

P. 1528

ZESZYT I.

1931.

ROCZNIK LVI.

KOSMOS

Serja B.

PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ NAUKOWYCH

POD REDAKCJĄ

D. SZYMKIEWICZA



WE LWOWIE

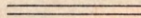
NAKŁADEM POLSKIEGO TOW. PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA
Z ZASIŁKIEM MINISTERSTWA W. R. i O. P.

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



TREŚĆ.

	Str.
M. Śmiałowski. — O korozji metali	1
Z. Weyberg. — Uwagi o gleboznawstwie jako o nauce ogólno-przyrodniczej	13
A. Malicki. — Próby ilościowego określenia erozji lodowcowej	25
Z. Grodziński. — Mechanika rozwojowa serca kręgowców .	37
K. Wodzicki. — Pochodzenie ptaków	61
D. Szymkiewicz. — Zjawiska oligodynamiczne u roślin . . .	91



Adres redakcji: Lwów, ul. Nabelaka 22.

ROCZNIK LVI.

1931.

KOSMOS

SERJA B.

PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ NAUKOWYCH

POD REDAKCJĄ

D. SZYMKIEWICZA



WE LWOWIE.

NAKŁADEM POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW
IM. KOPERNIKA. Z ZASIŁKIEM MINISTERSTWA W. R. i O. P.
PIERWSZA ZWIĄZKOWA Drukarnia WE LWOWIE, ULICA LINDEGO L. 4.

KOSMOS

SERIA B

PRZEGLĄD ZAGADNIENI NAUKOWYCH

POD REDAKCJĄ

D. SZYMKIEWICZA



SPIS RZECZY.

	Str.
M. Śmiałowski. — O korozji metali	1
Z. Weyberg. — Uwagi o gleboznawstwie jako o nauce ogólnoprzyrodniczej	13
A. Malicki. — Próby ilościowego określenia erozji lodowcowej . . .	25
Z. Grodziński. — Mechanika rozwojowa serca kręgowców	37
K. Wodzicki. — Pochodzenie ptaków	61
D. Szymkiewicz. — Zjawiska oligodynamiczne u roślin	91
J. Braun. — Badania nad kwasami naftenowemi	97
L. Infeld. — O fali elektronowej	117
S. Krzemieniewski. — Prof. Dr. Emil Godlewski (sen.) jako organizator i pedagog	125
K. Sembrat. — Aparat Golgi'ego a wakuom i t. zw. chondrjom specjalny	139
<hr/>	
<i>Sprawy Towarzystwa</i>	165

SPIS RZECZY

165	Spis rzeczy
180	K. Góral — Aparat Golgi'ego a wirusom i z w. chorobom zakaźnym i bakteryjnym
185	S. Krawczyński — Prof. Dr. Emil Godlewski (sen.) jako orga- nizm i pedagog
117	J. Jankowski — O farb elektronicznych
97	A. Bielecki — Badania nad kwasami niefenolowymi
81	J. Góral — Szlakowa objętość i ciśnienie w roślinach
61	K. Góral — Lichenologia i licheny
31	J. Góral — Mechanizm rozwoju zarodków
20	A. Krawczyński — Próby ilościowego oznaczenia erozji jądrowej
18	J. Góral — Uwagi o gładkościennych i o znaczeniu ogólnym przebiegu
1	M. Góral — O korozji metali



KOSMOS

CZASOPISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA

Serja B.

PRZEGLĄD ZAGADNIĘŃ NAUKOWYCH POD REDAKCJĄ D. SZYMKIEWICZA.

ROCZNIK LVI.

ROK 1931.

ZESZYT I.

MICHAŁ ŚMIAŁOWSKI

O korozji metali.

Ogólnem mianem korozji określamy rozpad materiałów użytkowych, budowlanych czy konstrukcyjnych, drogą pewnych chemicznych, względnie elektrochemicznych procesów. Korozję odróżnić trzeba od erozji, czyli od czysto mechanicznego zużywania się tych materiałów.

Można mówić zarówno o korozji metali, jak o korozji drewna, betonu i t. p.

Rozpatrując korozję metali, napotykamy najrozmaitsze jej formy, jak t. zw. rdzewienie¹⁾, t. j. powlekanie się tlenkami lub wodorotlenkami w wilgotnem powietrzu, w cieczach lub w wilgotnych ciałach stałych (w ziemi), dalej rozpuszczanie się metali w wodzie morskiej lub w najrozmaitszych płynach przemysłowych, wreszcie niszczenie metali pod działaniem gorących gazów spalinowych lub innych.

Ze względu na formy występowania, korozję możemy dalej podzielić na taką, przy której następuje równomierne zżeranie metalu (korozja taka zachodzi wówczas, gdy chemiczne siły działają równomiernie na całą powierzchnię), dalej na korozję lokalną, połączoną z wystąpieniem drobnych miejsc żrartych, nieraz w postaci punktów (zjawisko to zachodzi przy

¹⁾ O „rdzewieniu“ przywykliśmy mówić tylko w odniesieniu do żelaza. Podobnym procesom ulegają i inne metale.

specjalnie silnie na pewne miejsca zogniskowanych wpływach mechanicznych lub chemicznych i jest znacznie bardziej niebezpieczne niż forma poprzednia), wreszcie zachodzić może t. zw. korozja grafitowa, która wyróżnia się tem, że przedmiot z surówki (żelaza lanego) zamienia się na coraz miększą, szarą masę, zachowującą dawny kształt, lecz nie posiadającą pożądaney wytrzymałości mechanicznej.

Jak niemiłym jest rdzewienie przedmiotów codziennego użytku, o tem wspominać nie potrzeba. Nie wszystkim natomiast wiadomo, że korozja corocznie wyrządza gospodarstwu ludzkiemu olbrzymie straty, o czem dają pojęcie cyfry, zebrane przez „West Scotland Iron and Steel Institute“. W r. 1890 produkcja światowa żelaza wynosiła 80 milionów tonn. W tym samym roku 26 milionów tonn żelaza uległo korozji. Od roku 1890 do 1923 wytworzono w sumie 1766 milionów tonn, zaś korozja zniszczyła w tym samym czasie 718 milionów tonn żelaza. Przeciętnie więc traciła ludzkość rocznie 31 milionów tonn żelaza. Dziś jeszcze traci się około 22 miliony tonn żelaza rocznie, t. zn. prawie tyle, ile go produkują Niemcy (22·5 mil. t.). Według Overbecka Stany Zjednoczone wydają na walkę z korozją rocznie dwa i pół miljarda dolarów. W Niemczech straty, wyrządzane przez korozję, szacują na 1 do 1½ miljarda marek rocznie. Niemieckie koleje wydają na ochronę i odnawianie konstrukcyj metalowych około 48 milionów marek, a zwalczanie korozji nadziemnych przewodów telegraficznych w Niemczech kosztuje 5 milionów marek rocznie. Statek morski wymaga dla utrzymania powłoki ochronnej wkładu rocznego mniej więcej tej samej sumy złotych, ile wynosi jego tonaż.

Nic dziwnego zatem, że zagadnienie korozji metali wysunęło się na czoło problemów techniki współczesnej.

Warto zaznaczyć, że straty, jakie korozja wyrządzała ludzkości, były w dawnych czasach niewątpliwie mniejsze niż dzisiaj, a to przede wszystkim dlatego, że stosowano początkowo głównie łatwo dostępne (łatwo redukujące się), zatem szlachetniejsze i w niższym niż żelazo stopniu ulegające wpływom chemicznym, natomiast łatwiej ulegające zużyciu mechanicznemu, metale. Ponadto stale wzrastające w nowszych czasach zużycie węgla do celów opałowych spowodowało w przemysłowych i gęsto zaludnionych okolicach wzbogacenie atmo-

sfery w dwutlenek siarki i inne szkodliwe gazy. W żegludze morskiej tak długo nie spotykano się z korozją, dopóki stosowano statki drewniane. Walczyć tu musiano tylko z żyłkami morskimi, które atakowały drewno oraz temi, które przylegały do statku, powiększając jego ciężar i zmniejszając szybkość. Dla okrętów dzisiejszych natomiast niebezpieczną jest zarówno korozja, jak obrastanie. Dlatego z reguły spód statków powleka się najpierw warstwą chroniącą od rdzy, a następnie drugą, zapobiegającą przywieraniu żywych ustrojów morskich. Jak ważny jest problem odpowiedniego dobrania powłok ochronnych dla statków, posłużyć może przykład bałtyckiej floty rosyjskiej, która wyruszyła w r. 1904 przez Atlantyk dokoła przylądka Dobrej Nadziei przeciw Japonji. Zanim osiągnęła wschodnie wybrzeża Azji, szybkość jej i wartość bojowa została zredukowana do minimum, a rezultatem tego była klęska pod Czuszimą.

Problem korozji stał się przedewszystkiem palącym w Wielkiej Brytanji, jako wyspie o dużej zawartości wilgoci i soli w atmosferze, zarazem kraju o silnie rozwiniętym przemyśle, gęstem zaludnieniu i licznej flocie. Tam też przystąpiono do systematycznych badań nad korozją w „Corrosion Committee“ przy „Institute of Metals“. Podobne zakłady powstały w szeregu innych państw cywilizowanych. W Niemczech od szeregu lat wychodzi pismo „Korrosion und Metallschutz“ oraz dodatek „Korrosion“ do „Chemische Apparatur“, czasopisma specjalnie poświęcone zagadnieniom korozji.

Jakkolwiek pierwsze prace z tej dziedziny sięgają XVIII wieku, a do dziś ogłoszono drukiem ponad 10.000 rozpraw, to problem korozji wciąż jeszcze pozostaje problemem otwartym, wciąż jeszcze przyczyny korozji nie są dla nas zupełnie jasne. Od dawnych lat stworzono cały szereg hipotez, tłumaczących to skomplikowane zjawisko: 1) Teorja azotanu amonowego; 2) Teorja kwasu węglowego; 3) Teorja tlenu; 4) Teorja dwutlenku wodoru; 5) Teorja biologiczna; 6) Teorja kwasowa; 7) Teorja elektrochemiczna. Posiadany dziś przez nas danym odpowiada wyłącznie ostatnia z nich. Pokróćce postaram się czytelnika z nią zaznajomić.

*

Metal, włożony do roztworu swoich jonów, okazuje pewną dążność do wysyłania dalszych jonów, zaś przeciwnie jony z roztworu dążą do wydzielenia się na metalu z równoczesnym oddaniem ładunku elektrycznego. Pierwszą dążność nazywamy elektrolityczną prężnością roztwórczą (P), drugą ciśnieniem osmotycznym (p). Ciało stałe niemetaliczne i roztwór pozostają względem siebie w stanie równowagi jeżeli $P=p$. W tym wypadku tyle samo nowych cząsteczek przechodzi do roztworu, ile ich wydziela się w formie stałej. Stan taki panuje między kryształami jakiegoś ciała stałego a nasyconym roztworem tego ciała. Elektryczne naładowanie powierzchni granicznej między fazą stałą a płynną przytem nie następuje. Odmienne natomiast zachowuje się metal w roztworze swoich jonów. Między nim a roztworem ustala się pewien potencjał elektryczny, który według Nernsta wynosi:

$$E = - \frac{RT}{nF} \ln \frac{P}{p}$$

gdzie R jest stałą gazową, T — temperaturą absolutną, F — stałą Faraday'a (96500 coul.) a n — wartościowością jonu metalu. Jeżeli dla danego metalu P jest większe od p , to metal ten włożony do roztworu swoich jonów ładuje się ujemnie. Metale takie nazywamy nieszlachetnymi lub elektronegatywnymi. Przeciwnie metale szlachetne, elektropozytywne mają P mniejsze od p i po włożeniu do roztworu ich jonów ładują się dodatnio.

Wzór powyższy daje się przedstawić w formie uproszczonej:

$$E = E_0 + \frac{0,058}{n} \log c$$

gdzie c jest koncentracją jonów w roztworze a E_0 potencjałem metalu względem normalnego roztworu jego jonów. W roztworach o niższej koncentracji jonów metal przybiera potencjał bardziej ujemny.

Metale, ugrupowane według wielkości ich potencjałów E_0 , dają t. zw. szereg napięciowy, na którego czele stoją metale szlachetne: złoto, platyna, srebro, dalej rtęć, miedź, następnie wodór o potencjale równym zero, wreszcie metale nieszlachetne: ołów, cyna, nikiel, żelazo, cynk, sól, potas.

Metal, włożony do roztworu jonów metalu, stojącego wyżej w szeregu napięciowym, wypiera ten metal z roztworu, a sam się rozpuszcza. Tak n. p. żelazo wytrąca miedź z roztworu siarczanu miedzi, dając siarczan żelazawy. Cynk wydziela wodór z roztworu kwasu siarkowego, sam zaś przechodzi w roztwór jako siarczan cynku. Jeżeli natomiast pojedynczy metal zanurzymy w roztworze soli metalu mniej szlachetnego, n. p. żelazo w roztworze chlorku sodowego, to w pierwszej chwili wprawdzie metal wyśle pewną ilość dodatnio naładowanych jonów (w omawianym wypadku katjonów dwuwartościowego żelaza), lecz wskutek tego sam zarazem naładuje się ujemnie. Powstanie pewien stan równowagi podobny do stanu naładowanego kondensatora (jedną okładkę stanowi tu metal, drugą otaczająca warstwa katjonów). Dalsze rozpuszczanie metalu zachodzić nie może. Rozpuszczanie postępuje jednak, jeżeli do tego samego elektrolitu włożymy drugi metal, o innym potencjale, i jeżeli oba metale połączymy przewodnikiem. Powstanie w ten sposób ogniwo, które dostarczać może prądu przy równoczesnem rozpuszczaniu się metalu o niższym potencjale (biegun ujemny, anoda) i wyładowywaniu się wodoru na biegunie dodatnim ogniwa (katoda). Jeżeli dwa metale są w bezpośredniem zetknięciu ze sobą, to mówi się o ogniwie „lokalnem“. Tak n. p. żelazo powleczone porowatą warstwą miedzi, zanurzone w roztworze soli kuchennej, tworzy ogniwo lokalne: $Fe(NaCl)Cu$. Na anodzie żelazo przechodzi w roztwór: $Fe \rightarrow Fe^{++} + 2e$ (litera e oznacza ujemną jednostkę naboju elektrycznego), a na katodzie (t. j. na miedzi) wyładowuje się wodór: $H^+ + e \rightarrow H$. Inaczej zachowuje się ogniwo lokalne, składające się z żelaza i cynku. Tu żelazo stanowi nierozpuszczalną katodę, na której wydziela się wodór, a cynk rozpuszcza się.

Maksymalne natężenie prądu, jakiego może dostarczyć ogniwo, zależy od oporu wewnętrznego ogniwa (przewodnictwa elektrolitu, wielkości i odstępów elektrod) i od szybkości przebiegu elektrochemicznych reakcyj w ogniwie. Okazało się, że wpływem, który najbardziej ogranicza natężenie prądu ogniw lokalnych, a zarazem i szybkość rozpuszczania się metali, jest wpływ t. zw. elektrolitycznego przepięcia wodoru i związana z tem sprawa depolaryzacyjnego działania tlenu.

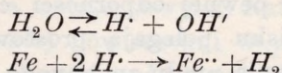
Gładki kawałek chemicznie czystego cynku nie wydziela wodoru z kwasu siarkowego rozcieńczonego i nie rozpuszcza się, gdyż otacza się warstewką gazowego wodoru, który nie może wykonać pracy przeciw ciśnieniu atmosferycznemu i wydzielić się w postaci banieczek. Jeżeli natomiast cynk zetknie się pod powierzchnią kwasu z kawałkiem szlachetniejszego metalu, n. p. platyny, to następować będzie żywe wydzielanie się wodoru na tym metalu i rozpuszczanie się cynku. Nie każdy jednak metal szlachetniejszy działać może w ten sposób. Rtęć przeciwnie wykazuje wysokie przepięcie wodoru, czego rezultatem jest, że n. p. cynk powleczoney rtęcią, t. j. amalgamowany, rozpuszcza się trudno. Praktycznie wykorzystano ten fakt w ogniwach typu Leclanché celem uniknięcia samowyladowania.

W przypadku metali w technice używanych i pospolitszych płynów, wydzielanie wolnego wodoru przy rozpuszczaniu się metali zwykle nie następuje. Wchodzi tu natomiast w grę ważny czynnik depolaryzacyjnego działania tlenu, który powoduje, że nawet o ile wydzielanie się wodoru w postaci banieczek zachodzić nie może, to jednak płynie pewien drobny „prąd resztkowy“. Rozpuszczony w cieczy tlen wiąże wyladowujący się na katodzie wodór na wodę i w ten sposób rozpuszczanie anody postępuje. Szybkość tego procesu jest ograniczona wyłącznie szybkością dopływu tlenu do katody. W ogniwach galwanicznych stosuje się celowo specjalne depolaryzatory, t. j. ciała mające dużą łatwość oddawania tlenu. Umożliwia to odbieranie z ogniw stosunkowo silnych prądów. W praktyce technicznej zaś, z punktu widzenia trwałości materiałów, zawartość tlenu w roztworach jest niepożądana, gdyż powoduje korozję. Już Hall zauważył (1819), że żelazo w wodzie niezawierającej tlenu nie rdzewieje. Aby uniknąć korozji zbiorników, kotłów i t. p., celem jest przeto poprzednie usunięcie tlenu z roztworu przez wygotowanie, dodanie środków redukujących, przepuszczanie przez warstwy łatwo rdzewiejących opilków i t. p.

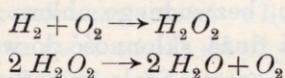
W myśl powyższych rozważań proces rdzewienia żelaza w wodnych roztworach przedstawić można następująco.

