej elementy przedmurza Alp i Karpat wskazują na bardzo charakterystyczną naprzemianległość antyklinorjów i synklinorjów. Po drugie uderza nas ustosunkowanie się zasadniczych ich osi, które ustawione są wobec łuku górskiego albo pod kątem prostym, albo bardzo do niego zbliżonym. Jest to położenie szczególnie korzystne dla elementów przedmurza, które miały za zadanie stawić opór napierającym fałdom górskim.

Właściwy łańcuch górski oddzielony jest od przedmurza głębokimi depresjami podłużnymi rozmaicie szerokimi. Na zachodzie Jura od Masywu Centralnego oddzielona jest depresją Rodanu. Pomiędzy Alpami środkowymi i wchodnimi, a ich przedmurzem rozpościera się bardzo wielka i szeroka depresja molassy szwajcarskiej. Północny brzeg molassy jest brzegiem transgresyjnym na Masyw Czeski i Jurę Szwabską, południowy w niektórych miejscach jest natury tektonicznej. Na wschód od Wiednia fałdy karpackie nasuwają się tak daleko na swoje przedmurze, że tu zjawisko depresyj nie występuje. Na obszarze Małopolski i Rumunji mamy natomiast cały system

różnowiekowych depresyj, które nazwano ogólnie zapadliskami: chrobackiem, bessarabskiem i geckiem.

Od kiedy zastosowano do Alp teorię płaszczowinową, tektonika ich stała się jasna. Wyróżniono trzy grupy płaszczowin: helweckie, pennińskie i wschodnio-alpejskie. Pierwsze są najstarsze, ostatnie najmłodsze i leżą na poprzednich.

Płaszczowiny helweckie tworzą dużą serię na zewnętrznym brzegu Alp Zachodnich od Morza Liguryjskiego aż po Dunaj. Wśród łańcuchów zbudowanych z płaszczowin helweckich sterczą stare masywy paleozoiczne: Mercantour, Pelvoux, Belle-donte, Aiguilles Rouges i Mont Blanc. Na zachodzie, od strefy helweckiej oddzielają się autochtoniczne fałdy Jury, które przebiegają dalej ku północy pomiędzy depresją Rodanu i molasą szwajcarską. Na wschód od Masywu Mont-Blanc, strefa płaszczowin helweckich staje się coraz węższą. Tu sterczą w niej masywy Aar i Gothard. W Alpach Wschodnich tworzy strefa helwecka tylko bardzo wązki pas, wreszcie urywa się i resztki jej pojawiają się tylko tu i ówdzie. W zachodnich Alpach płaszczowiny helweckie zapadają pod następny rejon penniński, we wschodnich zaś pod płaszczowiny wschodnio-alpejskie.

Serja płaszczowin pennińskich tworzy następny rejon rozpostarty od Morza Liguryjskiego po Ren. Charakterystyczna jest ich facja łupkowa skał, przeważnie metamorficznych (np. schistes lustrés i i.). Płaszczowiny pennińskie, wśród których najważniejsze są St. Bernard, Tessin, Monte Rosa, Dent Blanche, zapadają na linii Renu pod płaszczowiny wschodnio-alpejskie. Tu ukazują się jednak w oknach tektonicznych: Gargelle, Engadinu i Tauern. A zatem płaszczowiny pennińskie tworzą zwartą strefę aż po Ren, zaś na wschód odeń występują tylko w oknach. Jest to dowód, że Alpy wschodnie wobec zachodnich znajdują się w stosunku wyżejległym, a nie obokległym.

Płaszczowiny wschodnio-alpejskie tworzą wał skalny o wiele potężniejszy niż poprzednie. Ich zasięg był niezawodnie większy i rozleglejszy niż dzisiaj. Bardzo silna metamorfoza strefy pennińskiej jest najlepszym dowodem, że nad nią leżały kiedyś olbrzymie masy płaszczowin wschodnio-alpejskich, dziś już zniszczonych przez erozję, która w Alpach jest bardzo intensywna. Na wschodzie zaś pod płaszczem płaszczowin wschodnio-

alpejskich spoczywa serja pennińska, a pod nią serja helwecka. Grupa skałek w Chablais i skałek w Alpach Fryburgskich, leżących na strefie helweckiej a facjalnie bardzo zbliżonych do płaszczowin wschodnio-alpejskich, daje się tektonicznie pojąć jako resztki płaszczowin wschodnio-alpejskich ocalałe jeszcze przed erozją.

Większą część Alp Wschodnich tworzą stare trzony krystaliczne (granity, gnejsy, łupki krystaliczne) np. masyw Silvretta, Oetzal, Schladming. Nad masywami przeszły płaszczowiny, które są podzielone na dolne, środkowe i górne. Nad jeziorami włoskimi strefa wschodnio-alpejska jest bardzo wązka: ma tu charakter korzeniowy. Ku wschodowi rozszerza się, poczem po osiągnięciu pewnego maksimum elewacji z wolna zapada coraz bardziej i wreszcie kryje się pod zapadlisko pannońskie.

Jeżeli obejmiemy jednym rzutem oka całość tektoniki Alp, to uderza nas przedewszystkiem doniosłość linii tektonicznej Ren-Werona (linja reńska). Jest to linja na której rozpoczynają się płaszczowiny wschodnio-alpejskie, dzieli ona Alpy Wschodnie od Zachodnich, przy skrzyżowaniu z nią zagina się łuk alpejski przed Czarnym Lasem, i niewątpliwie też wzdłuż niej Alpy Zachodnie są podniesione wobec Alp Wschodnich.

Przejście Alp w Karpaty jest pozornie niewidoczne. W okolicach Wiednia występuje Basen Wiedeński, który powstał w miocenie i w tym czasie zalany był morzem przelewającym się w poprzek łańcucha górskiego na jego wewnętrzną stronę. Strefa wapienna Alp Wschodnich urywa się na linii badeńskich cieplic, a zjawia się ponownie w Małych Karpatach. Zwróciliśmy poprzednio uwagę na fakt zanurzania się płaszczowin wschodnio-alpejskich ku wschodowi. W związku z tem zjawiskiem łączy się znaczna różnica w wykształceniu zasadniczych elementów tektonicznych Alp i Karpat. Karpaty charakteryzują się przedewszystkiem niepomiernie rozwiniętą strefą fliszową, która płaszczowiny wapienne spycha na plan drugorzędny. Flisz w Alpach występuje tylko w stosunkowo wązkich pasach, przeważnie na brzegu, a zasadniczo przykryty jest płaszczowinami. W Karpatach strefa fliszowa tworzy niekiedy 90% gór. Przyczyna tego leży w tem, że płaszczowiny wapienne w Karpatach nie poszły tak daleko na północ jak w Alpach, a przez to flisz pozostał odkryty. Tektonika fliszu

karpackiego jest bardziej zawiła i trudniejsza do odcyfrowania aniżeli tektonika całych Alp. Szereg rejonów facjalnych, nierówne wykształcenie różnych poziomów, często poprostu brak dobrych odkrywek i szereg innych trudności maskuje właściwą skrukturę fliszu. W każdym razie mamy tu do czynienia z szeregiem prostych antylin i synklin, z łuskami, skibami, nader częstą undulacją osi fałdów, różnemi despresjami a niewątpliwie też i z budową płaszczowinową, choć w Rumunji starają się teraz rozwiązać tektonikę fliszu bez użycia teorii płaszczowinowej.

Starsze od Karpat masywy krystaliczne są tu skupione w dwu grupach: tatrzańskiej i marmaroskiej. Odpowiadają one centralnym masywom krystalicznym Alp. Ponad krystalikum Tatr przeszły dwie płaszczowiny wapienne: wierchowa i regłowa. Ich wykształcenie przypomina fację płaszczowin wschodnio-alpejskich i dlatego należy je traktować jako ich wschodnie przedłużenie lub analogon. Ciekawym bardzo elementem są w Karpatach t. zw. Skalki. Nie tworzą one zwartej, jednolitej strefy, lecz występują wyspowato, rozciągnięte w szereg od doliny Waagu, przez Pieniny i szereg skałek po południowej stronie łuku karpackiego aż po Żelazną Bramę. Ich pozycja tektoniczna i geneza właściwie jeszcze dotąd nie jest w dostatecznej mierze wyjaśniona ¹⁾.