W pierwszej fazie żelazo odbiera ładunek jonów H^+ ,

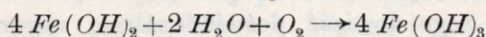
istniejącym zawsze wskutek zachodzącej w pewnym stopniu dysocjacji elektrolitycznej wody:



Wodór wiąże się na katodzie z tlenem na wodę, względnie w pierwszej chwili na dwutlenek wodoru (?):



Jony $Fe\cdot$ wchodzi w stan równowagi z uwolnionymi jonami OH' i tworzą $Fe(OH)_2$. Wodorotlenek żelazawy pod wpływem rozpuszczonego w wodzie tlenu przechodzi w nierozpuszczalny wodorotlenek żelazowy:



Ostateczny produkt korozji wytrąca się w postaci brunatnego osadu, znanego wszystkim pod nazwą rdzy. Osad ten nie ma stałego składu chemicznego.

Obecność tlenu więc, zarówno jak wody, jest koniecznym warunkiem wystąpienia pojętej w ten sposób korozji. W pewnych wypadkach jednak przeciwnie roztwór utleniający może spowodować „pasywność” metalu, którem to mianem określamy stan pewnego rodzaju odporności chemicznej, interesujące lecz nader złożone i pod względem teoretycznym niezupełnie jeszcze opanowane zjawisko.

Jeżeli n. p. kawałek żelaza zanurzy się w roztworze stężonego kwasu azotowego, chromowego, w roztworze chromianu, nadmanganianu, dwutlenku wodoru lub innej substancji utleniającej, to żelazo traci zdolność rozpuszczania się, staje się niejako metalem szlachetnym, potencjał jego względem roztworu wzrasta silnie w kierunku pozytywnym. Taki stan nazywamy stanem pasywnym, w odróżnieniu do zwykłego, aktywnego stanu tego metalu.

Zachodzenie pasywności w większości wypadków tłumaczyć możemy utworzeniem na metalu cienkiej warstwy ochronnej. Np. glin, mimo że jest zasadniczo reaktywnym metalem, wykazuje dużą odporność na korodujące wpływy wilgotnej atmosfery i wielu płynów (z wyjątkiem jednak roztworów alkalicznych), gdyż otacza się na powietrzu niewidoczną

warstewką ochronną tlenku. Dzięki temu glin może być z powodzeniem stosowany do najrozmaitszych celów, gdzie obok lekkości wymaga się pewnej odporności chemicznej materiału. Na podobnym zjawisku polegają prostowniki elektrolityczne, służące do przetwarzania prądu zmiennego na stały. Pasywności zawdzięczamy dalej możliwość stosowania naczyń ołowianych przy fabrykacji kwasu siarkowego, flaszek stalowych do przechowywania ciekłego, bezwodnego chloru i t. p.

Z pośród metali dużą skłonność do występowania w stanie pasywnym posiada chrom. Stale nierdzewiejące, wyrabianie w nowszych czasach do celów specjalnych, zawierają zawsze chrom jako ważny składnik.

Evans wykazał, że korozja najsilniej zachodzi w tych miejscach, do których tlen dochodzi trudniej niż do miejsc innych. Łatwo tego dowieść doświadczalnie, zanurzwszy dwie elektrody z tego samego metalu w dowolnym roztworze i przepuszczając przez roztwór bańkami tlen lub powietrze w pobliżu jednej z płyt. Połączony z biegunami elektrod galvanometr wykaże słaby prąd. Płyta nawietrzana stanowi biegun dodatni (katodę), na której wodór jest wiązany, zaś płyta nienawietrzana staje się anodą, rozpuszcza się. Podobnie jeżeli do jednej z elektrod umożliwi się szybszy dopływ tlenu przez mieszanie cieczy, to elektroda ta staje się katodą wobec drugiej płyty¹⁾. Fakt, że płyta o większej powierzchni jest dodatnia względem mniejszej płyty tego samego metalu, zanurzonej w tym samym roztworze, tłumaczyć można również niejednakowym dopływem tlenu: wszak do większej powierzchni dopływać może więcej tlenu niż do mniejszej. Metal o sztucznie, n. p. przez porysowanie pilnikiem, zwiększonej powierzchni, jest katodą wobec metalu gładkiego o tych samych rozmiarach.

W zbiornikach i t. p. przedmiotach zauważyć można najsilniejsze wyżarcia w tych miejscach, do których tlen ma dostęp najbardziej utrudniony, więc w pobliżu dna, w kątach i t. d. Często zdarza się, że zewnętrzne zwoje lin drucianych zachowują dawny wygląd, a wewnętrzne rdzewieją silnie. Raz w jakimś miejscu utworzona rdza sprzyja dalszemu rdzewieniu, gdyż

¹⁾ Miedź zachowuje się pod tym względem wręcz odmiennie. Elektroda, w pobliżu której plyn jest mieszany staje się ujemną (anodą) wobec elektrody zanurzonej w płynie niemieszanym.

utrudnia dostęp tlenu do tego miejsca. Jeśli wskutek korozji powstanie lokalne wgłębienie, to zżeranie postępuje dalej, nieraz aż do przedziurawienia metalu nawylot. Natomiast jeżeli produkt korozji osiądzie na całej powierzchni w postaci równomiernej i zwartej powłoki, to chronić może metal od dalszego rdzewienia (zjawisko zbliżone do pasywności).

Lokalne ogniwa na metalu technicznym występować mogą zatem zarówno wskutek zawartości obcych metali, jak wskutek nierównomierności dopływu tlenu do różnych części metalu. Pobudkę do korozji dawać mogą również i najrozmaitsze inne wpływy, n. p. istnienie lokalnych nateżeń mechanicznych w metalu (w miejscach spojenia, nitowania i t. d.), różnice w konfiguracji powierzchni, różnice w obróbce mechanicznej, jakiej poddano przedtem tę lub inną część metalowego przedmiotu i t. d. Ważną i nader szkodliwą bywa korozja, powodowana przez t. zw. prądy błędzące. Ulegają jej zwłaszcza często rury i linje kablowe prowadzone pod ziemią w pobliżu szyn tramwajowych. Korozja zachodzić może wreszcie skutkiem działania pewnych drobnoustrojów.

Na bliższe wnikanie w szczegóły nader skomplikowanych zjawisk korozji metali pozwolić tu sobie nie możemy. Warto natomiast poświęcić nieco uwagi metodom zapobiegania korozji. Naogół w tym celu stosowane być mogą następujące postępowania:

1. Zmniejszanie korodujących własności medjum w jakim metal ma się znajdować (n. p. usuwanie tlenu z roztworów, dodawanie pewnych ciał utrudniających korozję).

2. Powlekanie metalu warstwą ochronną metaliczną (metalem nie korodującym) lub niemetaliczną (farby, lakiery, emalje, powłoki tlenkowe i t. p.).

3. Użycie metod elektrochemicznych, n. p. zastosowanie pomocniczej elektrody z mniej szlachetnego i mniej wartościowego metalu w połączeniu z metalem, który pragniemy ochronić przed korozją; metal pomocniczy jako anoda rozpuszcza się, podczas gdy metal chroniony zżeraniu nie ulega.

4. Stosowanie metali w danem środowisku nie korodujących.

Ta ostatnia droga jest w zasadzie najracjonalniejszą. Dziś usiłuje się stosować do wszystkich celów specjalne metale

pojedyncze lub aljaże w danych warunkach najodporniejsze. Oczywiście kwestja ekonomji gra tu pierwszorzędną rolę; w większości wypadków zatem używanie szlachetnych metali: platyny, złota, srebra, a nawet i miedzi, nie opłaca się. Okazało się jednakże, że niektóre t. zw. nieszlachetne, a więc tanie metale, w stanie czystym lub z dodatkiem drobnych nawet ilości innych metali okazują niekiedy znaczną odporność na wpływy chemiczne. Tak n. p. żelazo z dodatkiem 0·2—0·5% miedzi rdzewieje w powietrzu wolniej niż zwyczajne żelazo. Jeszcze lepsze własności posiadają pod tym względem aljaże żelaza z chromem. Stopy takie, zawierające średnio 11—14% chromu oraz do 0,4% węgla, ponadto niekiedy 1—2% niklu, krzemu, rzadziej kobaltu, miedzi, manganu, wolframu, molibdenu, wanadu lub glinu, wyrabiane są dziś masowo pod nazwą żelaza nierdzewiejącego lub stali nierdzewiejących; powszechne użycie tych aljaży ogranicza stosunkowo wysoka ich cena. Chemicznie dość trwałem, a przytem tańszem, jest żelazo o wysokiej czystości, n. p. metal „Armco“ (American Rolling Mill Co, Middletown, Ohio, U. S. A.) zawierający 99,85% żelaza.

Nader ważną jest kwestja dobrania metalu dla danego celu najodpowiedniejszego. N. p. niektóre stopy żelaza z chromem wykazują dużą odporność na działanie kwasów utleniających, natomiast w roztworze kwasu solnego korodują jeszcze silniej niż zwyczajna stal. Dodatek niklu, a zwłaszcza krzemu, powoduje wzrost odporności stali na korozję w kwasach mineralnych. Przy przemysłowej produkcji kwasów stosuje się już dziś powszechnie zamiast dawnych drogich naczyń platynowych, lub niepraktycznych kamionkowych, aparaty z specjalnych stali, n. p. niemieckiej „V2A“ (Krupp, Essen), zawierającej około 20% chromu, 8% niklu i 0,2% węgla, angielskiej „Anka“ (Brown, Bayley Ltd., Sheffield) (15—16% Cr i 10—11% Ni), szwedzkiej „Avesta“ (Jernverket, Avesta) i t. p. Dodatek krzemu podwyższa znacznie odporność na kwasy, lecz pogarsza mechaniczne własności materiału. Stal, zawierająca 15—20% chromu 25% niklu i 2—3% krzemu, ma mniej więcej taką samą odporność, jak stal o zawartości 60% Ni. Mechaniczne własności stali krzemowych dają się poprawić dodatkiem molibdenu.

Do specjalnych celów, n. p. w dentystyce i chirurgji, używane są stopy kobaltu, chromu i wolframu (stellit); wyróżniają się one, obok dużej odporności chemicznej, znaczną twardością, także w wysokich temperaturach.

Działaniu alkaliów opierają się dobrze stopy zawierające nikiel, n. p. t. zw. metal „monel“ składający się z niklu (67%), miedzi (29%), żelaza i manganu (2–5%).

Glin stosowany być może w wielu przemysłach, zwłaszcza organicznych, dzięki dużej odporności na kwasy: octowy, winowy, cytrynowy. W roztworach chlorków alkaliów (w wodzie morskiej) szczególnie trudno korodują aljaże miedzi z glinem, n. p. bronz aluminjowy o zawartości około 90% miedzi i 10% glinu. Do pewnych celów nadają się dobrze stopy glinu i krzemu (silumin, alpax). W nowszych czasach mówi się nawet o technicznym zastosowaniu stopów o zawartości berylu, metalu wyróżniającego się bardzo niskim ciężarem gatunkowym.

LITERATURA

Z pośród bogatej literatury specjalnej polecić można przede wszystkim:

1. U. R. Evans: The corrosion of metals, London 1924, w tłumaczeniu niemieckim: Die Korrosion der Metalle, Zürich 1926.

2. O. Kröhnke, E. Mass, W. Beck: Die Korrosion, I Bd., Leipzig 1929.

W dziele tem zebrany jest zarazem wykaz ważniejszych rozpraw jakie ukazały się w druku począwszy od 18 wieku. Pojęcie o rozmiarze przedmiotu daje książka obejmująca jedynie tytuły opublikowanych prac z tej dziedziny:

3. W. H. J. Vernon: A bibliography of metallic corrosion, London 1928.

Bliższe zapoznanie się z poruszonym tu przedmiotem metali niekorodujących umożliwią Czytelnikom następujące dzieła:

4. J. H. G. Monypenny: Stainless iron and steel; w prze-róbce niemieckiej: R. Schäfer: Rostfreie Stähle, Berlin 1928.

5. P. Reinglass: Chemische Technologie der Legierungen mit Ausnahme der Eisen-Kohlenstoff-Legierungen, Leipzig 1926.

6. F. Regelsberger: Chemische Technologie der Leichtmetalle und ihrer Legierungen, Leipzig 1926.

W tym celu należało przede wszystkim zbadać, w jaki sposób w literaturze zagranicznej przedstawiano problem ekologiczny, szczególnie zaś w literaturze amerykańskiej, która w tym zakresie była najbardziej zaawansowana. W tym celu przejrzałem wiele dzieł, w tym przede wszystkim powieści, które w sposób szczególny traktowały o problemie ekologicznym. W tym celu przejrzałem także wiele dzieł, w tym przede wszystkim powieści, które w sposób szczególny traktowały o problemie ekologicznym. W tym celu przejrzałem także wiele dzieł, w tym przede wszystkim powieści, które w sposób szczególny traktowały o problemie ekologicznym.

Z powyższego wynika, że literatura amerykańska w sposób szczególny traktowała o problemie ekologicznym, szczególnie zaś w powieściach, które w sposób szczególny traktowały o problemie ekologicznym. W tym celu przejrzałem także wiele dzieł, w tym przede wszystkim powieści, które w sposób szczególny traktowały o problemie ekologicznym.

W tym celu przejrzałem także wiele dzieł, w tym przede wszystkim powieści, które w sposób szczególny traktowały o problemie ekologicznym. W tym celu przejrzałem także wiele dzieł, w tym przede wszystkim powieści, które w sposób szczególny traktowały o problemie ekologicznym.

W tym celu przejrzałem także wiele dzieł, w tym przede wszystkim powieści, które w sposób szczególny traktowały o problemie ekologicznym. W tym celu przejrzałem także wiele dzieł, w tym przede wszystkim powieści, które w sposób szczególny traktowały o problemie ekologicznym.

W tym celu przejrzałem także wiele dzieł, w tym przede wszystkim powieści, które w sposób szczególny traktowały o problemie ekologicznym. W tym celu przejrzałem także wiele dzieł, w tym przede wszystkim powieści, które w sposób szczególny traktowały o problemie ekologicznym.

ZYGMUNT WEYBERG

Uwagi o gleboznawstwie jako o nauce ogólno-przyrodniczej.

Wielu osobom wydaje się, że przesady i uprzedzenia są właściwością jedynie sfer o małym wyrobieniu umysłowym na niskim poziomie cywilizacji i kultury. Przekonanie to jest błędne. Poglądy niewłaściwe, utrzymujące się z podziwu godną uporczywością, panują także w gronach bardzo wysokiego wykształcenia umysłowego. Jednym z takich uprzedzeń i przesądów jest np. mylne przekonanie, że nauka o glebie (pedologia czyli gleboznawstwo) jest to umiejętność „rolnicza“, obchodząca jedynie praktyków - agronomów, która nie ma nic wspólnego z naukami przyrodniczymi i nie może wzbudzać zainteresowania w gronach przyrodników - teoretyków, a więc wchodzić w zakres wykształcenia ogólno-przyrodniczego. Nic niema fałszywszego od tego zapatrywania się na gleboznawstwo.

Gleba jest nie tylko tam, gdzie człowiek orze i sieje, ale wszędzie, gdzie powierzchnia skał jest dostatecznie zwietrzała, gdzie jest dość wody i światła oraz gdzie procesy biologiczne posunęły się dostatecznie daleko. Gleby niema na pustyni, bo niema tam dość wody; niema jej na obszarach podbiegunowych, bo niema tam dość ciepła; niema jej w jaskiniach, bo niema tam światła; niema jej na dnie oceanu, bo niema tam atmosfery. Ale gdzie jest przystęp wody, ciepła, światła i powietrza, tam jest gleba, a więc w lesie, na łące, na nieuprawnym stepie i t. p. Gleba jest to ta warstewka powierzchniowa,

w której i z której żyją rośliny, bez względu na to, czy rosną one za sprawą człowieka, czy bez jego udziału. Upatrywanie więc w gleboznawstwie jedynie umiejętności rolniczej jest niewłaściwe.

Gdybyśmy mieli przyporządkowywać różne umiejętności do grup utylitarnych, to doprawdy daleko może słuszniejsze byłoby uważanie gleboznawstwa za część higieny lub medycyny. Hygieniści bowiem, a szczególnie Pettenkoffer i jego uczniowie, wykonali bardzo wiele doniosłych badań gleboznawczych, mianowicie badań gazów glebowych, wód zaskórnych, wilgoci i przepuszczalności gleby oraz bardzo wiele poszukiwań i studjów nad procesami fizyko-chemicznymi i biologicznymi, które zachodzą w glebie. W podręcznikach, kompendjach i encyklopedjach higienie poświęconych, znajdujemy artykuły o glebie niejednokrotnie gruntowniejsze i więcej wyczerpujące, niż w odpowiednich wydawnictwach agronomicznych.

Pettenkoffer, twórca higieny jako nauki, zapatrywał się na glebę i na naukę o glebie, jako na sprawę zasadniczą do tego stopnia, iż poświęcił jej jeden okres swego życia. „Podobnie jak jedne gleby nitryfikują się łatwiej, inne trudniej, tak samo jedne łatwiej, a inne trudniej kultywują tę lub ową chorobę“, pisze on w jednej ze swych rozpraw, a gdzieindziej znów twierdzi, że „najdostępniejszym punktem oparcia w walce z chorobami nagminnymi jest gleba, nad nią bowiem mamy władzę o tyle, iż możemy ją zanieczyszczyć lub utrzymać w czystości“. John Simon, jeden z angielskich ministrów zdrowotności, wyraził zdanie, że „lekarz, zajmujący urząd publiczny w służbie zdrowia, nie może należycie wypełnić swych obowiązków urzędowych, jeżeli nie zna jaknajdokładniej gleby i jej warstw podścielających oraz jeżeli nie zdaje sobie sprawy z życia wód zaskórnych w regjone urzędowania“.

Jak widzimy więc, uznawanie gleboznawstwa za naukę rolniczą jest niesłuszne, bo oprócz agronomów, leśników, pomologów i ogrodników interesują się nią hygieniści, lekarze, inżynierowie meljoracyjni, ekonomiści, prawnicy i administratorzy państwowi, zajmujący się sprawami wymiaru podatków gruntowych. Jak widzimy więc, zakres umiejętności utylitarnych, związanych ze znajomością gleby i z jej badaniem, znacznie wykracza poza szranki agronomji.

Zaznaczyliśmy wyżej, że gleba jest nie tylko tam, gdzie człowiek uprawia rośliny, ale wszędzie tam, gdzie działają wszystkie czynniki glebotwórcze pospół: wilgoć, ciepło, światło, procesy biologiczne, a niema jej tam, gdzie kończy się zasięg któregośkolwiek z tych czynników. Gleba nie jest utworem sztucznym. Ona jest ciałem przyrodzonym, rodzimem. Ona przytem nie jest częścią ani atmosfery, ani hydrosfery, ani biosfery, ani litosfery, ale jest tych sfer splotem, strefą ich kontaktu, stąd więc, acz z pozoru jest niejako częścią skalnej powłoki ziemskiej, właściwie nie należy do tej powłoki. Gleba bowiem jest to układ nieustannej symbiozy świata nieorganizowanego z organizowanym, jest to jedyna w swoim rodzaju strefa jaknajściślejszego mechanicznego i fizyko-chemicznego zespolenia i stopniowego przejścia od względnie prostych mineralnych związków chemicznych do coraz złożniejszych połączeń organicznych, aż do materji żywej i z powrotem od organizmów żywych przez liczne ciała przejściowe nieożywione, organizowane i nieorganizowane, do mineralnych połączeń rozpadowych.

Przedmiotem nauk biologicznych są organizmy, przedmiotem nauk geochemicznych są minerały i skały. Gleba nie jest organizmem, ale nie jest również skałą; skała bowiem nie doznaje zmian sezonowych i w skale niema żywych istot, jako integralnych jej części, bez których ona nie jest sobą.

Utwór tak odrębny, jak gleba, musi być badany odrębnie i samoistnie, tak samo jak odrębnie i samoistnie badamy ciała niebieskie, związki chemiczne, organizmy. Objekt swoisty wymaga swoistych metod badania. Tam, gdzie jest odrębny samoistny utwór rodzimy, przyrodzony, badany odrębnymi metodami, mamy odrębną samoistną naukę przyrodniczą.

W gleboznawstwie ponadto winniśmy upatrywać samoistną odrębną naukę z tego jeszcze względu, że od dłuższego już czasu doszła ona do uogólnień o wyraźnym charakterze rozległej syntezy. Mianowicie kolejność układu geograficznego gleb i związek tego układu z klimatem, to najważniejsza dotychczas ogólna zdobycz naukowa gleboznawstwa.

Na północ i na południe od równika są lateryty, za nimi ciągną się jasne różnobarwne gleby przypodzwrotnikowe, potem gleby kasztanowe, dalej gleby typu czarnoziemnego, na-

stępnie szare gleby leśne i bielice oraz najbliżej biegunów gleby tundrowe.

Każda nauka rozwijała się i rozwija pracami badaczy wszystkich narodów cywilizowanych mniej więcej w równej mierze, tak iż niemożliwe jest zazwyczaj rozstrzygnięcie zadania, w razie gdyby kto je chciał stawiać koniecznie, któremu narodowi należałoby przyznać największe zasługi w zakresie danej nauki. Losy natomiast gleboznawstwa są pod tym względem nader swoiste. Mianowicie umiejętność ta, jako nauka przyrodnicza, nieutylna, najczęściej zawdzięcza badaniom Rosjan, a nawet rzec można, że w istocie powstała i rozwinęła się przeważnie pracami gleboznawców rosyjskich. Tę swoistość naukowego, przyrodniczego, teoretycznego gleboznawstwa podnoszono i zaznaczano niejednokrotnie tak dalece, iż dziś jest to uznane powszechnie, co przyznają nawet Niemcy (np. Treitz, Wohltmann, Wahnschaffe, Braun i inni) zazwyczaj bardzo niechętni badaczom narodowości niegermańskich i lubiący sobie przyznawać głównie zasługi naukowe.

Trudno dać odpowiedź na zapytanie, dlaczego właśnie tam, a nie gdzieindziej rozwinęła się ta lub owa umiejętność. Możliwe, że wielkość kraju oraz jego jednostajność na rozległym obszarze równinowym i znaczne przestrzenie, pokryte glebą dziewiczą, nieuprawną, była jedną z przyczyn, że właśnie w Rosji zakwitło i rozwinęło się gleboznawstwo teoretyczne, przyrodnicze i doszło do wymienionej syntezy ogólnej. Ale zarazem jest tu zapewne niemałe znaczenie przypadku, mianowicie zjawienie się kilku osób utalentowanych i szczególnym entuzjazmem obdarzonych, których talent wyraził się w doskonałych, głębokich, twórczych badaniach i pomysłach, a entuzjazm sprawił wielką pracowitość i pociągnął liczne grona uczniów, współpracowników i następców.

Ojcem gleboznawstwa przyrodniczego i autorem pomysłu o geograficzności gleb, jako wyników klimatu, jest W. W. Dokuczajew (1846—1903), a po nim najzasłużeńsi w tej nauce N. M. Sibirczew i K. D. Glinka oraz amerykańkin Hilgard. Zarys idei o zależności gleb od klimatu Dokuczajew podał poraz pierwszy w roku 1879-tym, Hilgard badaniem gleb Ameryki Północnej doszedł do tego w roku 1893-cim.

Wzmianki o pewnym związku, zachodzącym pomiędzy klimatem a glebami, zdarzały się w piśmiennictwie naukowym już przed rokiem 1879-tym. Sporadycznie zwracano uwagę na to, że wietrzenie w różnych klimatach przebiega w różny sposób, że torfy są właściwością tylko chłodnych stref klimatycznych i t. p., ale wzmianki te nie zwracały na siebie uwagi powszechnej i nie były powodem jakichkolwiek uogólnień. Dokuczajew zebrał te wzmianki, luźno w piśmiennictwie rozproszone, znacznie pogłębił je swemi spostrzeżeniami i podniósł do godności podstawy systematyki gleb, jasno i wyraźnie wypowiadając tezę, że klimat jest najistotniejszym czynnikiem glebotwórczym.

Z tej zasady ogólnej niezwłocznie wynikają dalsze następstwa dużej wagi.

Jeżeli na rodzaj gleb i na ich rozkład w przestrzeni wpływają elementy klimatyczne, t. j. skojarzenia różnych nateżeń temperatury i wilgotności, to zmiany w ustroju gleby zachodzą nie tylko pod wpływem tych różnic w ciepłe i w wilgotności, jakie zachodzą wraz ze zmianą szerokości i długości geograficznej lub ze zmianą wysokości nad poziomem morza, ale również za sprawą tych różnic, które są wynikiem względnie niewielkich, nieznacznych zmian poziomu, rzeźby powierzchni ziemskiej, ponieważ tak zwany „mikroklimat“, jak go mianują obecnie, t. j. skojarzenie różnych nateżeń temperatury i wilgotności tuż nad glebą i w samej glebie, niewątpliwie ulega zmianie nawet w bardzo małych zmianach reliefu powierzchni. A więc idea o zależności gleb i ich rozkładu od klimatu, jako czynnika geograficznego, rodzi bezpośrednio myśl o zależności topograficznej gleb, t. j. o ścisłym związku pomiędzy własnościami gleb a rzeźbą miejscowości. Następnie, lokalne różnice klimatu, a w szczególności mikroklimatu, t. j. ustosunkowania temperatury i wilgotności w samej glebie, zależą nie tylko od rzeźby miejscowości, ale również od typu zbiorowisk roślinnych (np. las, step i t. p.), należy więc sądzić, że zachodzi pewien stały związek pomiędzy rodzajem gleby a rodzajem roślinności. Wreszcie ponieważ ogrzewanie się i wystyganie, wilgotnienie i wysychanie powierzchni ziemi w pewnej mierze zależy nie tylko od klimatu, ale również od skały macierzystej, na której gleba leży i z której powstała, od barwy tej skały, od jej składu mechanicznego, od jej zwięzłości i t. p., więc jasnym się staje,

że rodzaj gleby zależy nie tylko od składu chemicznego i mineralogicznego skały macierzystej, ale również od tych warunków temperatury i wilgotności, jakie stwarza ona glebie. Jak widzimy więc, przypisanie klimatowi znaczenia głównego czynnika glebotwórczego jest nader płodne w następstwa, a nadewszystko jest ono ważne z tego powodu, że ujmuje i łączy w jedną całość przyczynową wszystkie czynniki glebotwórcze.

Zważmy jednak, że klimat, rzeźba miejscowości i charakter zbiorowisk roślinnych nie są to czynniki niezmienne. W jednych przypadkach niedawno, w innych w odległej przeszłości geologicznej wymienione czynniki glebotwórcze mogły być inaczej, niż dziś, ustosunkowane. Tam gdzie łąd dawno już istnieje, powłoka glebowa mogła podlegać ewolucji w mierze różnej. Nawet w przypadku niezmienności czynników glebotwórczych w długim odcinku czasu, względna długość trwania procesu glebotwórczego niewątpliwie musiała się odbić na charakterze gleby. Wynika stąd konieczność uznania związku charakteru powłoki glebowej z wiekiem geologicznym i geologiczną przeszłością danego terenu oraz uznania konieczności ewolucji glebowej w razie zmiany warunków glebotwórczych. Zależność charakteru gleb od wieku geologicznego widzimy szczególnie na starych łądach podzwrotnikowych, okrytych bardzo grubą powłoką laterytu, zasadniczo odmienną od gleb młodych. Co zaś do ewolucji powłoki glebowej, to już w roku 1886-tym S. T. Korżiński ustalił dokładnemi spostrzeżeniami i terminem degradacji opatrzył ten zespół zmian, jakich doznaje typ czarnoziemny, gdy las zaczyna brać górę nad stepem. W roku 1888-mym P. A. Kostycz e w przeprowadził proces degradacji czarnoziemiu celowo i sztucznie w warunkach laboratoryjnych. Następnie stwierdzono, że pod wpływem lasu zachodzą zmiany ewolucyjne zarówno w glebach słonych jak w łąkowych; dowiedziano, że dawne czarnoziemy, powstałe w ciepłym i wilgotnym klimacie trzeciorzędowym obecnie ulegają procesowi bielcowania się, a w ostatnim dwudziestoleciu poczęto nawet zaznaczać prawdopodobieństwo regradacji czarnoziemiu na terenach uwolnionych z pod najścia lasu na step.

Najważniejszym jednak następstwem tezy o zależności gleb od klimatu jest uznanie gleby za odrębne ciało przyrodzone. Wprawdzie już F. A. Fallou w roku 1863-cim wypro-

wiedział takie zapatrywanie się na glebę, ale nie poparł tego twierdzenia dowodami i argumentami, więc słuszny ten pogląd na glebę nie doznał wtedy przyjęcia i nie zakorzenił się w ówczesnym uświadomieniu przyrodniczym. Ponieważ mineralna część gleby ilościowo jest bardzo znaczna, wynosi bowiem od 90% do 99% jej ciężaru, więc badacze ówcześni przeważnie zapatrywali się na glebę jako na zespół mineralny, jako na jedną ze skał, a w takim razie nie mogli traktować jej osobno, odrębnie. W szczególności nie mogła powstać w nich myśl traktowania gleby odrębnie od skał luźnych, od napływów, namulów, utworów naniesionych, piasków, ilów, glin i t. p. Tymczasem jeżeli weźmiemy rozmieszczenie na powierzchni ziemi granitów, djabazów, łupków, piaskowców, ław czy glin, to widzimy, że każda kategoria tych skał występuje bez jakiegokolwiek zależności od warunków geograficznych. Zdajemy sobie dokładnie sprawę, że każdą skałę możemy znaleźć tak dobrze pod równikiem, jak pod biegunem. Z glebami natomiast rzecz się ma wprost przeciwnie: lateryt powstaje tylko w klimacie podzwrotnikowym i nie tworzy się w klimacie umiarkowanym, czarnoziem i bielica istnieje tylko w klimacie umiarkowanym i nie tworzy się w klimacie podzwrotnikowym. Gdybyśmy więc nawet nie wzięli pod uwagę ciał organicznych, zawartych w laterycie, w czarnoziemie, w bielicy, gdybyśmy innemi słowy zapatrywali się na te utwory jedynie jako na odrębne zespoły mineralne, to już ze względu na tę zasadniczą różnicę, jaka zachodzi pomiędzy temi utworami a wszystkimi skałami, na to mianowicie, że utwory te są przyporządkowane strefom klimatycznym a występowanie skał od tych stref jest niezależne, utwory te musimy uznać za ciała zupełnie od skał odrębne.

Uznanie gleb za odrębne samoistne ciała przyrodzone nasamprzód miało ten skutek, że dawało badaczom zarówno prawo, jak obowiązek odrzucić wyłącznie utylitarny punkt widzenia, który tak szkodliwie ciążył na gleboznawstwie zachodnio-europejskim, powtóre było ono podstawą do zainicjowania morfologii gleby, przedewszystkiem tego mianowicie, co było zupełnie obce gleboznawstwu zachodnio-europejskiemu i amerykańskiemu. Gleboznawca utylitarny miał przed sobą jedno tylko zadanie: znaleźć związek pomiędzy własnościami gleby a jej urodzajnością. Wobec tego zwracał uwagę jedynie

*

na ten poziom gleby, który podlega uprawie i który bezpośrednio odżywia rośliny. Ustrój tego poziomu nie go nieobchodził, tem mniej ustrój poziomów niżej leżących. Utylitarny pogląd na glebę zakorzenił zapatrywanie się na nią jedynie jako na zbiornik zasobów odżywczych dla roślin, a zasłonił oczom badaczy to, że gleba jest ponadto ośrodkiem zjawisk chemicznych i biologicznych, co sprawiło, że objektem badania gleboznawcy zachodnio-europejskiego z doby dawniejszej była nie gleba, ale właściwie trup gleby, a środowiskiem badania była pracownia, a nie przyroda żywa, t. j. gleba na miejscu jej powstania. Dopiero na zasadzie poglądu na glebę, jako na swoiste ciało przyrodzone, twór rodzimy, szkoła Dokuczajewa zebrała olbrzymi zasób spostrzeżeń nad przekrojami gleb i nad strukturą poszczególnych poziomów glebowych. Spostrzeżenia te umocniły niewzruszanie pogląd, że istotę gleby możemy ująć i zrozumieć, badając nie tylko ten jej poziom, w którym zakorzenione są rośliny, ale całokształt poziomów aż do niezmienionej skały macierzystej. Innemi słowy pojęcie gleby w oświetleniu tych badań doznało zasadniczej zmiany, znacznego mianowicie rozszerzenia. Za glebę uznano nie tylko zewnętrzną strefę, nie tylko środowisko w którym żyją rośliny, ale zespół poziomów tak głęboki, jak głęboko sięgają czynniki glebotwórcze. Badania morfologiczne odsłoniły wiele kwestyj chemizmu i mechaniki powstawania gleb, ustaliły niezbicie wspólność zasadniczych cech struktury typów glebowych i doprowadziły do ustalenia pięciu różnych sposobów powstawania gleby, czyli do poznania pięciu typów glebotwórczych (K. D. Glinka).

1. Typ laterytowy.
2. Typ stepowy.
3. Typ bielcowy.
4. Typ gleb słonych.
5. Typ gleb bagiennych.

Każdy z tych typów jest przyporządkowany do określonej strefy czyli pasma, ale występuje również w postaci wysp, osobnych niejako plam w pasmach sąsiednich. Pasma czyli strefy glebowe leżą kolejno od równika do biegunów, ale nie tworzą obszarów ciągłych. Jest to wynikiem tego, że każdej strefie powierzchni ziemi, leżącej na jednej szerokości geograficznej, nie

jest właściwy jeden klimat. Zmienia się on w miarę przejścia od wnętrza kontynentów ku brzegom mórz i oceanu. Oprócz tego pasma górskie i wysokie płaskowzgorza, będące w danej strefie klimatycznej, nie tylko mają klimat odmienny od nizin tej strefy, ale nawet wywołują odmienność klimatu na równinach przyległych. Z tego więc względu pasma glebowe nie otaczają kuli ziemskiej wstęgami ciągłymi szerokości wszędzie jednakowej, ale strefami różnej szerokości na różnych południkach, przyczem tu i ówdzie rozdzielają się one na osobne płyty lub nieregularne pasma, w niektórych przypadkach urywają się, nieogarniają np. części kontynentów do morza przyległych i t. p. Wszystkie jednak te rzekome nieregularności i odchylenia dają się wyjaśnić wzięciem pod uwagę całokształtu właściwości klimatu każdego regionu. Wyniki te są następstwem i syntezą dokładnego poznania morfologii gleb. Są to, jak widzimy, wyniki tak ważne, tak istotne, że godne są wejścia do inwentarza wiadomości ogólnopryrodniczych. Pomijanie tych wyników, wpływających z gleboznawstwa morfologicznego, w geografii ogólnej, w geologii, a nawet w naukach biologicznych wydaje się niewłaściwym i nieuzasadnionym zacoowaniem.

Różnice natury poziomów glebowych i niejednakowy ustrój gleb różnych stref klimatycznych wywołały zrozumiałą zupełnie potrzebę szukania przyczyny tych różnic. Pierwsze, co się najwięcej rzuca w oczy, to różnica barwy różnych gleb, a szczególnie różnica barwy poziomu górnego, zawierającego najwięcej próchnicy. Ponieważ substancje próchniczne są przeważnie barwy ciemnej, więc różnice barwy górnych poziomów glebowych przypisywano nadewszystko różnym ilościom próchnicy. Gdy poczęto oznaczać ilościowo zawartość próchnicy w różnych glebach i notować wyniki na mapie, okazało się że gleby o jednakowej ilości próchnicy leżą pasmami zgodnymi z biegiem stref klimatyczno-glebowych. Znow widzimy wynik godny zaznaczenia, jako fakt wartości ogólnopryrodniczej, że mianowicie ilość próchnicy podobnie jak cały typ glebotwórczy, podlega strefowej regule klimatycznej.