Na obszarze Żelaznej Bramy, Karpaty z równoczesnym skretem przerzucają się na prawy brzeg Dunaju i przechodzą w Bałkan. Fałdy Bałkanu skierowane są także ku północy. Na zachodzie streła fałdowa jest stosunkowo wązka. Występują tu serje warstw sylurskich, karbońskich i kredowych, poprzedzielane przez dyskordancje. Ku wschodowi strefa rozszerza się, lecz ginie sylur i karbon, a pozostaje tylko kreda i starszy trzeciorzęd. Pasma urywa się na brzegu Morza Czarnego, a zjawia się dalej prawdopodobnie w Kaukazie.

Wróćmy teraz do Alp. Jak wspomnieliśmy, Dynarydy zrosnięte z Alpami, ale przewalone ku południowi traktować należy jako łańcuch górski odrębny, skierowany w kierunku wręcz przeciwnym niż Alpy. Tektonika Dynaryd jest stosunkowo dość jasna. Od górno-włoskich jezior po Etsch, rozpościera

¹⁾ Nie wchodzimy tu w dalsze szczegóły tektoniki Karpat, pozostawiając tę sprawę do omówienia może w osobnym referacie. Ciekawych odsyłamy narazie do dzieła prof. J. Nowaka p. t. „Tektonika Polski“.

się słabo zdyzlokowana płyta starokrystaliczna, następnie karbon, perm i nieprzerwana serja od triasu po eocen; wszystko to ułożone jest w postaci dość spokojnych fałdów miejscami złuskowanych. Natomiast w profilu Triest-Karyntja struktura gór jest bardziej skomplikowana. Wyróżniono tu trzy płaszczowiny: dolno-dynarską, górno-dynarską i wysoko-dynarską (Alpy Julijskie). Te płaszczowiny dają się prześledzić jeszcze bardziej na południe, poczem w tak zwanych Hellenidach stosunki tektoniczne stają się niezbyt jasne.

Granica alpejsko-dynarska jest oczywiście zjawiskiem czysto tektonicznym. Ponieważ jest to linja wzdłuż której kierunek ruchu uległ rozwidleniu (północ-południe), przeto jest rzeczą jasną, że na niej nastąpiło w swoim czasie silne zluźnienie mas, które ułatwiło wydobycie się na wierzch młodych mas wylewnych (intruzje Bergel, Adamello, Eisenkappel itd.).

Szeroka dolina rzeki Po oddziela Alpy i Dynarydy od Apeninu. Koło Savony znajduje się mały, rozbity masyw gnejsowy, który odgrywa rolę słupa granicznego pomiędzy Alpami a Apeninem. Według nowszych poglądów można i w Apeninie wyodrębnić przynajmniej dwie płaszczowiny: dolną i górną, obie skierowane w swym ruchu ku północnemu-wschodowi lub wschodowi.

Na rys. 36 pomiędzy północno a południowo skierowanymi łańcuchami zaznaczono obszerne zapadliska międzyłańcuchowe. Na pierwszy plan wybijają się dwa: zapadlisko tyrrzeńskie i pannońskie. Pierwsze z nich obejmuje znaczną część Morza Liguryjskiego, a powstało w pliocenie. Powstanie jego związane jest silnie z istnieniem do dziś dnia czynnych wulkanów we Włoszech i na Sycylji. Zapadlisko pannońskie, obejmujące nizinę węgierską jest nieco starsze (oligocen-miocen), i składa się z dwu części, przedzielonych łańcuchem Bihar (odnoga Karpat). Część wschodnia, pokryta płasko leżącym mioceniem, tworzy Wyżynę Siedmiogrodzką. Część zachodnia, znacznie większa, przykryta jest aluwjami.

Przebiegliśmy w najogólniejszym zarysie całość tektoniki Europy. Wiele bardzo zajmujących problemów musieliśmy dla braku miejsca pominąć. Kończąc, podajemy wykaz ważniejszej literatury, odnoszącej się do tektoniki poszczególnych krajów Europy.

Wykaz ważniejszej literatury.

1. Beyschlag F. und Schriell W. Kleine geologische Karte von Europa. 1925.
2. Bubnoff S. Geologie von Europa. 1926.
3. Frödin G. On the Analogies between the Scottish and Scandinavian Portions of the Caledonian Mountain Range. 1922.
4. Kober C. Bau und Entstehung der Alpen. 1923.
5. Kossmat F. Gliederung des varistischen Gebirgsbaues. 1927.
6. Launay P. La géologie de la France. 1921.
7. Nowak J. Tektonika Polski. 1927.
8. Suess E. Antlitz der Erde. 1909.
9. Walther J. Geologie Deutschlands. 1923.
10. Handbuch der regionalen Geologie. 1910—1914.

W wymienionych powyżej dziełach znaleźć można szczegółowe spisy dalszej literatury.

Z Zakładu Geologicznego Uniwersytetu Jana Kazimierza we Lwowie.

W. WYSPIAŃSKI.

O właściwe oblicze nauk biologicznych w naszej szkole ogólnokształcącej.

I.

Nauki biologiczne są jednym z tych przedmiotów nauczania w szkole średniej ogólnokształcącej, co do których szkoła ta dotąd nie zdecydowała się naprawdę, jakie walory specjalne i jakie stosownie do tychże miejsce ma przyznać im w ramach swych oddziaływań wychowawczych. Zarówno w czasach niezbyt dawnych, którym jednak nie obce już było nowożytne pojmowanie zadań szkoły, jak i współcześnie nawet, spotykamy na terenach kulturalnych programy ogólnokształcącej szkoły średniej, które spychają nauki biologiczne na stanowisko podrzędne. Z drugiej strony, w czasach nowszych, nie brak prób szerszego wprowadzenia tych nauk w program szkolny i głębszego ujęcia ich zadań dydaktycznych.

W rozważaniu stanowiska biologji w polskiej szkole średniej ogólnokształcącej nie będę wznawiał słusznych zresztą utyskiwań na tak ważne momenty, jak brak odpowiedniego uposażenia szkół, przepełnienie klas, pomniejszenie możliwości twórczych nauczycielstwa w następstwie lichego uposażenia i t. p.; pragnę poruszyć momenty natury bardziej może zasadniczej. Chciałbym wykazać, że dotychczasowe programy nasze i praktyka szkolna nie zapewniają naukom biologicznym rozwinięcia istotnych i swoistych wartości wychowawczych w ramach szkoły średniej ogólnokształcącej. W rozważaniach niniejszych mam głównie na uwadze przykład gimnazjum typu matematyczno-przyrodniczego, gdzie właśnie nauki biologiczne, tworząc wraz z innymi naukami przyrodniczymi oraz z matematyką tak

zwaną podstawę wychowawczą, powinny rozwinać pełnię swych walorów. Inne typy szkół średnich ogólnokształcących muszą stosować programy biologii bardziej kompromisowe, jednakże uwagi niniejsze stosują się ze stosownymi modyfikacjami także i do tych typów szkół.