Rzecz jasna, że zawartość próchnicy nie jest jeszcze zupełnie wystarczająca do charakterystyki utworów glebowych, snując bowiem wnioski logiczne z tezy, że klimat jest pierwszorzędym czynnikiem glebotwórczym, musimy dojść do twier-

dzenia, iż w różnych typach glebowych nietylko powstaje różna ilość próchnicy, ale że tworzy się różna próchnica, innemi słowy, że są tu nietylko różnice ilościowe, ale i jakościowe. Ale, jak wiemy, próchnica nie jest związkiem chemicznym, lecz złożoną i zawiłą mieszaniną wielu ciał organicznych, tak przytem ściśle zespoloną z mineralnemi częściami gleby, że bez jej zniszczenia częściowego nie możemy jej całkowicie oddzielić od nieorganicznej części gleby. Niedarmo Ollech nazwał próchnicę „chemicorum crux et scandalum“. Nawet takiemu wirtuozowi chemji, jak Berthelot, organiczna część gleby stała czoło. Dopiero postępy chemji ciał białkowych dały nieco możliwości głównie kilku Japończykom i Amerykanom nieco rozwikłać ten splot zawiły i złożony. Obecnie wspólnemi wysiłkami badaczy wielu narodów cywilizowanych wydzielono z próchnicy ponad dwadzieścia organicznych związków bezazotowych i nieco ponad dziesięć azotowych, ale ponieważ nie wszyscy ci badacze zdawali i zdają sobie sprawę z konieczności związania składu próchnicy ze strefami klimatycznymi, więc niema jeszcze należytych w tym względzie uogólnień, a powtóre po dawnemu jeszcze możemy mówić o należyście poznanych związkach chemicznych tylko w rozpuszczalnej części próchnicy. Większość natomiast ciał organicznych w glebie zawartych jest tak ściśle zespolona z mineralną częścią gleby, że nie mamy dotychczas sposobu jej wyodrębnienia, a co zatem idzie, poza elementarnym składem ryczałtowym, pozostaje ona dla nas zagadką.

W zarysie niniejszym pomijam wyniki prac gleboznawców-bakterjologów, są to bowiem sprawy, cieszące się dość znaczną popularnością. Sprawy nitryfikacji, zatrzymywania się i skupiania związków azotowych w glebie, utlenianie bakterjalne siarki, udział bakteryj w utlenianiu połączeń żelazawych są tak żywotne w biologji, że wiadomości o nich znajdujemy nawet w najelementarniejszych podręcznikach. Ta strona gleboznawstwa najwcześniej utorowała sobie drogę do przyrodoznawstwa ogólnego.

Co się tyczy chemizmu nieorganicznej części gleby, to po długich błakaniach się obecnie zdajemy sobie sprawę, szczególnie po badaniach van Bemmelen a i K. Gedrojcia, że tylko drogą poznania koloidów glebowych możemy zdobyć poglądy niechybne na tę sprawę. Ale zarazem staje się jasne, że

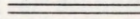
mylnie jest zapatrywanie się na chemizm gleb, jakoby on przebiegał w części mineralnej odrębnie i niezależnie od części organicznej. Zachodzi on przeważnie w sferze absorpcji koloidalnej, a więc koloidy organiczne i nieorganiczne biorą w nim jaknajwyższy udział wspólny.

Zarys niniejszy ma na celu przedstawienie tych stron gleboznawstwa morfologicznego, którego wyniki głównie wyrażają się w geograficznym układzie typów glebowych. Kończąc więc artykuł niniejszy, wspomnę jeszcze o jednym wyniku gleboznawstwa. Porównyując mianowicie gleby leśne z przylegającymi do nich glebami bezleśnymi na terenach o tej samej budowie geologicznej, P. W. Otcoki stwierdził, że pod lasem poziom wód gruntowych stale jest niższy, innemi słowy, że las sprządza osuszenie terenu. Wynik ten potwierdzono spostrzeżeniami w całej Europie zachodniej oraz w Indostanie.

Kończąc artykuł niniejszy, zaznaczę, że filary gleboznawstwa rosyjskiego zarazem są najwybitniejszymi twórcami w dziedzinie gleboznawstwa ogólnego. Dokuczajew dokonał spostrzeżeń, które ujął w ideę ogólną, że klimat jest pierwszorzędym czynnikiem glebotwórczym. Sibircew stworzył, rozwinął i udoskonalił naukę o strefach czyli pasmach (zonach) glebowych. Glinka stworzył naukę o procesach glebotwórczych, wyodrębnił i ustalił typy glebotwórcze. Prace tych badaczy wywarły znaczny wpływ nie tylko na rozwój gleboznawstwa, ale szerokiem echem rozległy się w badaniach geograficznych i biologicznych, a miarą entuzjazmu, jaki wywoływały, niech będą słowa G. F. Morozowa, głębokiego naukowca-leśnika, traktującego las jako „organizm socjalny“. Oryginalny badacz ten w roku 1916-stym, a więc w trzynaste lat po zgonie Dokuczajewa, pisał co następuje: „W życiu mem doktryna Dokuczajewa miała znaczenie rozstrzygające. W działalność moją wprowadziła ona taką radość, takie światło, dała takie zadowolenie moralne, że nie wyobrażam sobie swego życia bez podstaw szkoły Dokuczajewa i jej poglądów na przyrodę. Przyroda złała się dla mnie w jedną całość, możliwą do poznania tylko w oparciu o badania tych faktów, których współdziałanie daje nam właśnie ową wielką syntezę przyrody nas otaczającej. Wprawdzie rzecz ma się przeważnie o glebie, ale zdaje mi się, że niema w przyrodzie innego ciała lub zjawiska

które w czasie obecnym tak konkretnie wskazywałoby znaczenie syntezy geograficznej“.

Mutatis mutandis wielu innych wypowiedało to samo zarówno o Dokuczajewie jak o Sibircewie i o Glince. Nic dziwnego, że urok i czar osobisty wyjątkowych tych ludzi pociągał do badań gleboznawczych setki uczonych ożywionych zamiłowaniem wprost nadzwyczajnem.



ADAM MALICKI

Próby ilościowego określenia erozji lodowcowej.

Lodowce stały się wprawdzie przedmiotem dociekań naukowych już z początkiem XVIII wieku, ale właściwy rozwój badań glaciologicznych datuje się dopiero od roku 1870.

Bloki skalne, przeważnie granitowe i gnejsowe, jakoteż nieregularne pagórki i grzbiety, zbudowane z bardzo różnorodnego materiału akumulacyjnego, występujące obficie na niżu środkowo-europejskim, były przez długi czas zjawiskami zagadkowymi. Powstanie tych utworów wiązano najczęściej z dawnymi procesami, mającymi charakter wielkich, ogólnych katastrof w przyrodzie, obejmujących wielkie przestrzenie. Tak np. „eratyczne głązy“ uważano za niewątpliwy dowód dawnego istnienia czynnych wulkanów w Skandynawji, czy na niżu Europy, wzgórza zaś akumulacyjne za ślady biblijnego potopu. Dopiero zwrócenie uwagi na fakt, że zarówno zewnętrzny wygląd wielkich głązów eratycznych z ich rysami, jakoteż skład i budowa nieregularnych wzniesień, zagadkowego dotychczas pochodzenia, są zupełnie podobne do odłamków skalnych oraz moren i pól żwirowo-piaszczystych, spotykanych u końca języków współczesnych lodowców, wskazało drogę, po której poszły od tej chwili tłumaczenia genezy tych utworów. Gdy pewnem już było, że „eratyczne głązy“ oraz materiał, z którego zbudowane są owe wąskie, długie wzgórza lub nieforemne wzniesienia, zostały przyniesione przez dyluwjalne lodowce na na miejsce ich dzisiejszego znachodzenia się, zdano sobie wów-

czas sprawę z tego, że spływający w dół lodowiec niszczy podłoże, po którym odbywa swą drogę.

Lodowce nie zawsze powstają w miejscach, gdzie panują stale temperatury poniżej 0° . Formują się one również tam, gdzie większa część opadów atmosferycznych w roku ma postać śniegu lub tam, gdzie temperatura cieplej pory roku jest zbyt niska, by ta ilość śniegu, która opadła w zimie, mogła stajać. Stąd nie może wydawać się dziwnem, że partje górskie, otulone wiecznymi lodami, wykazują przynajmniej w pewnych porach roku lub doby temperatury powyżej punktu tajania lodu. W takich chwilach śnieg na szczytach skalnych taje i woda wsiąka szczelinami w głąb skał. Gdy następnie temperatura spadnie poniżej 0° , woda wypełniająca szczeliny zamienia się w lód. Ponieważ zaś ciężar gatunkowy lodu jest mniejszy od wody, przeto woda zamarzając powiększa swą objętość i rozsadza szczeliny skalne, w których zamarza. Ciągłe zamarzanie wody i tajenie lodu niszczy szybko najbardziej nawet odporne skały.

Na szczytach skalnych, sterczących ponad lodami, skrapla się para wodna z otaczającego je powietrza. Drobne kropelki wody wsiąkają w skałę, a zamarzając powodują odrywanie się mikroskopijnych cząsteczek skalnych pod postacią pyłu.

Gruz i pył, twór wspomnianego wyżej mechanicznego niszczenia skał, opada w dół. Ważne znaczenie posiadają przysiętem nagłe obsuwania się zwałów śnieżnych (lawiny), które przenoszą ze sobą luźny materiał. Jeżeli ten dostanie się na pole firnowe, obszar akumulacji śnieżnej, większe i mniejsze odłamki skał znajdują się po pewnym czasie na spodzie lodowca, wchodząc od tej chwili w skład jego moreny dennej. Gdy natomiast rumosz skalny stoczy się na język lodowcowy, który podlega ustawicznemu tajaniu, będzie on leżał na powierzchni lodowca, tworząc morenę powierzchniową.

Temperatura lodowca, jak wykazały pomiary, jest prawie wszędzie równa temperaturze tajania lodu. Temperatura ta może spadać poniżej 0° , odpowiednio do wielkości ciśnienia¹⁾. Wszelkie przeszkody, a więc nierówności i wysterki dna oraz zboczy, jakie spotyka na swej drodze płynący lód, powodują

¹⁾ Hess H.: Die Gletscher. — Braunschweig 1904 p. 185.

wzrost ciśnienia lodu, a więc i jego częściowe tajanie. Poza przeszkodą ciśnienie wraca do poprzedniego stanu i woda z powrotem krzepnie, a wraz z nią zostaje zespolony z główną masą lodowca luźny materiał skalny, przepojony przed chwilą wodą. Częste zjawisko wzrostu i zmniejszenia się ciśnienia na dnie lodowca, a równocześnie częste tajanie i zamarzanie, przyczynia się do powiększania istniejących spękań, a w następstwie do obniżenia dna lodowca.

Wielkie ciśnienie, jakie panuje na dnie, zdolne jest do wydzierania z podłoża skalnego dużych bloków. Proces ten dokonuje się również dzięki wielkiej plastyczności lodu. Weiska się on we wszelkie, drobne nawet bardzo szczeliny, zarówno poziome, jak i pionowe, nieraz bardzo głęboko. W miejscach krzyżowania się szczelin, bloki skalne otoczone są z kilku stron lodem, którego cząstki posiadają ruch postępowy, zgodny z kierunkiem płynięcia lodowca. Siła tego ruchu postępowego lodu odrywa po pewnym czasie od podłoża głazy i unosi w dół¹⁾.

W końcu ostre głazy moreny dennej ścierają i rysują dno, po którym płyną. Nieprzerwane zdzieranie skał dostarcza mnóstwa piasku i mułu, który następnie odgrywa rolę środka wygładzającego.

Oddawna zauważono, że krajobraz gór dawniej zlodowaconych, ze swemi śmiałemi, ostremi szczytami, z głębokimi dolinami, o pionowych nieraz zboczach, pełen wodospadów i jezior, różni się zasadniczo od płaskich, nieregularnych grzbietów górskich, które nigdy zlodowacone nie były. Słusznie więc wydawałoby się twierdzenie tych geografów i geologów, którzy przyznają lodowcom olbrzymią siłę erozyjną. Równocześnie jednak inni uważają lodowiec za czynnik konserwujący podłoże przed niszczeniem go przez czynniki zewnętrzne.

W sporze tym chodzi właściwie o rozstrzygnięcie pytania, czy intensywniej eroduje płynąca woda, czy lód. Pomiar, któreby pozwoliły na cyfrowe porównanie erozyjnej pracy lodowca i strugi wodnej, mogłyby dać odpowiedź na powyższe pytanie i zakończyć długotrwały spór między zwolennikami i przeciwnikami erozji glacialnej.

¹⁾ Martin J.: Zum Problem der glazialen Denudation und Erosion... Abhandl. d. Naturwissenschaft. Verein zu Bremen. t. 26, z. 3, p. 461—480. Brema 1928.

Pierwsze tego rodzaju próby polegały na mierzeniu procentowej zawartości cząstek skalnych w potokach lodowcowych. Znając zaś średni przepływ wody, określono, jak wielkim był transport zawiesin w danym przeciągu czasu. Wielkość transportu dzielono przez powierzchnię zlodowaconą i dostawano cyfrę, która miała wskazywać postęp żłobienia lodowcowego za dany okres czasu.

Pomiarów nad transportem zawiesin przez rzeki lodowcowe zanotować można sporą ilość¹⁾. W Alpach wykonywali je Baëff, Blümche, Duparc, Greim, Heim i Voskule, — na Alasce Reid i Wright, — w Skandynawji Helland, (które tego rodzaju badania prowadził również na Grenlandji i Islandji), Øyen i Svenonius, na Grenlandji prócz Hellanda-Jensen i Rinck.

Gogarten rozpatruje krytycznie wszystkie ich pomiary. Twierdzi, że dotychczasowe badania nad zawartością zawiesin w potokach lodowcowych są obarczone metodycznymi błędami, więc nie mogą być podstawą wnioskowania na temat wielkości erozji lodowcowej. Nie czerpano np. próbek wody tuż u bramy, którą potoki wypływają z pod lodowca, ale dopiero w pewnej od niej odległości (Baëff wykonywał pomiary w odległości 15 *km* poniżej języka lodowca). Wskutek tego pomiary obarczone były zawsze błędem, gdyż w czasie pogody część zawiesin opadała na dno, podczas deszczu zaś chwilowe strugi wodne, spływające do potoku z terenu niepokrytego lodem, zwiększały procent cząstek skalnych. Ostatecznie otrzymywano w takich wypadkach ilość mniejszą lub większą od tej, którąby dostano, czerpiąc wodę do filtrowania tuż u bramy lodowcowej.

Drugi powszechny błąd dotychczasowych pomiarów według Gogartena — to ich dorywczość. Dokonywano je tylko w pewnych dowolnych porach roku lub doby. Tymczasem rzeki lodowcowe mają stan wody nadzwyczaj zmienny, zarówno w ciągu roku, jak i doby. Gdy rano rzeka lodowcowa zaledwie sączy swe wody, to natomiast w godzinach popołudniowych przebycie jej łożyska jest z reguły niemożliwe. Z ilością wody

¹⁾ Gogarten E.: Messungen der Schlammführung von Gletscherbächen. Zeitschr. f. Gletscherk., t. 3, p. 271–285.

w rzece zmienia się wielkość jej transportu. Stąd, zdaniem Gogartena — pojedyncze pomiary nie posiadają żadnej zgoda wartości, tembardziej, że pod względem ilościowym różnią się między sobą nawet te, które zostały dokonane w odstępach kilkuminutowych.

Gogarten na przykładzie swoich spostrzeżeń stara się wykazać, jak niewystarczające jest dorywcze wykonywanie pomiarów, gdy mają one służyć, jako materiał w ocenianiu intensywności pracy erozyjnej lodowca. Czerpał on każdorazowo 500 cm^3 wody tuż u końca języka Hüfigletscher. Obserwował przytem temperaturę wody i powietrza oraz wysokość stanu wody. W drugim dniu swoich obserwacji stwierdził Gogarten wzrost ilości unoszonego materiału wraz z podwyższeniem się wodostanu, natomiast w dniu poprzednim zauważył coś wprost przeciwnego. Ilość zawiesin zmniejszała się, gdy równocześnie wodostan podnosił się. Zjawisko to, niezabserwowane dotychczas, wymaga bliższego wyjaśnienia. Stąd konieczne okazuje się filtrowanie wody lodowcowej możliwie najczęściej, przynajmniej raz na godzinę, zarówno w dzień, jak i w nocy i przez przeciąg całego roku oraz baczne zwrócenie uwagi na stosunki meteorologiczne, panujące w miejscu obserwacji (opad, szata śnieżna, zachmurzenie, temperatura powietrza i wody).

Gogarten wskazuje wreszcie na jeszcze jedną pomyłkę, jakiej dopuściło się wielu z jego poprzedników. Ci mianowicie nie odnosili wielkości transportu potoków lodowcowych do całego dorzecza lodowca, lecz jedynie do powierzchni pokrytej lodem. A właśnie partje skalne, silnie wietrzejące, dostarczają ogromnej ilości nietylko materiału grubego, lecz również w znacznej mierze drobnych cząstek skalnych, jakie niesie później potok lodowcowy. Należy więc brać pod uwagę całą powierzchnię zbiornikową lodowca. Ponieważ zaś partje sterzące nad lodem są silnie porzeźbione, żąda Gogarten, by przy obliczaniu ich powierzchni uwzględniać średni kąt nachylenia. Nieodzowna jest również dokładna znajomość budowy geologicznej danego obszaru, znajomość stosunku, w jakim poszczególne rodzaje skał biorą udział w budowie zlodowaczonej doliny. Dopiero wypełnienie wszystkich tych warunków pozwoli według Gogartena na poważne liczenie się z wynikami badań nad transportem materiału przez rzeki lodowcowe.