Słusznem jest, że ponad wpajanie wiedzy encyklopedycznej należy postawić kształcenie charakterów, zwłaszcza uzdolnień do pracy twórczej. Wobec tego więc stereotypowa, tradycją uświęcona lista przedmiotów i tematów schodzić musi na plan dalszy. Przy intensywnem wyzyskaniu pewnych tematów niektóre inne bez szkody mogą nawet ulegać skreśleniu. Każdy zaś przedmiot, względnie temat, po przejściu przez krzyżowy ogień badania, czy i w jaki sposób może współdziałać w wychowawczem laboratorium szkoły, powinien otrzymywać tam miejsce, odpowiadające pod względem zakresu, kolejności i sposobu traktowania jego walorom specjalnym. Nie wolno więc jednemu przedmiotom rozpierać się ponad miarę, podczas gdy inne doniosłe dziedziny wiedzy, narastające w życiu jak lawina, muszą w szkole „ogólnokształcącej“ ograniczać się do suchotniczej reprezentacji. Nie powinny dane tematy być wprowadzane w momentach, kiedy niema jeszcze właściwego przygotowania. Nie jest pożądanem obarczanie jednych przedmiotów metodami i zadaniami, które leżą raczej w charakterze i praktyce innych. Nieuwzględnianie powyższych wytycznych jest naruszeniem naczelnych zasad celowości i oszczędności pracy, jest poważnem przewinieniem w stosunku do wychowywanej młodzieży. Programy współczesnych szkół średnich ogólnokształcących mieszczą w sobie, nietylko u nas, sporo takich grzechów, o których następstwa nieopatrznie obwinia się przedewszystkiem nauczycielstwo, gdy tymczasem przyczyna zła leży głównie w trudnem do wytłumaczenia, ale niewątpliwie istniejącem wybitnie irracjonalnem ustosunkowaniu się współczesnej społeczności do szkoły. Społeczeństwo to, tak niecierpliwe, gdy w grę wchodzi n. p. reformy społeczne lub postępy techniczne, z rozbrajającą obojętnością toleruje opaczny stan, nawet z pod osłon obłudy zbiorowej bijący w oczy, polegający na tem, że właśnie najbardziej podstawowa instytucja społeczna, szkoła, jest przeważnie jedną z najbardziej zacofanych instytucyj. Program nauk biologicznych w naszych szkołach średnich jest może jednym

z bardziej rażących przykładów tej niewspółmierności między realną doniosłością zagadnień a ich odbiciem w szkole.

II.

W okresie polinneuszowskim, który w programach szkolnych przeżył znacznie dłużej, niż na szczytach nauki, dostrzegano wartości wychowawcze nauk biologicznych przede wszystkim w ich stronie opisowej oraz w systematyce. Zgodnie z tem kryły się w szkole średniej pod nazwą historii naturalnej, która to nazwa utrzymała się do niedawna w wielu krajach. W takim ujęciu prowadziły nauki biologiczne głównie do wzbogacenia zasobu pamięciowego wiadomościami, których potrzeba z dnia na dzień mogła być rozmaicie oceniana, niezawsze budzącymi żywszy oddźwięk zainteresowań, poza tem zaś nie dawały większej okazji do badań i do bardziej samodzielnej, ogółem — z współczesnego punktu widzenia — bardziej wartościowej pracy młodzieży. Jednocześnie musiało uchodzić za słuszne przyznawanie tym naukom co najwyżej skromnej roli wychowawczej, właściwej raczej w planie niższych klas szkoły średniej. W klasach wyższych musiała biologią stopniowo ustępować miejsca przedmiotom nauczania, wprowadzającym bardziej złożone, wyższe procesy umysłowe. Działy biologji, które tu i ówdzie skąpo tolerowane były w klasach wyższych, przy ówczesnym traktowaniu przeważnie albo tylko przez nieporozumienie uchodziły za zbyt trudne dla klas niższych, albo też, jak n. p. anatomja człowieka głównie ze względów uczuciowych wydawały się nieodpowiednie w tych klasach (por. odnośnik¹) na str. 148).

Rozwój nauk biologicznych w okresie podarwinowskim i w czasach ostatnich wyprowadził je z fazy opisowo-systematycznej i przez wszechstronne badania, eksperymenty i rozumowania ściśle rozbudował je na potężny gmach wiedzy, godny stanąć obok fizyki. Z punktu widzenia rzeczowego wysunęły się jako główne zadania nauk biologicznych następujące: 1. zbadanie zjawisk życia w fizyczno-chemicznych tajnikach substancji ożywionej, 2. zbadanie związków między budową a czynnością oraz między istotą żywą a jej środowiskiem, 3. zaprzężenie systematyki i innych działów biologji do

wytłumaczenia pochodzenia gatunków roślin i zwierząt. Te dążenia musiały znaleźć wyraz w programach szkolnych, mamy je też sformułowane w programach Ministerstwa W. R. i O. P. dla naszych szkół średnich. Nadszedł też czas na nowe określenia wartości wychowawczych nauk biologicznych; w naszych programach szkolnych przyznano im duże znaczenie w dziedzinie wyrabiania zdolności badawczych oraz uzdolnień do dłuższych i złożonych procesów myślowych, rozwijanych metodami nauk ścisłych.

Przy tem jednakże powtórzyło się powszechne zjawisko utrzymywania się i hamującego oddziaływania przeżytków. W danym przypadku rolę takiego przeżytku odegrał przede wszystkim dawny plan lekcyj, oparty na przekonaniu, że naukom biologicznym należy się miejsce raczej na niższych szczeblach nauczania. Doceniono wprawdzie poniekąd ich znaczenie, jednocześnie jednak, z małym wyjątkiem wprowadzenia biologji ogólnej do klasy VIII gimnazjum matematyczno - przyrodniczego¹⁾, pozostawiono je naogół na zbyt niskich szczeblach odpowiedniego wykszolenia. Pozostała też nazwa, przeżytkowa i wprowadzająca w błąd, przyrodoznawstwa, która to nazwa wbrew zasadom klasyfikacji nauk nie rozciąga się w naszych programach na fizykę i chemję, która obejmuje tam tylko nauki biologiczne oraz mineralogję z geologją; przeżytkowe względy nie dopuszczają więc jeszcze do zaakcentowania w nazwie aktualnej samoistności nauk biologicznych.

Aczkolwiek znamy dobrze siły zachowawcze przeżytków, zwłaszcza w dziedzinie przyrodoznawstwa, to mamy jednak prawo dziwić się, dlaczego w szkole średniej ogólnokształcącej dotąd nie znalazła należytego uwzględnienia zasada, dla nowoczesnej nauki tak istotna i podstawowa, która głosi, że propedeutyczne fundamenty nauk biologicznych, mimo niewątpliwej samodzielności tychże nauk, tkwią jednak przede wszystkim na terenie nauk o przyrodzie martwej. Ostatnie operują bowiem zjawiskami bardziej podstawowymi i mniej złożonemi niż nauki biologiczne. Jeżeli wchodzi w grę tak propagowane w programach szkolnych wyrabianie zdolności do eksperymentowania i badania wogóle, to w elementarnej podstawowej akcji w dziedzinie

¹⁾ Doniosłość tego wyjątku zmniejszały pewne okoliczności, o których będzie mowa poniżej.

wyrabiania tych uzdolnień znaczne pierwszeństwo przed biologią powinny mieć nauki o przyrodzie martwej, zapewniające niewątpliwie większą ścisłość pracy i jednoznaczność wyników. Fizyka, chemia oraz nauki o ziemi powinny tu przygotowywać grunt pod bardziej złożone badania i rozumowania biologiczne. Tymczasem zarówno w klasach niższych, jak i wyższych mają nauki biologiczne takie pomieszczenie, że stale wyprzedzać muszą odpowiednie działy przygotowawcze z zakresu nauk o przyrodzie martwej.

Nasz program dla klas niższych szkoły średniej, który wyraźnie nakazuje przy nauczaniu nauk biologicznych mieć na uwadze już od początków nauczania owe wyżej sformułowane wskazania rzeczowe i wychowawcze, wprowadził te nauki od klasy I., a więc przed propedeutyką wyżej wymionionych nauk podstawowych. Na miejscu, które ongiś lub nawet tuż przedtem zajmowała systematyka opisowa ¹⁾, znalazła się w tych samych klasach nauka o idei przewodniej, którą owocnie rozwijać możnaby jedynie po uprzednim przygotowaniu z zakresu nauk o przyrodzie martwej oraz w ramach większego wykszolenia umysłowego.

Starania, aby już w owych początkach były nauki biologiczne w myśl nowych idei traktowane, musiały prowadzić do wynajdywania tematów odpowiednio uproszczonych, które w takich warunkach mogły być tylko zbyt prostym, niedobrany, naiwnym nieraz surogatem. I tak zależności nazbyt dziecinne, n. p. z zakresu dziobów i łap ptasich i sporo podobnych, uzyskiwało w naszych programach klas niższych i w ich oficjalnych opracowaniach wysoką rangę tematów, na których wzmiankowane wyżej wartości nauk biologicznych rzekomo mogą być obszernie rozwijane i owocnie uwypuklane. W zakresie tematów, które n. p. w klasach III i VI mogłyby być odrazu, bez wysiłku i o wiele poważniej potraktowane, stają się w klasach I i II konieczne niekorzystne pomniejszenia danych zagadnień, święcą swój beneficjusz sposoby, zaczerpnięte z freblówek. Na takim podłożu powstała pewna gałąź metodyki

¹⁾ Słuszność każe przyznać, że już dawno temu rozpoczęły się u nas próby oficjalne i indywidualne nauczania biologii w duchu nowoczesnym, niemniej jednak pojawienie się polskich programów ministerjalnych można uważać za ostateczny punkt zwrotny.

nauczania, którą ktoś złośliwy mógłby nazwać biologją dla umysłowo niedorozwiniętych, dotąd ciesząca się uznaniem niektórych kół¹⁾. Gadanina poczciwa, ale nieraz raczej nadająca się do ochronki, spełniać ma tu rolę mistrzyni tych wielu prostszych, przygotowawczych działów biologji, które raz wpojone w klasach niższych, nie powinny już w większej mierze zaprzętać czasu na wyższych stopniach nauki. Dla wyszkolonego zaś biologa było i jest jasnym, o ile więcej możnaby już w klasach niższych uzyskać, wprowadzając nauki biologiczne po odpowiedniemu przygotowaniu. Możliwość wówczas n. p., w ramach przytoczonego przykładu, poważić się w tych klasach nie tylko na naiwne kontemplacje dziobów i łap ptasich, ale i na poważniejszą charakterystykę ptaka, jako zespołu licznych urządzeń do lotu, przed czem nie wzdragają się m. in. metodycy niemieccy. Ogółem możnaby wprowadzić już w klasach niższych szereg wiadomości z morfologji, fizjologji, systematyki a nawet ogólnoblogicznych, które obecnie muszą być przekazywane klasom wyższym, aczkolwiek są dostępne dla umysłowości młodzieży niższego stopnia szkoły średniej.

Nie ustrzeżono się analogicznych nieporozumień i w klasach wyższych. Botanikę umieszczono w gimnazjum matematyczno-przyrodniczym w klasach IV i V, przed przerobieniem odpowiednich działów przygotowawczych z fizyki i chemji, przed zakończeniem geografji oraz nauką geologji i mineralogji.

Wobec tego zajęcia mikroskopowe oraz fizjologja i ekologia roślin mogą być traktowane tylko w sposób mocno zbanalizowany. Przecież przed właściwą nauką o atomach i wzorach chemicznych nie wypada w klasie IV, przy fizjologji roślin, wprowadzać nawet nazwy: dwutlenek węgla! Wprowadzanie zaś jej, nawet w połączeniu z odpowiednim surogatem wyjaśnień, jest tylko dorywczym przemyśleniem wiedzy. Geografja i ekologia żywizny nie mogą obchodzić się bez podstaw z geografji ogólnej, nauka o nieorganicznych pokarmach roślin bez chemji, mineralogji i geologji.

¹⁾ Cała ta publicystyka, aczkolwiek rozwijająca się na tle nieporozumienia, miała jednak fundament dobrej woli, pozostawiła też spory plon dodatni.

I tutaj znowu wynajduje się rozmaite surogaty poważnych oddziaływań metodycznych. Jednym z nich n. p. ma być uporczywe badanie i rysowanie licznych skrawków roślinnych; powstaje charakterystyczna pantomina rozstawionych stolików z mikroskopami i innym obfitym nieraz aparatem, przez szereg lekcyj jedne skrawki za drugimi wędrują pod obiektyw mikroskopu, znowu w poprzedzającym programie fizyki niewytłómaczonego, pewne zaś poważniejsze metody i rozważania z zakresu badań mikroskopowych, dla których histologia botaniczna szczególnie daje okazję, nie mogą tu wystąpić w pełni swej wartości wychowawczej. Zajęcia praktyczne z fizjologii roślin muszą ograniczać się do tematów, wymagających nieraz poważnych przygotowań, a jednocześnie mało wyrabiających w porównaniu z temi, jakie na gruncie odpowiedniego przygotowania z fizyki i chemji mogłyby owocnie być zastosowane na wyższych szczeblach nauki szkoły średniej. Obecnie zresztą, po redukcji lekcyj w kl. IV, wszystkie wymienione zajęcia praktyczne schodzą do minimum.

W drugiej połowie klasy V i w klasie VI gimnazjum wymienionego typu mają rolę podobnych „przebojów“ odegrać m. in. zajęcia zootomiczne. W przekonaniu niektórych mają one dawać okazję do samodzielnego osiągnięcia zrozumienia całości złożonej, przez rozkład jej na części. I tu może niejednokrotnie zapomina się, że na tym stopniu przygotowania przyrodniczego samodzielne odnajdywanie szczegółów morfologicznych istoty żywej nie może być równoważnościowe badaniu n. p. przyrzędu fizycznego, gdzie struktura, ułożenie i połączenie części składowych łatwo mogą być udostępnione dla samodzielnego wykrywania i interpretacji. Przy podobnych zajęciach wysuwa się niekiedy postulat sprawności technicznej, która w tej dziedzinie nie jest celem godnym odpowiednio wielkich wysiłków i straty czasu w ramach szkoły ogólnokształcącej; kiedyindziej znowu jawi się tu, równie rozrzutne, przecenianie wspomnianej samodzielności, niosące w pewnych warunkach niebezpieczeństwo niechlujnego niszczenia życia. Zajęcia zootomiczne są niewątpliwie bardzo cenne i niezbędne, ale z punktu widzenia wychowawczego są na stopniu szkoły średniej raczej tylko udoskonaleniem metody pokazowej i jak każdy pokaz muszą przez odpowiednie narzucanie obserwacji, względnie czynności kępować samodzielność, która zarówno

jak i cała „heureza“ nie jest zresztą żadnym tabu¹⁾. W wielu podobnych wypadkach zużywa się w gimnazjach moc czasu i zachodów na wdrażanie czynności i rozumowań, nie wzbogacających umysłowości ucznia proporcjonalnie do wysiłków zużytych. Nie dziwnego, że podpatrujący filolog, fizyk lub matematyk może zżymać się i głosić, że czas ten potrafiłby spędzić z większym pożytkiem dla sprawy.

Należy otwarcie zajrzeć prawdzie w oczy. W rzeczy samej przytoczone wyżej niektóre sposoby traktowania nauk biologicznych niezawsze są oddziaływaniami, któremi mogłaby biologja chlubnie zaznaczyć swe współuczestnictwo w wychowawczym warstacie szkoły średniej. I ostatecznie nauka ta, której wielką, swoistą wartość wychowawczą dobrze sobie uświadamiamy, dotąd niebardzo pozyskała sobie opinię. Wszyscy, którym sprawa ta leży na sercu, nie chcąc, aby zaskoczyły ich dalsze wywłaszczenia kosztem lekcyj biologji, powinni jak najrychlej rozpocząć starania, aby władze szkolne poddały rewizji dotychczasowe programy nauk biologicznych w ogólnokształcącej szkole średniej.

Jednym z fundamentalnych błędów tych programów jest brak należytego ustopniowania trudności, odpowiednik podkreślanego w uwagach niniejszych niedbałego rozłożenia i wyzyskania materiału. Sporo tematów możnaby w zakresie prawie nieuszczerplonym spokojnie przenosić z klasy do klasy. Nie wiele mamy dotąd w nauczaniu biologji tego pierwiastka, który matematyce, fizyce i niektórym innym naukom zapewnia specyficzny prestige w oczach ucznia. Nauka n. p. matematyki budzi zrazu u ucznia klasy niższej podziw i lęk, czy podola jej zawilosciom w klasach wyższych, później zaś to, że stopniowo osiąga zdobycze stosunkowo naprawdę wielkie, dawać może i daje zazwyczaj ogromne zadowolenie z pracy własnej i budzi do niej zamiłowanie. A w biologji, mimo wszelkich innowacyj, mamy przeważnie po staremu, trudności częstokroć mało imponują lub niebardzo pociągają, dostępne doświad-

¹⁾ Metoda heurystyczna i postulat samodzielności niekiedy mało się liczą z ważką okolicznością istnienia u wielu wychowanków wybitnie niekorzystnych nastawień umysłowych, mogących — przy nieogłędnie pozostawionej swobodzie — zapędzać proces myślowy na manowce, z tych zaś zabląkań pozostawać może trudny do odrobienia engram pamięciowy.

czenia są często odczuwane jako dziecinne, zachodzące mozoły są nieraz albo tylko natury pamięciowej, albo też, przy traktowaniu spraw zawilszych, polegają przeważnie na nieprzygotowaniu, przez co odpowiednie rozważania, choć zbanalizowane z musu, okazują się w wielu wypadkach niezrozumiałymi. Zastanawiająca jest przeciętna bezradność uczniów w operowaniu zagadnieniami biologicznymi. Brak ustopniowania trudności uniemożliwia doprowadzenie ucznia do tych wyżyn biegłości i poziomu pracy myślowej, na których wartość nauk biologicznych nie będzie przedmiotem powątpiewania. W obecnym jednak stanie, nauki biologiczne, mimo swej doniosłej i bądź co bądź pociągającej treści, spadają nazbyt często w oczach młodzieży oraz wielu postronnych do poziomu przedmiotu dodatkowego; wiemy o tem dobrze, chociaż niebardzo lubimy o tem mówić.