Rezultaty tego rodzaju pomiarów różnią się znacznie pomiędzy sobą. Greim i Heim otrzymali zaledwie dziesiętne milimetra, jako miarę obniżenia w przeciągu roku powierzchni zlodowaczonej, gdy tymczasem Reid szacuje ją na prawie dwadzieścia milimetrów¹⁾.

Baltzer, pragnąc również określić postęp erozji lodowcowej w pewnym określonym przeciągu czasu, zastosował inną zupełnie metodę²⁾. Spodziewając się rozrostu lodowca Untergrindelwald, wywiercił on w r. 1892 na skalnym dnie doliny otwory głębokości 2 m. Otwory świdrowe wypełnił Baltzer zabarwioną glinę, ich zaś położenie oznaczył na mapie z warstwicami co 10 m. Niestety — transgresja lodowca wkrótce ustała i znaki te nie zostały do dzisiejszego dnia pokryte lodem.

Podobne próby przedsięwziął de Quervain nad lodowcem Obergrindelwald w r. 1918³⁾, — otwory o średnicy 16–16 mm. głębokie na 120–130 mm zostały wywiercone w skale gnejsowej na dnie, oraz w wapieniu na zboczu doliny. Położenie i głębokość wywierconych i zalanych woskiem otworów została dokładnie określona przy pomocy zdjęcia stolikowego. W lecie 1919 r. porobił de Quervain mnóstwo podobnych znaków na miejscu zajętem obecnie przez drugorzędny boczny język lodowca Grindelwald. Dwa fragmenty podłoża odlał on w gipsie. Odlewy tych samych miejsc będą powtórzone po regresji lodowca. Wedle jego dotychczasowych wyników, gładka ściana skalna doznaje obniżenia od 0.5–1.5 mm w przeciągu sześciu miesięcy.

Współpracownik de Quervain'a O. Lüttschg⁴⁾ obrał lodowiec Allalin w kantonie Wallis za przedmiot swych eksperymentów. Tuż przed końcem języka tego lodowca sterczy wyspowa wzniesienie z dna doliny, zbudowane z gnejsu. Spodziewając się przykrycia tego wzniesienia przez intensywnie wzrastający wówczas lodowiec Allalin, sporządził Lüttschg

1) Hess H.: Die Gletscher, rozdz. 7.

2) Hess H.: Die Gletscher, p. 186–187.

3) Brückner E.: Über die bodengestaltende Wirkung des vorstossenden oberen Grindelwaldgletschers. — Zeitschr. f. Gletscherk., T. 12. p. 74–77.

4) Lüttschg O.: Beobachtungen über das Verhalten des vorstossenden Allalinalgletschers im Wallis. — Zeitschr. f. Gletscherk., t. 14, p. 257–265.

w r. 1919 profil, prowadząc go przez dwa otwory głębokie na 20 *cm* wypełnione woskiem, które wywiercił na wyspowej górze. Punkty wysokościowe dla profilu zostały określone przy pomocy instrumentu niwelacyjnego Zeissa, w odległościach co 20 *cm* z dokładnością 0.5 *mm*. Plan sytuacyjny, jakoteż pomocnicze szkice posłużyły do zupełnie ścisłego stwierdzenia przebiegu profilu po ustąpieniu lodowca i do ocenienia całości niszczycielskiej pracy, jaką wykonał w międzyczasie lodowiec.

Nadzieje Lüttschga zostały w zupełności spełnione. Już następnego roku cała góra wyspowa została pokryta lodowcem. W 1921 r. przy końcu ciepłego lata, część ostrogi skalnej ukazała się ponownie ponad całunem lodowym. Od r. 1924 lodowiec Allalin począł się cofać zdecydowanie, a następnego roku Lüttschg mógł wykonać ponowne zdjęcie profilu. Porównanie ostatniego zdjęcia z poprzednim wykazało, że teren obniżał się w roku średnio o 6 *mm*.

Rekstad badał lodowiec Engabrä w Norwegji. Przed językiem tego lodowca istniało małe jeziorko. W r. 1904 nastąpił wzrost lodowca i zasypywanie jeziorka. W sześć lat później zniknęło ono zupełnie, wypełnione materiałem akumulacyjnym. Znając dawną powierzchnię jeziorka oraz jego średnią głębokość, obliczył Rekstad, jakiej ilości materiału potrzeba było do zasypywania zagłębienia dawnego jeziorka ¹⁾. Wielkość tę Rekstad podwaja, przyjmując, że akumulację złożoną w niecce jeziornej równoważą masa moreny czołowej, osadzona powyżej jeziorka wraz z masą zawiesin, uniesionych do morza. Podzieliwszy wydedukowaną w ten sposób wartość przez powierzchnię lodowca, otrzymuje Rekstad, że wypełniona lodem dolina Engabrä podlega rocznemu obniżeniu o 11 *mm*.

Największe zasługi w badaniach nad problemem erozji współczesnych lodowców położył niewątpliwie Hess. Pierwsze pomiary wykonywał on głównie na lodowcu Hintereisferner. Przez złączenie się dwu samodzielnych jeziorów lodowca Hintereisferner tworzy się morena wewnętrzna. W czasie tajania lodowca, materiał morenowy wydostaje się na powierzchnię je-

¹⁾ Rekstad J.: Die Ausfüllung eines Sees vor dem Engabrä dem grössten Ausläufer des Svartisen, als Mass der Gletschererosion. Zeitschr. g. Gletscherk. t. 6, p. 212—214.

zyka. W r. 1903 polecił Hess¹⁾ usunąć gruz, zalegający język, z pewnej określonej powierzchni, na linii przebiegu moreny wewnętrznej. Po kilku dniach leżał na oczyszczonych miejscach świeży materiał morenowy. Ilość gruzu, która świeżo wydostała się na powierzchnię, została zmierzona i podzielona przez powierzchnię, z której ją zebrano. Materiał skalny, podany w dm^3 a przypadający na $1 m^2$ oczyszczonej powierzchni, został podzielony przez 2, gdyż morenę wewnętrzną Hintereisferner tworzą dwa samodzielne przedtem lodowce dolinne, z których każdy wykonuje część niszczyielskiej pracy. Znając szybkość płynięcia lodu na polu firnowem, oraz przyjmując, że 1 metrowi kwadratowemu przekroju poziomego moreny wewnętrznej odpowiada najwyżej $1.5 m^2$ dna skalnego w każdym ze zbiorników firnowych, otrzymuje Hess cyfrę 20 *mm* jako miarę obniżenia zlodowaczonej doliny Hintereisferner w przeciągu jednego roku.

W następnych latach przeprowadził Hess identyczne pomiary również na lodowcu Hochjochferner i Vernagtferner²⁾, otrzymując rezultaty zgodne zupełnie z wynikami poprzedniej jego próby. Przypuszcza nawet, że w obu przypadkach wynik ten jest minimalną miarą rocznej erozji, że przy lepszej znajomości szybkości ruchu lodowca, ciśnienia i temperatury lodu, wartość rocznej pracy erozyjnej wzrosłaby na pewno.

Jedna z moren wewnętrznych Hintereisferner pozwoliła Hessowi jeszcze na jedno obliczenie, wykonane inną metodą³⁾. Morena ta składa się z gruzu skalnego, pochodzącego z miejsc pokrytych w zupełności firnem. Istnienie moreny wewnętrznej jest początkowo niedostrzegalne. Dopiero tuż przy końcu języka lodowcowego poczyna się morena zaznaczać na powierzchni, początkowo jako delikatna smuga żwirowa, która następnie rozszerza się ku dołowi i przedstawia wąski żwirowy trójkąt.

Podczas postoju lodowca, wydzielona morena wewnętrzna zalega częściowo jego powierzchnię, z drugiej strony bierze udział w tworzeniu moreny końcowej. Podczas cofania się lo-

¹⁾ Hess H.: Die Gletscher, p. 187.

²⁾ Hess H.: Über den Schüttinhalt der Innermoränen einiger Öztaler Gletscher, Zeitschr. f. Gletscherk., t. I. p. 287—292.

³⁾ Hess H.: Die Gletscher, p. 198—201.

lodowca, coraz mniej zalega na jego powierzchni materiału z okresu postoju, a coraz większy odsetek z czasu zanikania lodowca i to czasu niezbyt odległego. Przy powolnej regresji język lodowca kończy się łagodnie. Im odwrót szybszy, tem bardziej stromą ścianą urywa się język.

Hess wziął pod uwagę jeden z języków lodowca Hintereisferner. Na powierzchni tego języka zaznacza się wspomniana morena wewnętrzna w postaci trójkąta. W r. 1903 lodowiec Hintereisferner znajdował się w stadium tak gwałtownej regresji, że ściana lodowa, którą kończył się język, przewyższała swą wysokością grubość moreny wewnętrznej. Wobec takiego stanu rzeczy na języku zalegał jedynie materiał moreny wewnętrznej i to tylko materiał z ostatniego roku. Korzystając z tego, obliczył Hess, ile metrów sześciennych gruzu wypada na jeden metr kwadratowy powierzchni trójkąta żwirowego, o wierzchołku, odpowiadającym miejscu, gdzie morena wewnętrzna wydostaje się na powierzchnię i o podstawie przypadającej na koniec języka. Ilość gruzu, przypadającą na metr kwadratowy trójkąta, mnoży Hess przez średnią szybkość posuwania się lodowca w okresie jednego roku oraz przez grubość moreny wewnętrznej. Iloczyn ten wskazuje, jaka masa materiału skalnego przepływa w roku przez profil poprzeczny języka lodowca Hintereisferner. Po wprowadzeniu poprawki na szybkość ruchu cząstek lodowych w miejscu, gdzie napotykają one na drodze przeszkodę skalną, przyjmuje Hess, że lodowiec Hintereisferner obniża w ciągu roku swe podłoże o 16·4 mm.

Hess zastrzegął się również co do ostatniej cyfry. Spodziewał się, że w rzeczywistości erozja postępuje znacznie szybciej. Jednak już wkrótce zmuszony został do zmiany swych poglądów. Krok ten zaś był wynikiem uwag, jakie poczynił Crammer i Schenker nad dotychczasowymi badaniami Hessa¹⁾.

Hess przyjmował dotychczas w swych obliczeniach, że materiał żwirowy, transportowany przez lodowiec, odbywa w ciągu roku drogę od górnych granic pól firnowych, po koniec języka. W rzeczywistości ruch lodowca jest bardzo powolny. Hess ocenia szybkość ruchu lodowca na dnie na 5 m

¹⁾ Hess H.: Die Grösse des jährlichen Abtrages durch Erosion im Firnbecken des Hintereisferners. Zeitschr. f. Gletscherk. T. 1, p. 355—356.

w ciągu roku. Przekonywa się więc, że aby denna warstwa lodu, a wraz z nią morena denna, mogła przebyć drogę długości lodowca Hintereisferner, potrzebny jest na to okres 300 lat. Po uwzględnieniu w rachubie tego okresu, dostaje Hess już nie wartość 20 mm, o której wyrażał się, że jest minimalną miarą erozji, ale zaledwie 0·027 mm.

Hess po długoletnich doświadczeniach ustala wzór, według którego ma działać erozja lodowców¹⁾.

$$a = m_1 \frac{Vu}{S}$$

Roczne obniżenie obszaru zlodowaczonego (a) da się obliczyć przy znajomości ilości materiału morenowego, odniesionego do powierzchni podłoża pól firnowych (m_1), szybkości płynięcia lodu na dnie (Vu) i drogi, jaką gruz przebywa (S).

Posługując się tym wzorem, otrzymał on następujące wartości a dla trzech punktów na Hintereisferner: 0·249 mm, 0·211 mm, 0·275 mm. Tabela przedstawia warunki, jakie wtedy panowały w tych miejscach:

Miejsce obserwacji	Grubość lodu w metrach	Ciśnienie lodu w kg na cm^2	Roczna szybkość płynięcia lodu na dnie. Vu	Wielkość rocznej denudacji w mm a
A	45	4·0	18·5	0·249
B	35	3·2	17	0·211
C	20	1·8	11	0·275

Podstawiawszy dla Vu wartość 1 m w roku, a przyjmawszy ciśnienie równe 1 kg/cm^2 , otrzymał Hess teoretyczną wartość E (wielkość erozji), która dla punktu A wynosiła 0·00335, dla B — 0·00395, dla C — 0·01335. Średnia dla powyższych wartości równa się 0·00692 mm (rok, kg/m). Liczbę tę obniża do 0·005, nie będąc pewny, czy wartość, jaką przyjął dla drogi i szybkości poruszania się cząstek lodowych, odpowiadają w zu-

¹⁾ Hess H.: Hintereisferner-Nachlese. Zeitschr. f. Gletscherk. t. 17. p. 47—65.

pełności faktycznym stosunkom. Oznaczywszy E , mógł Hess określić dla każdego miejsca roczny postęp erozji, gdy znana jest grubość pokrywy lodowej, a więc ciśnienie w kg/cm^2 i Vu . Na przykład miejsce, pokryte 329-metrową powłoką lodu, gdzie panuje ciśnienie $29.9 kg/cm^2$, a lód płynie z szybkością 17.4 metra w roku, podlega obniżeniu $29.9 \times 17.4 \times 0.005 = 2.6 mm$ w roku.

Miara obniżania się obszarów podlegających erozji rzecznej, obliczona czy to na podstawie zawartości zawieszin w płynącej wodzie, czy to przyrostu masy delt, jakie rzeki budują w jeziorach ¹⁾, jest zawsze niższa od $1 mm$, a więc grubo mniejsza od wyników, jakie osiągnięto, badając postęp erozji lodowcowej. Stąd łatwo o omyłkę i zbyt pochopne przejście na stronę zwolenników intensywnej erozji glacialnej.

Pamiętać jednak trzeba, że może poza badaniami Lüttschaga i de Quervain'a, wyniki wszystkich innych prac muszą budzić zastrzeżenia. Różnice między wynikami różnorodnych i tego samego rodzaju prób są tak znaczne, że muszą się nasunąć wątpliwości co do metodycznej poprawności badań.

Tylko w tym wypadku, gdyby spostrzeżenia nad rocznym postępem erozji obszarów zlodowaconych i rzecznych rozwinęły się na wielką skalę, objęły gęstą siecią możliwie różnorodne geologicznie i klimatycznie połacie ziemi, możnaby otrzymać materiał do bardziej obiektywnej oceny znaczenia wody i lodu jako czynników rzeźbotwórczych. Wielka ilość, skrupulatność i wszechstronność tego rodzaju prac byłaby o tyle więcej cenna, że mechanizm niszcycielskiej pracy lodowców nie jest jeszcze dokładnie znany, a w pewnym stopniu należy to samo powiedzieć o denudacyjnych procesach obszarów rzecznych.

W ostatnich latach coraz bardziej poczyna rozpowszechniać się przekonanie, że rozwój krajobrazu rzecznego nie kroczy bynajmniej drogą ewolucyjną. Coraz więcej gromadzi się faktów na to, że po długich okresach prawie zupełnej martwoty przychodzą momenty, podczas których dokonują się katastrofalne nieraz zmiany. Kilka dni ulewnych deszczów i powodzi w większym o wiele stopniu zaważą na postępie denudacji pe-

¹⁾ Hess H.: Der Abtrag in den Schweizer Alpen. Peterm. Mitteil. 1909, p. 360.

Philipson A.: Grundzüge der allgemeinen Geographie. t. II, cz. 2, p. 109. Leipzig 1924.

wnego obszaru, niż szereg normalnych lat. Tak np. rzeka Wiśłok w ciągu trzech dni powodzi 1927 r. uniosła o wiele więcej materiału, niżby była zdolna przetransportować w przeciągu dziesięciu lat, przy średnim wodostanie ¹⁾).

Tymczasem obniżanie się pod wpływem lodowców dokonuje się według wielkiego prawdopodobieństwa w sposób bardziej systematyczny, na co wpływa mała zmienność warunków fizycznych, przede wszystkim grubości pokrywy lodowej. W ciągu dłuższego czasu ilość materiału, transportowanego przez lodowiec w jednym roku, nie będzie odbiegać od objętości unoszonego gruzu w roku następnym. Tak gwałtowne różnice, jakie wykazują rzeki, u lodowców, zdaje się — nie zachodzą. Stąd jeszcze jeden warunek, który podniesie wartość obu rodzajów spostrzeżeń — oto powinny one trwać nieprzerwanie przez okres conajmniej kilkuletni, bo dopiero wtedy mogą być ze sobą porównywane. Zagadnienie erozji lodowcowej przedstawia jeszcze nadal obszerne pole dla wielu różnorodnych i interesujących dociekań.

Instytut Geograficzny Uniwersytetu J. K. we Lwowie.

¹⁾ Ziemska H.: Próba spostrzeżeń i badań nad erozją wód płynących Wiśłoka. — Czasop. Geogr. 1928, p. 102—106.

Z. GRODZIŃSKI

Mechanika rozwojowa serca kręgowców.

Wstęp.

Mechanika rozwojowa, zastosowana do badań nad sercem, miałaby dać odpowiedź na pytania, skąd serce w zarodku pochodzi, z jakiego materiału, w jaki sposób się rozwija i jakie znaczenie mają poszczególne odcinki zawiązka. Czyli, że odpowiedzi wkraczają już w zakres dwu bardzo starych teorii: preformacji i epigenezy.

Najdawniejsi preformiści wyobrażali sobie, że w komórkach rozrodczych znajduje się minjatura przyszłego osobnika. Znane są z tego okresu rysunki plemników z człowieczkiem, umieszczonym w główce. Kiedy jednak udoskonalony mikroskop wykazał, że w jaju czy plemniku nie widać nawet śladów przyszłego osobnika, wysnuto koncepcję, że w plazmie rozrodczej jest schemat zwierzęcia, złożony z cząsteczek materji — nazwanych przez Weismanna idami i determinantami. Cząsteczki te dostają się przy brózdkowaniu do komórek pochodnych i nadają im specjalny kierunek rozwojowy. Np. idy i determinanty nogi sprawiają, że komórki zawierające je muszą utworzyć nogę. Nowocześni preformiści przyjmują istnienie chemiczno-fizycznego schematu przyszłego osobnika.

Zwolennicy epigenezy przyjmują, że żadnego schematu w jaju rozwijającym się niema, lecz że w ciągu rozwoju, dzięki wzajemnemu oddziaływaniu na siebie (korelacji) różnych komórek w różnym miejscu, zarodek rozwija się w harmonijną całość.

Mechanika rozwojowa, analizując powyższe kwestje, posługuje się przeważnie dwoma metodami: mianowicie przeszcze-

pianiem i wybarwianiem. O ile u zarodka wyjmie się zawiązek danego organu i przeszczepi w inne miejsce, można widzieć zmiany w rozwoju i tłumaczyć je zmianami otoczenia. Przeszczepianie da się w nieskończoną ilość sposobów modyfikować i komplikować. Wybarwienie polega na tem, że barwi się barwikami nieszkodliwymi dla życia osobnika pewną część jaja lub grupę komórek, a potem ogląda się, co się rozwinęło z tego nacechowanego materiału. Obie metody można kombinować razem i uzupełniać hodowlą „in vitro“, względnie mikrurgją.

Badania nad mechaniką rozwojową serca zapoczątkował Lewy (1906) z wynikami mało zadowolającymi. Gräper (1907) otrzymał rozdwojenie serca kurczęcia. W latach 1911 i 1913 Pressler i Meyer wywoływali u kijanek żab *situs inversus viscerum* i wykazywali wpływ jego na kształt i ułożenie serca. Po siedmioletniej przerwie (1920) Ekman n rozpoczął szereg doświadczeń, uzbrojony w znacznie doskonalszą technikę, a za nim poszedł zastęp innych badaczy. Badano częściowo ptaki, głównie płazy. Dlatego wypada przypomnieć pokrótce to, co embriologia opisowa wie o rozwoju serca płazów.

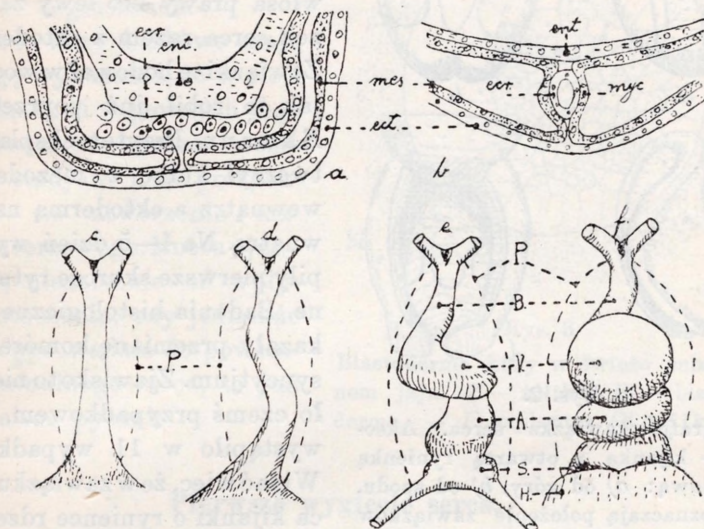
Normalny rozwój serca.

Pierwsze zawiązki serca pojawiają się (rys. 1) u kijanek *Bombinator* o rynience nerwowej zamkniętej i 1—6 segmentach. W stadium tem są to lite fałdy mezodermy, przesuwające się zwolna z góry i z boku na brzuszną stronę zwierzęcia. Zanim zdołają się zetknąć ze sobą w linii środkowej, występuje w nich światło, a równocześnie pomiędzy oba te fałdy wsuwają się pierwsze komórki przyszłego endokardu. W stadium 12—20 segmentów fałdy mezodermy zrastają się ze sobą i różnicują na perykard i myokard. Niedługo potem serce przyjmuje kształt rury prostej i rozpoczyna się pulsowanie.

Prosta początkowo rura sercowa wygina się środkową częścią na prawo. Równocześnie różnicują się stopniowo cztery główne odcinki serca: komora, przedsionek, *bulbus* i zatoka żylna. Perykard rozrasta się znacznie wolniej niż rura właściwa serca.

Pierwsze zróżnicowanie materiału sercowego.

Pierwsze zawiązki serca występują bardzo wczesnie i początkowo składają się z komórek niezróżnicowanych, które dopiero znacznie później przemieniają się na komórki mięśniowe, obdarzone zdolnością kurczenia się. Zasadniczym problemem jest, czy komórki zawiązka są już predestynowane na komórki mięśniowe, czy też otoczenie wpływa na ich przemianę w tym



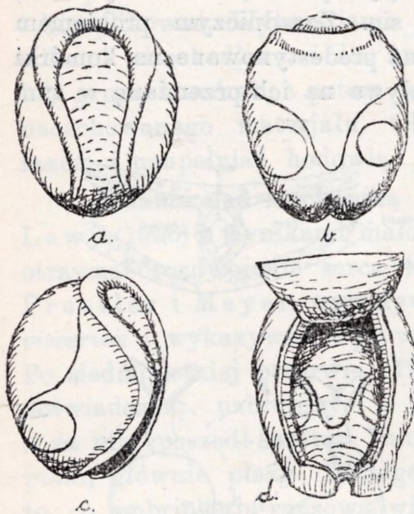
Rys. 1.

Rozwój serca u *Anura*. *ecr* — endocardium, *ent* — entoderma, *ect* — ektoderma, *myc* — myokardjum, *A* — atrium, *B* — bulbus, *H* — wątroba. *P* — perykard, *S* — sinus venosus, *V* — ventriculus. (a-b Nusbaum 1903, c-f Ekmann 1920).

kierunku. Gdyby się udało wyodrębnić zawiązek serca i wyhodować poza obrębem organizmu, możnaby było sprawę tę wyjaśnić. Już Ekmann (1920) próbował tego dokonać, co mu się nawet nieźle udało. Ale dopiero Goertler (1928) wykonał doświadczenie, doskonale pomyślane i świetnie technicznie przeprowadzone.

U kijanki aksolotla z otwartą rynienką rdzeniową (rys. 2) mezoderma obsuwa się zwolna od góry na brzuszną stronę. Brzegi jej pozostawiają między sobą w tym stadium przestrzeń kształtu trójkątnego, wolną od mezodermy. Otóż w brzegach

mezodermy znajdują się predeterminowane zawiązki serca. Aby je wyodrębnić, Goertler wykonał bardzo trudną operację. Odcinał mianowicie rynienkę rdzeniową, usuwał entodermę, co za-



Rys. 2.

Topografja zawiązka serca. Akso-lotl — kijanka z otwartą rynienką rdzeniową: a) od góry, b) od spodu, koła oznaczają położenie zawiązków serca, linja krzywa granicę mezodermy, c) od boku zaznaczona granica mezodermy i jednego z zawiązków serca, d) usunięta rynienka rdzeniowa i entoderma, odsłonięte zawiązki serca.

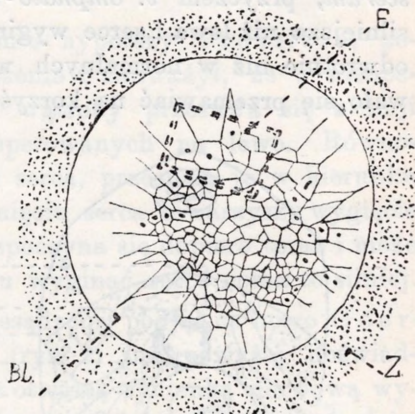
(Goertler 1928).

pewne przy małych rozmiarach zwierzęcia i wiotkości jego ciała nie było rzeczą łatwą. Po odsłonięciu mezodermy odcinał pętlą z miękkiego włosa prawy lub lewy związek serca razem z ektodermą. Zawiązki te hodował w wodzie, jak to robił już poprzednio Ekman. Przytem eksplantat tworzył kulkę z mezodermą wewnątrz a ektodermą na zewnątrz. Na 4—5 dzień wystąpiły pierwsze skurcze rytmiczne. Badania histologiczne wykazały przemianę komórek na syncytjum. Zjawisko to nie było czemś przypadkowem, lecz wystąpiło w 11 wypadkach. Widać więc, że w zawiązku serca kijanki o rynience rdzeniowej otwartej tkwi już moc rozwojowa, doprowadzająca do histologicznego i fizjologicznego zróżnicowania serca i że do ujawnienia tego obecność entodermy jest niepotrzebna.

Dalej w swych doświadczeniach poszedł Olivo (1928). Wiadomo, że w jajku kurczem świeżo zniesionem znajduje się na powierzchni blastoderma w stadium blastuli. Olivo wycinał z tej blastodermy (rys. 3) płytki o powierzchni 1 mm^2 i hodował je „in vitro“ w plaźmie kurczęcia i wyciągu zarodkowym. Między 4—7 dniem wystąpiło pulsowanie rytmiczne z równoczesnem rozwinięciem się myofibrilli, a po dalszych 2—3 dniach skurcze ustały. Na 21 doświadczeń 6 było pozytywnych. Płytki, wyjęte ze środka blastodermy, nigdy nie pulsowały.

Udało się tutaj Olivo'wi wykryć zdeterminowany zawiązek serca w stadium, kiedy jeszcze o listkach zarodkowych niema mowy. Determinacja funkcjonalna i strukturalna serca tkwi w jaju kurzem od samego zniesienia go. Normalnie ujawnia się znacznie później, pierwsze skurcze serca pojawiają się dopiero u zarodków o 9—10 segmentach.

Goertler i Olivo mają zasługę wykazania, że w ciele zarodka tkwi w pewnych jego odcinkach od bardzo wczesnych stadij moc perspektywna na utworzenie materiału sercowego. Mocha ujawnia się niezależnie od wpływów otoczenia, czy jednakże może doprowadzić do powstania normalnego serca, to już jest dalsze pytanie.



Rys. 3.

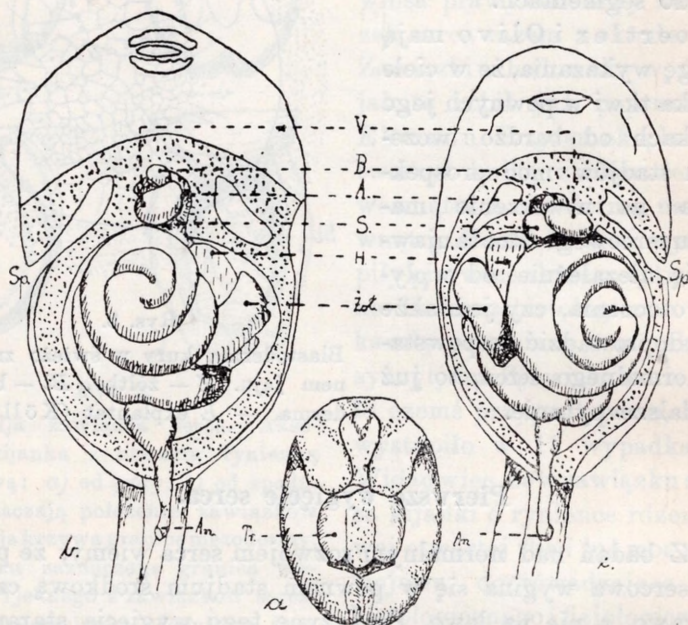
Blastoderma kury w świeżo zniesionym jaju. *Z* — żółtko, *Bl* — blastoderma, — *E* explantat (Kölliker).

Pierwsze wygięcie serca.

Z badań nad normalnym rozwojem serca wiemy, że prosta rura sercowa wygina się w pewnym stadium środkową częścią na prawo, a nie na lewo. Przyczynę tego wygięcia starano się już stosunkowo dawno wyjaśnić. Pressler (1911) zwrócił uwagę na stosunek zawiązka serca do naczyń, doprowadzających krew do niego. U kijanki *Bombinator* serce leży początkowo symetrycznie w środkowej części ciała. Od tyłu uchodzą do niego dwie *vv. omphalo-mesentericae*, lewa z nich znacznie silniejsza doprowadza więcej krwi niż prawa. Prąd krwi tej żyły miał zdaniem Presslera, bijąc w ściany serca, wyginać je na prawo.

Aby przypuszczenie to sprawdzić, postanowił przemieścić żyły, t. z. prawą przenieść na lewą stronę ciała i odwrotnie. W tym celu (rys. 4) operował kijanki w stadium neuruli. Mianowicie wycinał kawałek grzbietu, zawierający rdzeń i pra-

jelito, obracał go o 180° i wszczepiał z powrotem w to samo miejsce. Materiał z prawej strony jelita dostawał się na lewą, przyczem zawiązek serca nie uległ przemieszczeniu, ani uszkodzeniu. Wskutek tej operacji występował *situs inversus viscerum*, przyczem *v. omphalo-mesenterica* prawa powstawała silniejsza niż lewa i serce wyginało się środkiem w lewo, a więc odwrotnie niż w normalnych warunkach. Doświadczenie zdawało się przemawiać na korzyść przypuszczenia Presslera.



Rys. 4.

Situs inversus viscerum. a) Larwa *Bombinator* z odwróconą o 180° płytką rdzeniową i odpowiednią częścią prajelita — *Tr*. (Pressler 1911), b) Kijanka żaby w 15 dni po operacji, c) kijanka normalna, (b-c Meyer 1913), *A* — atrium, *An* — anus, *B* — bulbus, *H* — wątrobę, *S* — sinus venosus, *Sp* — spiraculum, *V* — ventriculus, *Żo* — żołądek.

Na słabą stronę dowodu zwrócił uwagę Meyer (1913), mówiąc, że prąd krwi może wygiąć serce, trzeba by jednak przekonać się, czy krew krąży już wtedy, kiedy serce jest rurą prostą, czy też serce wygina się, zanim krew zaczyna krążyć. W obserwacjach swych na materiale żywym i histologicznie

badanym znalazł, że pierwsze wygięcie serca zbiega się czasowo z powstaniem większej *v. omphalo-mesenterica*. Kiedy występują pierwsze skurcze, serce posiada już wygięcia i leży przesunięte na prawo, czyli że prąd krwi nie ma wpływu na pierwsze wygięcia serca.

Po negatywnem rozpatrzeniu hipotezy Presslera, powtórzył Meyer jego doświadczenie i zauważył, że w nieoperowanych kijankach zawiązek wątroby przesuwa się z linii środkowej ciała na prawo, u operowanych na lewo. Równocześnie, naciskając na związek serca, przesuwa je w kierunku swego przemieszczenia. Przesunięciu serca towarzyszy wygięcie jego środka. Krążenie krwi rozpoczyna się dopiero teraz i może dzięki działaniu mechanicznemu wyginać serce coraz to silniej.

Kwestję pozornie już przesądzoną podjął na nowo Goertler (1928) we wspomnianem (rys. 2) już powyżej doświadczeniu z aksolotlem. U kijanki z otwartą rynienką nerwową wycinał prawy i lewy zawiązek serca i hodował je w wodzie, otoczone pochewką z ektodermy. Jedenaście zawiązków lewych dało synctytjum i pulsowało po 4—5 dniach. Szesnaście zawiązków prawych tworzyło synctytjum, lecz nigdy nie pulsowało. Te same zawiązki ze starszych zarodków pulsowały w hodowli równie dobrze, jak i lewe. Zawiązki serca są niesymetrycznie zróżnicowane, lewe wyprzedzają w rozwoju prawe. Kiedy oba złączą się i wytworzą rurkę, lewa połowa zaczyna skurcze wcześniej niż prawa i dzięki temu wygina środek serca w prawo.

Na podstawie badań Presslera, Meyera i Goertlera sprawę wyginania serca w prawo można ująć w sposób następujący. Impuls do tego tkwi we właściwościach samego serca. Niesymetryczne zróżnicowanie obu połów zawiązka daje wyższość lewej, dalej w rozwoju posuniętej, która kurcząc się wygina środek rury sercowej w prawo. Wygięcie to potęguje nacisk wątroby, przesuwaną w tym samym kierunku. Wreszcie dochodzi do głosu mechaniczne działanie prądu krwi doprowadzonego do serca w stadium rurki już w prawo wygiętej, przez *vv. omphalo-mesentericae*. Lewa z nich, silniejsza, uderza większą ilością krwi w zgięcie zawiązka serca i potęguje je.

Nie należy zapominać, że działanie tych trzech czynników jest krótkotrwałe, ponieważ 1) przemieszczanie się wątroby

ustaje wcześniej, 2) *vv. omphalo-mesentericae* rozpadają się w sieć naczyniową wątroby i wreszcie 3) stan rozwoju obu połówek serca ulega wyrównaniu. Tymczasem serce dzieli się na odcinki i odcinki te wyginają się dalej, mianowicie zatoka żylna przesuwa się na prawo, komora i *bulbus* przechodzą na brzuszną stronę i opadają poniżej innych części serca. Dlaczego te wygięcia i przesunięcia odbywają się w ten, a nie w inny sposób, niewiadomo dla braku doświadczeń eksperymentalnych. W każdym razie zgięcia wystąpić musiały, na co już dawno zwracano uwagę, z powodu braku miejsca w osierdziu. Pierwotnie otacza rurkę sercową osierdzie, zrastając się z niem na obu końcach. Serce rośnie dalej na długość znacznie szybciej niż osierdzie i, aby się zmieścić w pochewce, musi się wyginać i zwiijać.

Podział serca na odcinki.