Niemal jedyną okazję wprowadzania na wspomniane wyżyny dawała dotąd nauka biologji ogólnej w klasie VIII gimnazjum typu matematyczno - przyrodniczego, aczkolwiek i tutaj szwankujące przygotowanie z klas poprzednich, przerwa dla biologji w klasie VII oraz gorączka przedmaturalna nie wychodziły na dobre. Nauka biologji w klasie VIII była słusznie pomysłana jako niezbędne wykończenie programu klas poprzednich (do kl. VI włącznie), gdzie to brak odpowiednich podstaw utrudniał racjonalne traktowanie przedmiotu. Ostatnie rozporządzenie Ministerstwa W. R. i O. P. skasowało tedy przedmiot nauki, bez którego program biologji klas poprzednich tego typu gimnazjum będzie programem „z uciętą głową“ lub też niefortunną próbą wtłaczania dotychczasowych tematów klasy VIII w klasy, nie mogące mieć odpowiedniego przygotowania lub wyrobienia umysłowego.

Pozostała natomiast w kl. VIII nietknięta propedeutika filozofji, która od kilku lat była wraz z biologją ogólną postawiona do wyboru uczniów. Już to było pomysłem niewłaściwym, iż ze wszystkich nauk klasy VIII tylko biologja, stanowiąca — jak zaznaczyłem — niezbędne zakończenie pewnego kursu, uznana została za ten przedmiot, który wart jest w razie, gdy uczeń nie zaszczydzi go wyborem, zniknąć z widowni. Po tem jednak, co niedawno temu nastąpiło, możnaby w owym

pomyśle widzieć pośredni etap historyczny w kierunku całkowitego wyeliminowania biologii z klasy VIII.

Z pedagogicznego punktu widzenia zaszedł tu jeszcze jeden błąd zasadniczy. Racjonalnie biorąc, celem pozostawionej propedeutyki filozofji powinno być raczej wyrabianie myślenia filozoficznego, niż wpojenie pewnej skróconej encyklopedji nauk filozoficznych. Tu zwrócić uwagę należy, że wśród nauk, uprawianych w szkole średniej, właśnie biologja w klasie VIII gimnazjum matematyczno - przyrodniczego wybitnie nadaje się do rozwijania myślenia filozoficznego. W ramach programu tej szkoły można wybrać szereg zagadnień ogólno - biologicznych, stosunkowo łatwych a jednocześnie na tyle opartych na wpojonych faktach i doświadczeniach, że odpowiednie filozofowanie nie będzie cczą gadaniną. Mam wrażenie, że w humanistyce a nawet w fizyce szkolnej trudniej jest w rozumowaniach o analogicznym poziomie wyeliminować niebezpieczeństwo niesumienności myślowych. I oto właśnie ta okazja zostaje zaprzepaszczona na rzecz filozofji, raczej rzekomej, jawiącej się zbyt późno i na zbyt krótko w nauczaniu, aby sama zdołała spełnić swe zadanie. Prawdopodobnie najlepszą filozofją w kl. VIII tego typu gimnazjum byłaby filozofja nauk przyrodniczych, a biologicznych w szczególności, z rozszerzeniami na inne działy filozofji. Niemniej jednak byłoby słusznem, gdyby w tym typie uczelni znalazło się także miejsce dla zarysu psychologii i logiki n. p. drogą redukcji tych działów nauki, których głównem uprawnieniem jest tradycyjne zasiedzenie.

III.

Nie sposób wyliczać tu i rozwijać szeroko momenty, w których ujawnia się głębsza i swoista wartość wychowawcza nauk biologicznych. Wystarczyłoby tu może stwierdzić, że w obecnym stanie biologji cały szereg jej dziedzin, długo uważanych za zbyt niedostępne, dojrzał już dostatecznie do wyłonienia z siebie tematów, dających pole do istotnie wartościowej pracy w ramach szkoły średniej. Ograniczam się więc do krótkiej tylko rejestracji ozych momentów:

1. Biorąc ogólnie, nauki biologiczne dają obfitą możność przeprowadzania dłuższych i złożonych badań i rozumowań,

większych prac umysłowych, wnoszących zadowolenie bliższego poznawania bardzo doniosłych, palących nawet, a jednocześnie niezbyt trudnych zależności. Tak wspaniałych, pociągających badań i rozważań, jakie zachodzą n. p. w dociekaniach biochemicznych i biogenetycznych, porównawczej morfologii i fizjologii, w niektórych zagadnieniach z pogranicza fizjologii i medycyny, w ekologii, teorii dziedziczności, w nauce o ewolucji i t. p. nie każda nauka może dać przykłady. Nauki biologiczne mają tedy wybitną wartość w rozumnym wyrabianiu t. zw. poglądu na świat, przyczem uwydatnia się omawiane wyżej bogate ich uposażenie do wyrabiania myślenia filozoficznego. Bardzo doniosłe są uzyskane powyższemi drogami nastawienia umysłowe: biologja wdraża w umysł wspaniałe schematy, antycypacje dla przyszłego myślenia.

2. Nauki biologiczne dają doskonałą okazję stosowania zagadnień praktycznych i teoretycznych, których rozwiązanie uwzględniałoby prócz wiadomości z biologji także fizykę, chemję i nauki o ziemi, nastręczają tedy liczne próby stosowania i koncentracji tych nauk. Przykładem tu rozdział o metodach badań mikroskopowych, oparte na chemji i fizyce dokładne badania i interpretacje wybranych przebiegów fizjologicznych, rozważania na temat roli żywizny w przemianach materji i energii w przyrodzie, rozdział o geograficznych zależnościach istot żywych oraz wiele innych.

Na tem miejscu podkreślić należy, że ważną specjalnością nauk biologicznych, króra na ich terenie powinna być szeroko i metodycznie uprawiana, jest wprowadzanie ucznia przy pomocy lupy i mikroskopu w świat istnień niedostrzegalnych okiem nieuzbrojonym.

3. Pozatem — podobnie jak i inne nauki przyrodnicze — rozwija oczywiście biologja zdolności obserwacyjne, badawcze, konstrukcyjne, ćwiczy w stosowaniu metody indukcyjnej, w wyszukiwaniu związków funkcjonalnych, względnie przyczynowych, w klasyfikowaniu i t. d.

4. Wreszcie ze stanowiska ucznia, który zawsze będzie tego żądał i oczekiwał, jest w cenie biologja, jako dająca odpowiedzi na rozliczne, oblegające zewsząd zagadnienia praktyczne z zakresu medycyny, rolnictwa, ogrodnictwa i t. d. Ponieważ często wchodzą tu w rachubę proste, banalne nawet

zależności, dużą część tego zakresu możnaby z powodzeniem przekazać klasom niższym.