W następnym etapie rozwojowym rurka serca zaczyna się różnicować na poszczególne odcinki. Zagadnienie podziału zarysowuje się w podobny sposób, jak i wygięcie rurki sercowej w prawo, mianowicie chodzi o to: czy modelowanie serca jest funkcją serca samego, czy zależy wyłącznie od wpływów zewnętrznych, czy też oba te czynniki działają razem i uzupełniają się wzajemnie. Ekman n (1920) starał się wyłączyć wpływ otoczenia, aby zobaczyć, jakie zdolności rozwojowe tkwią w samym zawiązku. W tym celu wycinał kijance *Bombinator* o zamkniętej rynience rdzeniowej zawiązek serca z dużą ilością ektodermy. Tą ostatnią obwijał cały eksplantat dokoła i hodował go we wodzie. Po kilku dniach osłonka ektodermalna pęczniała, stawała się przezroczystą, a wewnątrz widać było serce pulsujące, złożone z zasadniczych części. Ponadto znajdowała się tam i wątroba. Pulsowanie regularne nie zmienia się pod wpływem muskaryny, ani barytu. Oczywiście kształt i układ poszczególnych odcinków serca różni się znacznie od normalnego.

Stöhr (1924) powtórzył doświadczenia Ekman na tym samym materiale na większą skalę, zamieniając wodę, jako środowisko hodowlane, na płyn Ringera. W eksplantacie dało się zauważyć między 2—5 dniem pierwsze pulsowanie, równocześnie ektoderma jaśniała. Od 8—14 dnia eksplantat powiększał

się znacznie. Pod koniec trzeciego tygodnia kulka zmniejszała się — degenerowała i śmierć następowała w czwartym tygodniu.

Kształt serca w tem doświadczeniu był najrozmaitszy, zależnie od samej operacji. Serce może występować jako lity sznur, jako worek prosty lub powyginany w rozmaity sposób, często dadzą się wyróżnić wszystkie cztery odcinki serca. Zawsze znać wyraźnie zatokę żylną, pozostającą w łączności z wątroba, obecną w eksplantacie.

Doświadczenia Ekmana i Stöhra wykazują, że zdolności różnicowania się serca na odcinki tkwią w samym związku serca, ale do jego doskonałego wymodelowania potrzebne są wpływy otoczenia. Czy będzie to obecność komórek zdalnych do zużytkowania na materiał budowlany serca, czy też mechaniczny wpływ organów otaczających je, jest sprawą otwartą, a dotychczas niebadaną.

Pozostaje jeszcze prąd krwi, jako czynnik, mający głos w rozwoju serca. Beneke (1920) uważa kształt wnętrza serca i powstanie zastawek jako produkt wirowego prądu krwi. Zapatrywania swoje opiera na danych anatomo-patologicznych i na założeniach znanych z hydrodynamiki. Spitzer (1919) tłumaczył podobnie podział serca kręgowców, uzyskany w ciągu rozwoju filogenetycznego działaniem czynników mechanicznych prądu krwi. Ich uwagi mają dla mechaniki rozwojowej serca niezbyt wielkie znaczenie, bo mówią o przyczynie ze skutków, przyczyny nie obserwują, ani nie regulują.

Poza tem przyczyn może być więcej. Nawet przy obserwacji normalnych zarodków za życia niewiadomo, co przypisać działaniu krwi, a co innym czynnikom. Dopiero zaburzenia w krążeniu dają sposobność uchwycenia skutków mechanicznego działania prądu krwi. Teoretycznie biorąc, dadzą się następujące zmiany wywołać w krążeniu: 1) można wyłączyć prąd krwi, 2) prąd zostaje, zmienia się tylko jego siła, szybkość i kierunek.

Do doświadczeń z tego zakresu użył Stöhr (1924, 1929) kijanek *Bombinator pachypus*, które posiadały już pączkujący ogon. Normalnej kijance wszczepiał w dowolne miejsce dodatkowy związek serca. Rana goiła się po 20—30 minutach. Po tygodniu miejsce operowane, o ile to było w tułowiu lub brzu-

chu, wyglądało jak przepuklina. Później po kilku tygodniach miejsce to się wyrównywało. Działo się to dzięki temu, że rozwijające się serce wciela w swe ciało otaczające komórki. Po tem pulsowaniem uniemożliwia regenerację tkanek sąsiednich i wreszcie dzięki swemu ciężarowi obsuwa się ku linii środkowej ciała. Kijanki o dwu sercach nigdy się nie przeobrażały.

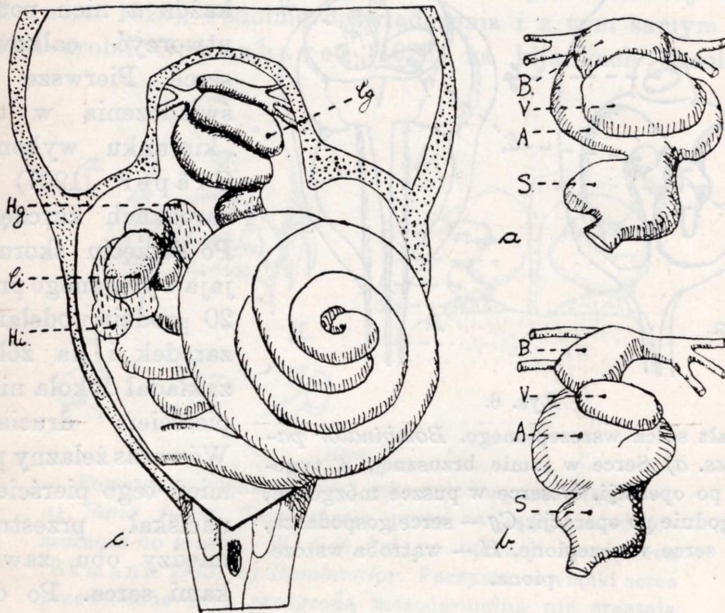
Celem tej operacji było wprowadzenie do organizmu drugiego serca, które po uzyskaniu połączenia z normalnymi naczyniami, mogłoby przeciwdziałać sercu gospodarza. Doświadczenie udało się nieoczekiwanie znakomicie, a to dzięki równoczesnemu przeszczepieniu części wątroby. Serce wszczepione pompuje krew do swej wątroby. Ta nie ma połączeń z naczyniami gospodarza, nie ma więc naczyń odprowadzających. Zwolna wypełnia się krwią. Serce gospodarza bleknie, traci krew i ostatecznie, pomimo skurczów, krwi zupełnie nie otrzymuje. Serce wszczepione przepęlnia się krwią, a ponieważ nie jest w stanie wpompować jej do wątroby ponad jej pojemność, w dalszym ciągu ulega degeneracji i atrofji.

Do serca gospodarza krew nie dochodzi. Jak to odbija się na jego wyglądzie? Wszystkie odcinki serca występują wyraźnie (rys. 5), bo zdolność różnicowania się na nie tkwi w samym zawiązku. Całość znacznie delikatniejsza i mniejsza niż u zwierzęcia kontrolnego, ponieważ krew przyniosła mniej materiału odżywczego. Również stosunek wielkości poszczególnych odcinków ulega zmianie. Najjaskrawiej widać to na komorze, 3—4 razy mniejszej od normalnej. Przypisać to należy osłabieniu, względnie zupełnemu usunięciu prądu krwi. Nie było siły wpadania prądu krwi do komory, któryby mógł ją rozciągnąć. Sama komora nie pracowała również z normalnym wysiłkiem dla braku krwi, niema pracy — niema rozwoju mięśnia sercowego.

Serce wszczepione (rys. 6) nie rozwija się normalnie, przyjmuje postać workowatą, często przewęża się na 2—4 odcinków. Analizę stosunku kształtu do przyczyn utrudnia ta okoliczność, że kombinuje się tu więcej czynników, niż w wypadku z sercem gospodarza. Wszczepiony zawiązek nie znajduje w nowem miejscu odpowiedniego materiału komórkowego na budowę swych ścian. Prąd krwi różni się również od normalnego siłą, ilością i kierunkiem. Dlatego nie da się roz-

strzygnąć, któremu z tych czynników należy przypisać wpływ na powstanie pewnych kształtów i proporcji serca.

Podobnie jak w tułowiu, zachowywało się serce wszczepione w głowę. Pulsowało, dzieliło się na odcinki, ale nigdy nie miało normalnego kształtu i proporcji. Wypierało mózg i łączyło się z naczyniami, dochodzącymi do wnętrza czaszki.



Rys. 5.

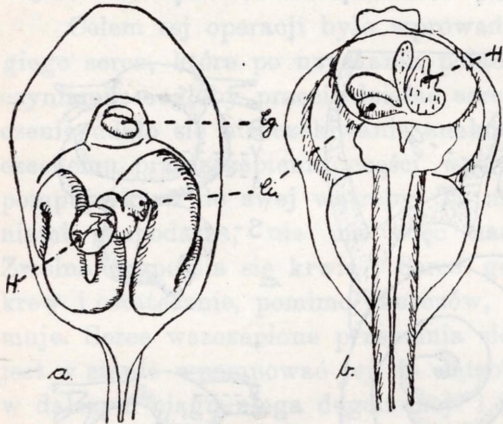
Wszczepienie dodatkowego serca. *a)* *Bombinator pachypus*, normalne serce kijanki 12 mm długiej, *b)* serce gospodarza, któremu wszczepiono serce dodatkowe w stadjum kijanki z pączkującym ogonem, *c)* kijanka 22 mm długa z dodatkowym sercem w tułowiu, *A* — atrium, *B* — bulbus, *Cg* — serce gospodarza, *Ci* — serce wszczepione, *Hg* — wątroba gospodarza, *Hi* — wątroba wszczepiona, *S* — sinus venosus, *V* — ventriculus. (Stöhr 1929).

Wartość rozwojowa różnych części serca.

Z normalnej embriologii wiadomo, skąd bierze się i gdzie się znajduje materiał budowlany przyszłego serca. Ważną rzeczą byłoby sprawdzić, czy cały ten materiał jest przynajmniej początkowo strukturalnie zupełnie obojętny, czy też każda

z jego części ma utworzyć ściśle oznaczony odcinek serca. Wyrażając się technicznie, chodzi o zbadanie mocy prospektywnej zawiązka.

Serce powstaje z dwu zawiązków: prawego i lewego. Gdyby się udało w jakiś sposób nie dopuścić do zrośnięcia się tych



Rys. 6.

Kształt serca wszczepionego. *Bombinator pachypus*. a) Serce w jamie brzusznej, 4 tygodnie po operacji, b) serce w puszcze mózgowej, 4 tygodnie po operacji, Cg — serce gospodarza, Ci — serce wszczepione, H — wątroba wszczepiona.

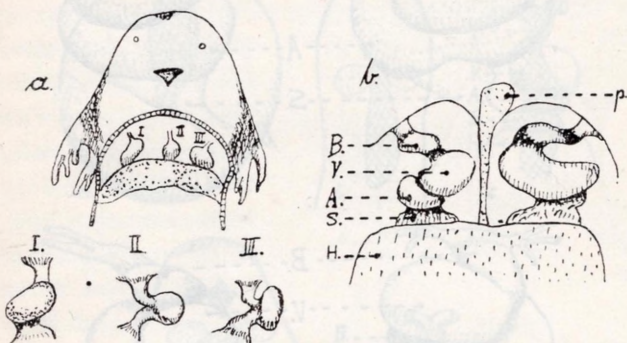
racji zalepiał Gräper otwór w skorupie i jajo wylęgał przez dalsze czterdzieści godzin. Do zrośnięcia zawiązków nie dochodziło i powstawały dwa serca zwyczajnej wielkości.

Ekman (1925) użył do doświadczeń kijanek *Bombinator* z zaznaczonymi rynienkami rdzennymi. Pomiedzy oba zawiązki (rys. 7) serca wszczepiał kawałek prajelita lub jelita skrzelowego z innego zwierzęcia, lecz tego samego wieku i otrzymywał w trzy dni po operacji dwa serca pulsujące i zróżnicowane na główne odcinki. Prawe miało często *situs inversus*. O ile izolacja obu zawiązków nie była dokładna, dwa serca mogły się zrastać przednim lub tylnym końcem. Podobne wyniki otrzymał już poprzednio (1920), używając płytek szklanych jako izolatorów lub wycinając głęboko tkanki między zawiązkami. Serca otrzymane w tych doświadczeniach pulsowały, lecz

dwu połówek, można by się przekonać, czy każda z nich potrafi utworzyć całkowite serce. Pierwsze doświadczenia w tym kierunku wykonał Gräper (1907) na zarodkach kurczęcia. Po odcięciu skorupki jaja wylęganego przez 20 godzin odsłaniał zarodek i na żółtko zakładał dokoła niego pierścien drucziany. Wówczas żelazny promień tego pierścienia naciskał przestrzeń między obu zawiązkami serca. Po ope-

pozostawały w stadium worka i utrzymywały się razem z zarodkami tylko krótko przy życiu.

Szereg powyższych doświadczeń wskazuje na to, że każda połowa zawiązka dać może całkowite serce, mniej lub więcej zbliżone do normalnego. Podobne wyniki otrzymuje się po wycięciu połowy zawiązka. Druga połowa rozwija się dalej i daje całkowite serce, przesuwa się ku linii środkowej ciała (Ekman 1925). Podobne doświadczenia i z tym samym wynikiem zrobił Copenhaver (1926) na kijankach aksolotla.



Rys. 7.

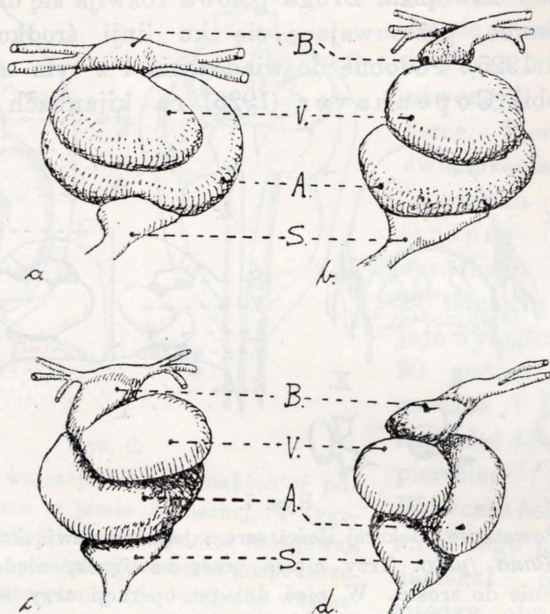
Powstanie większej ilości serc z jednego zawiązka.

a) *Rana fusca*. Trzy cięcia przez zawiązek, niedopuszczenie do zrostu. W pięć dni po operacji trzy serca (Ekman 1920). b) *Bombinator*. Parzyste zawiązki serca przedzielone dużą przegrodą mezodermalną nie zrastają się, lecz każdy z nich tworzy osobne serce (Ekman 1925). A — atrium, B — bulbus, H — wątroba, S — sinus venosus, V — ventriculus.

Stöhr (1927) powtórzył na większą skalę i rozszerzył te operacje na kijankach *Bombinator*. Usuwał on (rys. 8) prawy lub lewy zawiązek serca, po 11—28 dniach powstawało serce złożone z czterech zasadniczych części, funkcjonowało sprawnie, ale poszczególne odcinki nie rozwijały się normalnie, komora przesuwała się w kierunku strony operowanej. Niektórym zarodkom usuwał całkowicie zawiązki serca, a na ich miejsce wszczepiał połowę z innego zwierzęcia. Serce powstawało prawie że normalne, histologicznie nie różniło się od kontrolnego. Wielkość jego po 2—3 tygodniach z trudem wystarczała do obsłużenia zarodka. W podobnych doświadczeniach, wykonanych

na aksolotlach, otrzymywał Stöhr serca funkcjonujące i po 14 dniach bardziej zbliżone do kontrolnego, niż u *Bombinator*.

Z połowy zawiązka serca powstaje w odpowiednich warunkach mniej lub więcej normalnie zbudowane i funkcjonujące serce, czyli że brak normalnej ilości materiału budowlanego

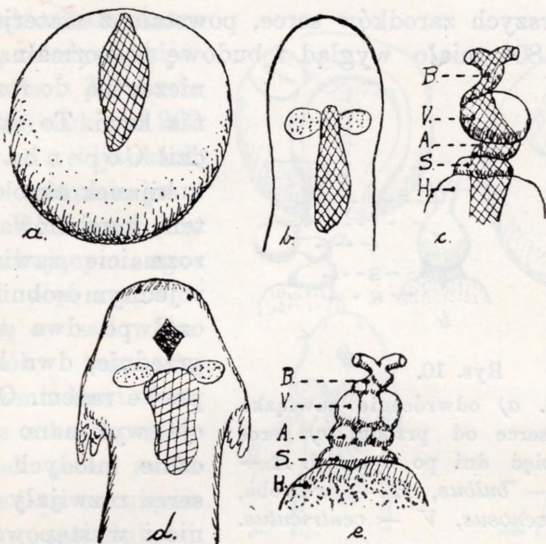


Rys. 8.

Prospektywna moc serca. a) Normalne serce u *Bombinator* 10 mm długości. b) Usunięto cały zawiązek serca i wszczepiono prawy z innego; rysunek z kijanki 33 mm długiej. c) Usunięto lewy zawiązek serca, serce powstaje z prawego; rysunek w 18 dniu po operacji. d) Tkanka sąsiadująca po prawej stronie serca usunięta, 22 dni po operacji. (Stöhr 1927)
 A — atrium, B — bulbus, S — sinus venosus,
 V — ventriculus.

nego nie wpływa hamująco na rozwój organu. Ekman n starał się przekonać, co się stanie, jeżeli tego materiału będzie za dużo. W tym celu wszczepiał kijankom *Bombinator* w stadium bez śladów ogona pomiędzy zawiązki serca jeszcze jeden zawiązek (rys. 9) z innego zarodka tego samego wieku. Dla odróżnienia wszczepionego materiału wybarwiał go uprzednio

błękitem nilowym. Po kilku dniach pulsowało w kijance normalne serce całkowicie niebieskie. Widocznie zawiązki serca gospodarza uległy odkształceniu a zawiązek donatora dał całkowicie organ. Operacja, dokonana u starszych kijanek z pączkującym właśnie ogonem, dawała odmienne wyniki. Powstawało normalnej wielkości serce, ale złożone ze wszystkich trzech zawiązków, co można było poznać po kształcie zewnętrznym.