Z całym naciskiem należy podkreślić, że takie właśnie tematy, przede wszystkim zaś owe złożone zależności i koncentracje w zakresie zagadnień o doniosłości pierwszorzędnej stanowią to, co biologja jako istotnie odrębne i wartościowe jest w mocy wnieść w warsztat wychowawczy szkoły¹⁾. To wszystko jednak powinno być uprawiane z szerokiem uwzględnieniem strony praktycznej, wycieczek etc. Niema tu obawy przeładowania, gdyż nie istnieje nietykalna lista tematów; mogą być wprowadzone pewne tylko odpowiednie wybrane rozdziały. Bez takiego zaś ujęcia będą nauki biologiczne zawsze dodatkiem w programie szkolnym, nie zaś przedmiotem o fizjognomji określonej, nie zaś — sobą. Bez stosownego ujęcia mogą te nauki — jak już podnosiłem — wogóle tracić rację istnienia w szkole średniej ogólnokształcącej.

Te specyficzne ujęcia programu nauk biologicznych wymagają — raz jeszcze podkreślić należy — odpowiedniego przygotowania z fizyki, chemji i nauk o ziemi. Program chemji musi być uzgodniony z programem biologji, chemja organiczna, zwłaszcza w gimnazjach matematyczno - przyrodniczych, powinna być traktowana gruntowniej, niż dotąd i w większym kontakcie z problematami biologicznymi. Wszelka rozumna reforma musi zacząć przede wszystkim od tych uzgodnień. Dla racjonalnego uprawiania nauk biologicznych potrzebne jest również, zwłaszcza w wymienionym typie gimnazjum, wprowadzenie w klasach wyższych geografji ogólnej w jeden przedmiot z geologją zespolonej. Geografja ogólna, też rozwijająca doniosłe a nietrudne zależności, dla młodzieży bardzo pociągająca, jest w swem dotychczasowem zepchnięciu do klas najniższych i rozproszkowaniu wśród geografji szczegółowej również dobrym przykładem niedoceny roli pewnych przedmiotów w naszych programach szkolnych.

Jasną jest rzeczą, że ułożenie, w myśl powyższych wskazań, programów nauk biologicznych dla szkół średnich ogólnokształcących byłoby zadaniem trudnem. Stwierdzić należy, że celowe opracowywanie takich programów nie może dokonywać

¹⁾ Stopień uświadomienia w tych zagadnieniach, a nie ilość form, którą potrafi ktoś oznaczyć i nazwać, jest współcześnie miarą znajomości nauk biologicznych.

się w tempie działań wojennych, raczej powinnyby tu być zastosowane tempo trudnej pracy naukowej. Zarazem dzieło takie nie mogłoby obejść się bez współpracownictwa koryfeusza odpowiednich działów nauki, żaden wydział programowy nie zdoła tu być samowystarczalnym.

IV.

Motywym ostatniego rozporządzenia Ministerstwa W. R. i O. P., które zwłaszcza w gimnazjum typu matematyczno-przyrodniczego znacznie zmniejszyło ilość lekcyj na naukę biologii przeznaczonych, w szczególności zaś skasowało biologję ogólną w klasie VIII wymienionego gimnazjum, było usunięcie nadmiernego przeciążenia młodzieży. To było zapewne potrzebne. Z zamierzeniami Ministerstwa nie stoi jednak w sprzeczności główny postulat niniejszego artykułu, a mianowicie żądanie przesunięcia nauk biologicznych do klas wyższych, n. p. w gimnazjum typu matematyczno-przyrodniczego z klas I, II, IV, V i VI do klas III, IV, VI, VII i VIII, przy czym i w szkołach powszechnych powinny nastąpić analogiczne przesunięcia¹⁾. Odpowiednie zmiany powinny nastąpić także i w innych typach szkoły średniej ogólnokształcącej. W gimnazjach humanistycznych i klasycznych konieczne jest ponadto zwiększenie ilości godzin nauk biologicznych, co zresztą także i w gimnazjum typu matematyczno-przyrodniczego byłoby zgodne z zasadniczą koncepcją tegoż gimnazjum.

Nie leży właściwie w ramach niniejszego artykułu rozwijanie programów szczegółowych. Dla przykładu jednak naszkicuję pobieżnie, jakby. — w myśl powyższych wytycznych — można sobie wyobrażać tok nauki w zakresie nauk biologicznych w gimnazjum typu matematyczno-przyrodniczego. Klasy III i IV mogłyby objąć zarys botaniki i zoologii, przy czym w klasie III sposób nauczania powinien być zbliżony do dotychczasowego i polegać na monograficznem opracowaniu kilku typowych przedstawicieli roślinnych i zwierzęcych w zgodności

¹⁾ Stoję na stanowisku, że klasom I, II i III gimnazjum odpowiadać powinny oddziały IV, V i VI szkoły powszechnej i te powinny mieć program z klasami gimnazjalnemi uzgodniony. Dla tych zaś uczniów, którzy na szkole powszechnej kończą swe kształcenie się ogólne, potrzebny jest oddział VII z osobnym programem, dającym odpowiednie wykończenia.

z porami roku na podstawie wycieczek etc. W klasie IV możnaby z kolei przeprowadzić zarys systematycznego przeglądu obu królestw przyrody. Przy tem, jak już zaznaczyłem, szereg tematów, dotąd dla klas I i II zbyt trudnych, mógłby tu znaleźć pomieszczenie. Jest to wiek dobrej pamięci, rwącej się do ćwiczenia, wiek zamięłowania do zbieractwa i klasyfikowania, okres pojmowań formalistycznych.

Na tem podłożu możnaby wpoić szereg pojęć i nazw, słowem poszerzyć zakres umysłowy na przyjęcie trudniejszych zagadnień. Chemja nieorganiczna i mineralogja mogłyby być wprowadzone już w klasie IV; w tej sprawie powtarzam opinię wielu fizyków, którzy niezbyt chętnie widzą w tej klasie obowiązującą obecnie mechanikę, zbyt trudną na tym poziomie do racjonalnego ujęcia, a jednocześnie powodującą uszczuplenie właściwego kursu tej nauki w klasie VI. Jako zakres wprowadzający w zagadnienia i metody fizyki lepiej nadawałaby się chemja z mineralogją, których trudniejsze zagadnienia mogłyby być przeniesione do odpowiednich działów fizyki klas wyższych. W klasie V powinna znaleźć się odpowiednio potraktowana chemja organiczna oraz geografja ogólna, połączona z geologją i z zarysem paleontologii, jako wstępem do nauki o ewolucji. Na takich podstawach rozpocząłby się w klasie VI trzyletni kurs nauk biologicznych, uwzględniający w szerszej mierze swoiste walory tych nauk. Kurs ten mogłaby rozpocząć w klasie VI porównawcza morfologja i fizjologja roślin i zwierząt, przera-biana na podstawie wybranych zajęć praktycznych. Resztę czasu w tej klasie możnaby poświęcić ekologii i geografji żywnizny oraz systematycznej rekapitulacji materiału. W klasie VII byłaby może na miejscu nauka o człowieku na podstawie morfologii i fizjologii porównawczej kręgowców, przy czem fizjologja człowieka dawałaby szeroką okazję do wydobywania wychowawczych wartości biologji. Ta nauka o człowieku powinna uwzględnić nowe zdobycze i metody antropologii. Dla klasy VIII pozostałyby wówczas nieprzerobione dotąd działy biologji ogólnej w szczególności nauka o ewolucji oraz odpowiednie orientacje filozoficzne. Powyższy szkic traktuję jedynie jako przykład. W gimnazjach humanistycznych i klasycznych pożądane byłoby wprowadzenie biologji ogólnej w klasie VII. Nasuwające się uwagi, dotyczące traktowania nauk biologicznych

w seminarjach nauczycielskich, pomijam, ograniczając się do zaznaczenia, że w tym typie szkoły ścisły kontakt biologji z nauką pracy ręcznej mógłby być, ze względu na przyszłe zajęcia nauczycielskie, bardzo owocny.

Dodatkowo poruszę sprawę podręczników szkolnych, które w zakresie nauk biologicznych szczególnie nie stoją na wysokości zadania. Dobry podręcznik jest, zwłaszcza w klasach wyższych, pomocą nieodzowną. Dobrym podręcznikiem jest taki, który, podając uczniowi wystarczający i nowoczesny materiał, ujęty ściśle i jasno, oraz wprowadzając zwięzłe zestawienia, czyni zbędnymi wszelkie dyktowania objaśnień, uzupełnień, poprawek lub skrótów. Dobry podręcznik powinien w miarę możliwości dzielić program na lekcje, powinien nietylko dobraną treścią przedmiotu ale i trafnymi wskazówkami praktycznymi dopomagać pamięci i pomysłowości nauczyciela. Tutaj pozwolę sobie zaznaczyć, że dobre podręczniki powstaną tylko drogą konkursów, nie zaś drogą przypadku. Mam wrażenie, że dotychczasowe podręczniki do nauk biologicznych w szkołach ogólnokształcących przeważnie powstawały zbyt pobieżnie.

Pragnąłbym gorąco aby artykuł niniejszy zapoczątkował dyskusję w sprawach, których doniosłość wydaje mi się pierwszorzędną.

„Wiadomości z botaniki“ Dra Władysława Kuželki.

Główny ten podręcznik wyszedł w 4. wydaniu (1928) nakładem Fiszera i Majewskiego w Poznaniu. Zewnętrznie książka przedstawia się korzystniej niż w poprzednich wydaniach K. S. Jakubowskiego we Lwowie. Liczne barwne tablice wykonane znacznie lepiej, przybyło na nich kilka nowych rysunków, w tekście rycin również więcej, co tem bardziej podnieść należy, że dla większości ilustracyj sporządzano klisze nowe.

Treść podręcznika naogół bardzo mało zmieniona. Krótkie wzmianki o *Victoria regia*, o *Drosera longifolia*, *Digitalis purpurea* i o drożdżach, szereg bardzo drobnych zmian w tekście i dodany nowy rozdział p. t. „Botaniczny ogród szkolny“ nie mają większego znaczenia.

Szkoda, że autor nie dołożył więcej starań, aby książkę poprawić. Każde nowe wydanie powinno by do tego zachęcać, a nawet zobowiązywać. W wydaniu 4. można było spodziewać się nawet zmian zasadniczych, bo poprzedziła je krytyka z dwóch stron.

Krytyka prof. Hryniewieckiego, odnosząca się do 1. wydania, ukazała się w „Poradniku dla samouków“ dopiero w r. 1926, kiedy książka była już w wydaniu 3. Do tego czasu pewne zarzuty przestały być aktualne, bo autor, niezależnie od krytyki, niektóre błędy pousuwał.

Górnych listków przylaszczki już nie nazywa kielichem, data pojawienia się u nas moczarki została cofnięta daleko wstecz, niema już błędnego podpisu pod rysunkiem jednej paproci i t. d.

Jednak, mimo tych poprawek, krytyka prof. Hryniewieckiego w głównych swoich punktach nie przestała być aktualną tak samo względem 3. wydania.

Trzecie wydanie poddał ocenie prof. Kulczyński, gdy powstał zamiar wydania książki po raz czwarty, a układy autora z dotychczasowym nakładcą rozbiły się. Bezpośrednim powodem krytyki p. Kulczyńskiego, o ile wiadomo, było podjęcie przez autora podręcznika kroków sądowych przeciw p. S., który prywatnie, na życzenie nakładcy, zestawiał, co należałoby w książce poprawić.

Krytyka 1. wydania mogła wypaść nawet korzystnie, mimo stwierdzonych błędów, jeśli krytyk, uznając w zasadzie książkę za użyteczną, spodziewał się, że autor w następnym wydaniu wytknięte błędy usunie. Prof. Kulczyński nie mógł już na to liczyć, skoro błędy, wymienione przed zamierzonym 4. wydaniem podręcznika, autor zupełnie zlekceważył. W takich okolicznościach trudno było dalej kierować się pobłażliwością, to też braki książki zostały wytknięte i ocenione bezwzględnie.

W odpowiedzi na tę krytykę autor, powołując się na opinię prof. Hryniewieckiego, podał, że prof. Hryniewiecki „poruszywszy kilka wątpliwości“, podniósł zalety książki i polecił ją samoukom oraz nauczycielom; było to odzwierciedlenie opinii prof. Hryniewieckiego bądź co bądź niezupełne. Skoro zaś autor dodał do tego swoje zapartywanie osobiste, że jego podręcznik „nie tylko wolny jest od błędów rzeczowych, lecz“ ponadto „przedstawia wartość pedagogiczną i naukową bez zarzutu“, musiał tem spowodować replikę prof. Hryniewieckiego.

Kto, stojąc dalej od przedmiotu, czytałby tylko odpowiedzi i sprostowania autora, mógłby sądzić, że pod każdym względem ma on słuszość, krytycy zaś, nie wiadomo czem powodowani, „w sposób tendencyjny przedstawiają wartość jego dzieła“ i jeszcze dążą do skażenia go błędami.

Dopiero przez porównanie tekstów można sobie urobić właściwy sąd o krytyce, można przekonać się nawet przy pomocy autora, a ściślej mówiąc, przy pomocy 4. wydania jego podręcznika, że ona była uzasadniona.

Prof. Hryniewiecki, po ogólnych uwagach co do rozmieszczenia materiału, jego zdaniem, obniżającego pedagogiczną wartość książki, zwraca uwagę na doświadczenie z wydzielaniem tlenu przez moczarkę i sądzi, że zostało ono błędnie pomyślane, ponieważ „przyciśnięcie odwróconego lejka do dna wytwarza bardzo niekorzystne warunki do przemiany gazów u moczarki, a czekanie 3 dni na wynik doświadczenia jest błędem, który nie doprowadzi do pomyślnych wyników“. Uwaga słuszna, bo aby doświadczenie się udało, trzeba zapewnić roślinie należyty dopływ bezwodnika węglowego i odpowiednio ją oświetlić. Nie będą te warunki spełnione, skoro lejek, przykrywający rośliny, opierać się będzie o dno słoja z wodą; wówczas dostęp bezwodnika węglowego do roślin przez szczeliny między lejkiem a dnem zostanie utrudniony i być może nie wystarczający do pokrycia jego ubytków pod lejkiem. Roślina będzie miała do dyspozycji tylko tyle bezwodnika węglowego, ile go było w wodzie pod lejkiem na początku. Przedłużanie doświadczenia w takim zestawieniu do 3 dni prawie w niczem nie zmieni wyników, tem bardziej, że i dostęp światła do roślin przez słoje i lejek będzie ograniczony. W podobnych warunkach łatwo może się zdarzyć, że asymilacja bezwodnika węglowego wogóle, o ileby się nawet odbywała, przez wydzielanie tlenu ujawniać się nie będzie. Proces bowiem przyswajania bezwodnika węglowego w wysokim stopniu zależy od natężenia światła i w świetle słabem może być skompensowany odwrotnym procesem oddychania.

z uwzględnieniem genetyki i zasady czystych linii, zaś z pominięciem epigenety jest lepsze od mego, ale przekonać się o tem nie ma sposobności. W każdym razie nie byłaby to książka J. Dembowskiego, lecz książka prof. Hryniewieckiego.

Wszystko to są ostatecznie rzeczy drobne. Poważniejsza jest sprawa, że prof. Hryniewiecki nie przeczytał uważnie książki, którą tak ostro krytykuje. „Każdy rozumie“ pisze krytyk, „że fizjologia jest nauką o czynnościach“, ponieważ zaś ja definiuję biologię jako naukę o czynnościach pod pewnym kątem widzenia, jasne jest, że biologia stanowi tylko część fizjologii, ale nie jest nauką samodzielną. Na str. 12 książki wyjaśniam, iż fizjologia jest nauką o czynnościach właśnie pod pewnym kątem widzenia, zaś na str. 13 i 14, że kąt widzenia biologii jest inny, niż fizjologii. Krytyk przypisuje mi rozumowania, których w książce niema. Moja substancja twórcza przypomina mocno entelechję Driescha, pisze prof. Hryniewiecki. Entelechja Driescha jest kategorią myślową, nie jest czynnikiem bezpośrednio działającym, nie znajduje się w przestrzeni i nie podlega prawu przyczynowości. Moja substancja twórcza natomiast jest substancją materjalną i od jej właściwości fizyko-chemicznych zależy kierunek rozwoju. Oba pojęcia są biegunowo różne. Nieraz zarzucano mi umysłowość „zbyt fizyko-chemiczną“. Prof. Hryniewiecki chciałby oskarżyć mnie o skrajny witalizm. Nie chcę przypuszczać, iż prof. Hryniewiecki nie czytał Driescha, którego cytuję, pozostaje mi więc tylko wniosek, że nie przeczytał uważnie mojej książki. To gorzej, niż zaliczyć *Bryophyllum* do glonów. Bowiem ja na moim błędzie nic nie budowałem, prof. Hryniewiecki zaś używa swoich własnych nieporozumień jako argumentu przeciwko mnie. Na żądanie mógłbym służyć dalszemi przykładami.

Prof. Hryniewiecki łaskawie nazywa mnie poważnym twórczym badaczem naukowym i utalentowanym popularyzatorem, dodając, że wymagania względem mnie muszą być wysokie. Jestem bardzo wdzięczny za komplement, jednak zaraz chciałbym go wyzyskać. Czy mianowicie czyjaś twórcza i utalentowana praca, prócz wysokich wymagań, nie zasługuje na pewne poparcie? Niestety, z tem jest o wiele gorzej. Zarzuca się mi, że tytuł książki nie odpowiada treści, ale książki opatrzonej właściwym tytułem nikt mi nie chciał wydać. Jakiegoż poparcia doznała moja praca ze strony prof. Hryniewieckiego? Przecie w jego krytykach niepodobna dostrzec cienia życzliwości. Nic, prócz wysokich wymagań. Prof. Hryniewiecki „zwiększa wartość“ mojej książki, oświadczając, że książka jest bez wartości i popierając to oświadczenie całym ciężarem swego osobistego autorytetu. Krytyka jest skierowana nie przeciwko mojej książce, lecz najwyraźniej przeciwko mojej osobie. Bo i w jakimże celu wytacza prof. Hryniewiecki napastliwą krytykę Mohra i co ma wspólnego mój artykuł o chromozomach z moją książką? W dodatku błędnie informuje czytelnika, że moje poglądy zostały potępione przez redakcję poważnego czasopisma. Ta sama poważna redakcja umieściła jednak nietylko krytykę mego artykułu, ale przedewszystkiem i sam mój artykuł, dając tem dowód swej bezstron-

ności i swej wysokiej kultury naukowej. A w jakim celu prof. Hryniewiecki tak dowcipnie, choć tak niefortunnie wytyka drowi Dembińskiemu błędy botaniczne? Tylko po to, aby wskazać, że i gdzieindziej ja popełniam błędy rzeczowe. Prof. Hryniewiecki nie mógł nie wiedzieć, że Dembiński i Dembowski są jedną i tą samą osobą, skoro w temże „Naokoło Świata“ nazwisko moje, jako zdobywcy nagrody, było wydrukowane *en toutes lettres*. Idzie o zwykły błąd zecerski, którego nie poprawiłem, gdyż wcale nie otrzymałem korekty artykułu.

Prof. Hryniewiecki nie uwzględnił jednej ważnej okoliczności. W całym tym sporze ja bronię własnych moich poglądów, krytyk zaś broni poglądów, miłośnicwie nam dziś w biologii panujących i być może nie potrzebujących specjalnej obrony. Społecznie doniosłem i szczytnym zadaniem krytyka jest uważne przysłuchiwanie się wszystkiemu, co nowe, życzliwość względem tych, którzy bodaj próbują coś stworzyć. Prof. Hryniewiecki woli wyszukiwać błędy botaniczne oraz ostrzegać czytelnika „w tych wypadkach, gdy indywidualne poglądy autora nie są w zgodzie z powszechnie przyjętymi teorjami“. Teoryj powszechnie przyjętych biologia zna bardzo niewiele, wcielenie zaś w życie zasady, że wolno jest pisać tylko o poglądach panujących, ułatwiłoby zadanie krytyka, ale zabiłoby wszelką twórczość i wszelki postęp nauki.

Proponuję, abyśmy rozstrzygnęli ten spór „jak na współczesnych biologów przystało“. Niech prof. Hryniewiecki uzasadni w książce lub w artykułach słuszność swoich poglądów na definicję życia, na istotę dziedziczności, na stosunek biologii do fizjologii, na sposób ujmowania książek, przeznaczonych dla „tych co słuchać pragną“. Niech nasza polemika wyleje się w czyn, niech przeniesie się z płaszczyzny docinków osobistych na grunt zagadnień biologicznych. Gdy nasi słuchacze lub czytelnicy będą mieli możliwość porównania różnych ideologii i dokonania wolnego wyboru, stanie się coś bardzo doniosłego dla całego rozwoju naszej nauki.

Do P. T. Członków Towarzystwa.

Administracja „Kosmosu“ i „Przyrody i Techniki“ uprasza P. T. Członków, wyjeżdżających na czas wakacyjny z miejsca stałego zamieszkania, o pozostawienie w mieszkaniu wskazówek dla poczty, gdzie ma kierować wydawnictwa Towarzystwa w czasie ich nieobecności.

KOSMOS

CZASOPISMO POLSKIEGO
TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW
IM. KOPERNIKA.

WYCHODZI W DWU SERJACH PO 4 ZESZYTY ROCZNIE.

SERJA A. ROZPRAWY

Redaktor Prof. Dr. Ignacy Zakrzewski, ul. Jabłonowskich 8.

SERJA B. PRZEGLĄD ZAGADNIENI NAUKOWYCH.

Redaktor Prof. Dr. Dezydery Szymkiewicz, ul. Nabelaka 22.

Komitet Redakcyjny:

Członkowie Zarządu Głównego T-wa zamieszkałi we Lwowie.

Administracja Serji A. Prof. Dr. F. Stroński, Lwów, ul. Długosza 8.

„ „ B. Prof. Dr. D. Szymkiewicz, ul. Nabelaka 22.

Członkowie Towarzystwa otrzymują „Kosmos“ bezpłatnie.

Dla nieczłonków prenumerata w księgarniach (tylko Serja A).

Skład główny: Książnica - Atlas Lwów, ul. Czarnieckiego 12.

Wkładki członków T-wa przyjmują Skarbnicy Oddziałów:

Bydgoszcz, Prof. R. Kwieciński, ul. Zacisze 8.

Katowice, Prof. Wł. Gębik, ul. Batorego 7.

Kraków, Prof. B. Dyakowski, ul. Kochanowskiego 19.

Lwów, Dr. Br. Kokoszyńska, ul. Długosza 8.

Poznań, Prof. J. Szulczewski, ul. Poznańska 58 A.

Sosnowiec, Inż. Jerzy Szydłowski, Pr. S. Handl. Szenowska 17.

Warszawa, Dyr. Inż. E. Korb, Al. 3-go Maja 18.

Wilno, Prof. Inż. W. Kraszewski, Nowogrodzka 22.

PRZYRODA i TECHNIKA

CZASOPISMO, POŚWIĘCONE NAUKOM PRZYRODNICZYM I ICH ZASTOSOWANIU.

Wydawane przez Polskie Towarzystwo Przyrodników im.
Kopernika (Bydgoszcz, Katowice, Kraków, Lwów, Poznań,
Sosnowiec, Warszawa, Wilno).

Delegat Zarządu Głównego Pol. Tow. Przyr. im. Kopernika
i Przewodniczący Komitetu Redakcyjnego prof. dr. E. Romer.

Redaktor Dr. M. Koczwara.

Wychodzi raz na miesiąc z wyjątkiem lipca i sierpnia.

ADRES REDAKCJI:

Katowice, Wydział Oświecenia
Województwa Śląskiego.

ADRES ADMINISTRACJI:

Książnica-Atlas, Lwów, ul. Czarnieckiego 1. 12. P. K. O. 149.598.

Prenumerata roczna zł. 8'40. Członkowie Pol. Tow. Przyr. im. Kopernika otrzymują czasopismo bezpłatnie.

Składy główne:

KSIĄŻNICA-ATLAS, Oddział w Warszawie, ulica Nowy Świat 1. 59.

KSIĘGARNIA św. WOJCIECHA, Poznań, plac Wolności 1, Lublin

i Wilno. GEBETHNER i WOLFF, Kraków, Rynek główny 23. —

LUDWIK FISZER, Katowice, Poprzeczna 1. — R. JASIELSKI, Stanisławów.