Rys. 9.

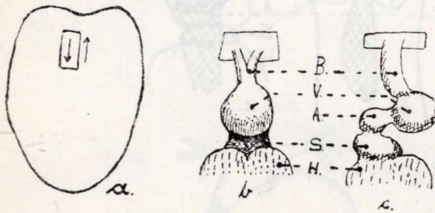
Nadmierna ilość zawiązków serca. *a*) Wszczepienie dodatkowego (trzeciego) zawiązka serca, wybarwionego błękitem nilowym. *b*) 48 godzin po operacji. *c*) 24 godzin później serce pulsujące, powstałe prawie wyłącznie z materiału donatora. *d*) 48 godzin po wszczepieniu trzeciego zawiązka u kijanki starszej niż w „*a*”. *e*) Trzy dni potem. *A* — atrium, *B* — bulbus, *H* — wątrobą, *S* — sinus venosus, *V* — ventriculus.

U tych kijanek zróżnicowanie zawiązków serca gospodarza postąpiło tak daleko, że nie mogły się w rozwoju cofnąć i wzięły udział w tworzeniu serca.

W powyższych doświadczeniach poszczególne części zawiązka dawały te odcinki serca, któreby były w zwyczajnych warunkach wytworzyły, a więc tylny — przedsionek a prze-

dni — komorę. Regulacja rozwojowa polegała na harmonijnem tworzeniu całości z zamałej lub z zawielkiej ilości materiału. Ekmann (1928) zdołał doprowadzić do powstania komory z tylnej części zawiązka a przedsionka z przedniej. W tym celu obracał u kijanek (rys. 10) *Bombinator* o otwartej rynience rdzeniowej zawiązek serca o 180° w kierunku oralno-aboralnym. Serce powstawało normalne, czyli że materiał komorowy dawał przedsionek i naodwrot.

U starszych zarodków serce, powstałe z materiału odwróconego o 180° , miało wygląd i budowę nienormalną, zupełnie



Rys. 10.

Rana fusca. a) odwrócenie zawiązka o 180° b) serce od przodu. c) serce o profilu, pięć dni po operacji. A — atrium, B — bulbus, H — wątrobą, S — sinus venosus, V — ventriculus.

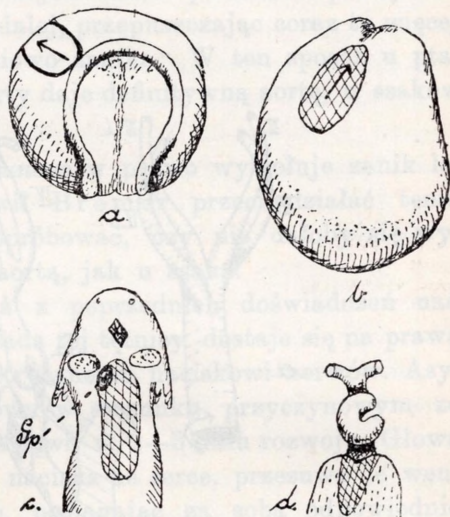
niezdatną do rozprowadzania krwi. To samo stwierdził Copenhafer (1926) u kijanek aksolotla. Autor ten kombinował ponadto rozmaicie zawiązki serca w jednym osobniku. Umieszczał po dwa tylne, dwa przednie, dwa lewe i dwa prawe razem. O ile operacje wykonano u dostatecznie młodych osobników, serca rozwijały się normalnie i występowało normalne krążenie w 50%.

Materiał na serce u młodych kijanek nie posiada jeszcze determinacji na wytworzenie poszczególnych odcinków serca albo jeżeli ją posiada, może ulegć odwróceniu. U starszych determinacja jest już tak silna, że o przeróżnicowaniu materiału niema mowy. Komórki młodszego zawiązka mogą utworzyć dowolny odcinek serca. Utrata tych zdolności u starszych jest funkcją położenia, bo komórki położone bardziej ku tyłowi mogą dać tylko przedsionek, a przednie — tylko komorę. Wyrażenie „różnicowanie zawiązka serca na odcinki jest funkcją położenia“ nie przesądza, czy różnicowanie odbywa się pod wpływem otoczenia, czy też odbywa się w samym zawiązku. W każdym razie nie zależy od prądu krwi, bo jeszcze przed pojawieniem się krążenia materiał komorowy

i przedsionkowy jest już zdeterminowany. Prąd krwi modeluje tylko i powiększa odpowiednio do swej siły odnośne odcinki serca.

Do tej grupy doświadczeń należą badania nad regeneracją serca z sąsiadującej mezodermy. I znowu Ekman (1920) zapoczątkował je. Kijance *Bombinator* w stadium z otwartą rynienką rdzeniową wycinał zawiązki serca. Po kilku dniach serce zregenerowało. Copenhaver (1926) zrobił to samo i z takim samym rezultatem u młodych kijanek aksolotla. Wreszcie Stöhr (1929) wykonał 260 operacji na kijankach *Bombinator* znacznie starszych niż Ekman, bo już z pączkującym ogonem. Tylko pięć zregenerowało serce w zadowalający sposób tak, że istniało krążenie krwi. Z tego widać, że u bardzo młodych kijanek serce może zregenerować po usunięciu zawiązków z sąsiadującej mezodermy. U starszych zdarza się to wyjątkowo, zapewne w tych wypadkach, kiedy po operacji drobne części zawiązka serca pozostały w ranie. Części te razem z otaczającą je mezoderma mogą odtworzyć całkowity organ.

Serce może powstać nawet z dość odległych odcinków mezodermy. Ekman (1925) np. wszczepiał na miejsce serca zawiązek przyszłego jelita skrzelowego (rys. 11) razem z przylegającą ektoderma. Implantat, wybarwiony błękitem nilowym, wytwarzał serce pulsujące. Wprawdzie błękitu w samym sercu nie było, lecz ślady jego zostały w przylegającej wątrobie.



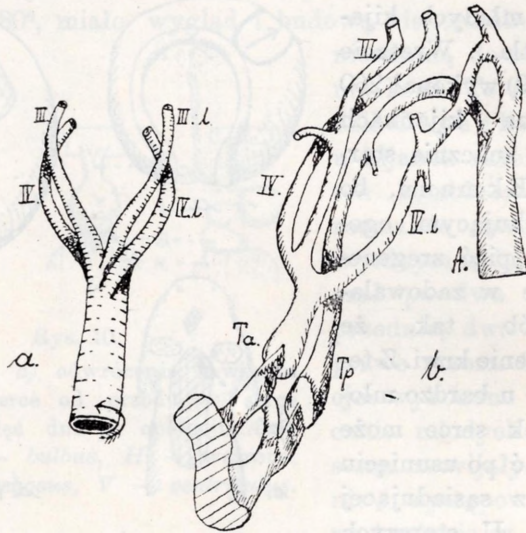
Rys. 11.

Heteroplastyczna regeneracja serca. a) Zawiązek przyszłego jelita skrzelowego wycięty. b) Po wybarwieniu wszczepiony na miejsce przyszłego serca. c) W dwa dni po operacji; w skórze widoczny gruczoł przyłgowy odcinka skrzelowego — *Gp.* d) Błękit ze serca znikł, lecz pozostał w wątrobie.

Fakt ten przemawia za tem, że materiał wszczepiony pozostał w linii środkowej ciała, nie uległ przesunięciu na boki i że z niego powstało serce.

Łuk aorty.

Przednia część serca: *bulbus* razem z *truncus arteriosus communis* i łukami aorty ulegają podczas rozwoju wielkim zmianom. Mianowicie *bulbus* i *truncus* dzielą się na dwa podłużne pnie



Rys. 12.

Łuki aorty. a) Przednia część serca kurcząc się z III i IV łukiem aorty. Strzałka oznacza kierunek skreću *bulbus* i *truncus*. b) Rekonstrukcja światła przedniej części serca i łuków aorty 5 dni po operacji. IV lewy łuk tworzy aortę definitywną, IV prawy zwraca się ku głowie. Ta — *Truncus aorticus*, Tp — *Truncus pulmonalis*, A — *Aorta dorsalis*, III—IV łuk aorty, l — strona lewa.

(Bremer 1928).

truncus aorticus i *truncus pulmonalis*, równocześnie niektóre z łuków aorty zanikają całkowicie lub częściowo, a inne rozwijają się w silne naczynia.

U kurczenia proces ten odbywa się w ten sposób, że serce obsuwa się w związku z długą szyją daleko ku tyłowi, przy-

czem łuki aorty wydłużają się, a trzeci i czwarty z nich dostają się do jamy osierdziejowej. Tutaj mogą podlegać dolne ich końce wpływowi rotacji przylegających odcinków serca. Górna część serca skręca się z lewa na prawo (rys. 12a), przyczem pociąga za sobą czwartą parę łuków aorty. Lewy z nich przechodzi na brzuszną stronę *truncus* i w swej nasadzie wygina się pod ostrym kątem. Prawy natomiast przechodzi na stronę grzbietową i leży w bezpośrednim przedłużeniu kierunku prądu krwi. Dzięki temu uprzywilejowanemu położeniu prawy łuk aorty (czwarty) rozwija się dalej, przepuszczając coraz to więcej krwi, natomiast lewy stopniowo zanika. W ten sposób u ptaków prawy czwarty łuk aorty daje definitywną aortę, u ssaków obejmuje tę funkcję piąty.

Wiedząc, że skręt *truncus* w prawo wywołuje zanik lewego łuku aorty, postanowił Bremer przeciwdziałać temu skrętowi w jakiś sposób i spróbować, czy nie dałoby się wyhodować kurczęcia z lewą aortą, jak u ssaka.

Bremer wiedział już z poprzednich doświadczeń nad rozwojem *a. coeliaca*, że nasada tej tętnicy dostaje się na prawą stronę aorty dzięki niesymetrycznemu naciskowi nerwów. Asymetria nerwów zostaje znowu w stosunku przyczynowym ze skrętem głowy kurczęcia na lewo w 2—3 dniu rozwoju. Głowa obraca się bowiem na lewo, naciska na serce, przesuwa je wentralnie i skręca na prawo, pociągając za sobą odpowiednie zawiązki nerwów.

Doświadczenie powinno być skierowane w tym kierunku, aby utrzymać głowę kurczęcia w symetrycznym ułożeniu. To zapobiegnie skrętowi *bulbus* i *truncus* a w dalszym ciągu zanikowi lewego łuku aorty. W tym celu Bremer przeciął u kurczęcia, wysiadywanego przez 30 godzin, *membrana vitellina* ponad sercem i głową daleko ku przodowi. Dzięki temu cięciu głowa znalazła się między brzegami *membrana vitellina* i wkrótce wyszła ponad nią. Po zalepieniu skorupy jajo wygrzewano pięć dni. Kurczę rozwijało się zadowolająco. Serce miało (rys. 12b) *situs inversus*: prawa komora leżała na lewo od lewej, lewy przedsionek wentralnie i kaudalnie od prawego. Dzięki przemieszczeniu komór proksymalny odcinek *truncus* skręcił się w lewo, anulując zupełnie a nawet pobijając jego normalny skręt w prawo. Dzięki temu lewy (czwarty) łuk aorty znalazł się w uprzywi-

lejewaniem położeniu i utrzymał się jako definitywny łuk aorty, natomiast prawy utworzył gałąź do *a. carotis d.*, czyli że wystąpiły podobne stosunki jak u ssaków.

Pulsowanie serca.

Z wielu opisanych powyżej doświadczeń wiadomo, że zdolność pulsowania jest właściwością samego serca i że tkwi w materiale na serce w bardzo młodych stadiach rozwojowych. Przy hodowli (Olivo 1928, Ekman 1929) eksplantowanego zawiązka serca skurcze pojawiają się po kilku dniach i trwają tem dłużej, im starszy zarodek dostarczył tkanek. Czyli że w zawiązkach zdolność pulsowania jest zdeterminowana, jednakże u młodych zarodków determinacja jest słabsza, bo w kulturze wyczerpuje się wcześniej i skurcze ustają.

Serce rozwinięte z eksplantatu, hodowanego w otoczce ektodermalnej (Stöhr 1924), pulsowało w drugim tygodniu 48—80 razy na minutę. Szybkość tętna wahała się podczas dnia o 30 skurczów. W silnym świetle podnosiła się do 100 razy na minutę. Serce eksplantowane w porównaniu ze sercem zregenerowanym w tym samym zarodku, z którego wycięto zawiązek, pulsowało znacznie wolniej. Widocznie w zarodku mieszczą się jakieś czynniki, przyspieszające tętno serca; mogą to być hormony, prąd krwi lub nerwy.

Ekman (1920) wycinał środek serca w stadium prostej rurki. Pozostałe części tworzyły: dogłowowa *bulbus* i komorę, doogonowa zatokę żylną i część przedsionka. Oba te kawałki serca, niezrośnięte ze sobą, pulsowały niezależnie od siebie, przyczem tętno zatoki i przedsionka było dwa razy szybsze. Widocznie dopiero serce jako całość uzgodnia i reguluje skurcze wszystkich odcinków.

Po wszczepieniu kijance *Bombinator* drugiego serca (Stöhr 1924) okazało się, że tętno obu serc, zresztą regularne, różniło się od siebie ilością uderzeń. Różne bodźce, np. podwyższenie temperatury, działały równomiernie na oba serca — tętno przyspieszało się w obu. Tak samo zachowywały się serca, wszczepiane dorosłym traszkom i kumakom przez Weissa (1927). W obu wypadkach wszczepione serce przynosiło ze sobą swe indywidualne tętno i utrzymywało je w ciele gospodarza. Inne wyjaśnienie — mianowicie, że tętno serca regulują

nerwy, a te do wszczepionego serca nie dochodzą — upada wobec doświadczeń Copenhavera (1927).

Autor ten miał do dyspozycji dwa zwierzęta *Amblystoma tigrinum*, dochodzące do 30 cm długości, i *A. punctatum* o połowę mniejsze, lecz o sercu pulsującym znacznie szybciej. Zarodkom tych zwierząt w stadium pączkującego ogona wymieniał zawiązki serc. W wypadku *A. tigrinum* o sercu z *A. punctatum* rozwój serca odbywał się powoli, wreszcie serce, zbyt małe w stosunku do ciała zarodka, nie było w stanie odżywiać go należycie i następowała śmierć. W przeciwnej kombinacji (serce z *A. tigrinum*) serce rosło szybciej niż u kontrolnych. W stadium zużytego żółtka przewyższało wielkością normalne, w 6 tygodniach było dwa razy większe. Później aż do metamorfozy różnica ta stopniowo malała. Z operowanych w ten sposób kijanek, 28 żyło aż do ustalenia krążenia krwi, a 9 do metamorfozy.

<i>Amblystoma punctatum</i> . .	70	65	69	68	66	68	68	tętno na minutę
<i>A. p.</i> i serce <i>A. tigrinum</i> .	57	51	49	49	50	51	51	
<i>A. tigrinum</i>	58	50	51	48	49	45	45	
	10	20	30	40	50	60	70	ilość dni

W załączonej tablicy zestawiono tętna serc zwierząt kontrolnych z tętnem zwierzęcia, operowanego w okresie pierwszych 70 dni od rozpoczęcia krążenia krwi. Liczby wskazują, że puls serca wszczepionego zbliża się bardziej do tętna donatora niż gospodarza, czyli że serce to utrzymuje pewną indywidualność i niezależność od gospodarza. Ale i gospodarz może wywrzeć pewien wpływ na tętno wszczepionego serca za pośrednictwem nerwów. Pilokarpina zmniejsza ilość skurczów, a atropina powraca je do normy.

Pulsowanie serca jest rzeczą bardzo skomplikowaną. Sama zdolność kurczenia się tkwi w komórkach sercowych. Serce jako całość uzgodnia skurcz komórek różnych jego odcinków i wytwarza tętno różne dla różnych osobników tego samego gatunku. Tętno jako cecha indywidualna danego serca może ulegać różnym wpływom organizmu.

Powyższe doświadczenia nie rozwiązują wyczerpujące mechaniki rozwojowej serca, w każdym jednak razie rzucają dużo światła na ten proces. W związku z preformacją i epigenezą stwierdzić należy, że serce w zarodku jest preformowane bardzo wcześnie, w rozwoju jednak występują zjawiska epigenetyczne. Granicy, między tem co powstało na jednej, a co na drugiej drodze, przeprowadzić się nie da. Dwie te teorie, dawniej skrajne antytezy, na warsztacie eksperymentu zbliżają się do siebie, sprzeczności między nimi zacierają się. Odnosi się wrażenie, że w miarę nowych doświadczeń mechanika rozwojowa wyeliminuje z nauki pojęcie epigenезы i preformacji jako coś czysto spekulatywnego, nieralnego, podobnie jak mendelizm uporał się z atawizmem.

Z Instytutu anatomji porównawczej Uniwersytetu Jagiellońskiego.

LITERATURA.

1. Beneke R. Über Herzbildung und Herzmisbildung als Funktionen primärer Blutstromformen. Ziegler's Archiv. 67. 1920.
2. Bremer J. L. Experiments on the aortic arches in the chick. Anat. Record 1928. 37.
3. Copenhaver W. M. Experiments on the development of the heart of *Amblystoma punctatum*. Journ. Exper. Zoology 1926. 43.
4. Results of heteroplastic transplantations of the heart rudiment in *Amblystoma* embryos. *Proceed. National Acad. Science* 1927. 13.
5. Ekman G. Experimentelle Beiträge zur Entwicklung des Bombinator Herzens. *Översikt Finska Vetenskap Societ. Förhandlingar* 1920. 63.
6. Ekman G. Experimentelle Beiträge zur Herzentwicklung der Amphibien. *Roux's Archiv*. 1925. 106.
7. Ekman G. Experimentelle Untersuchungen über die früheste Herzentwicklung bei *Rana fusca*. *ibidem* 1929. 116.
8. Goertler. Die Bedeutung der ventrolateralen Mesodermbezirke für die Herzanlage der Amphibienkeime. *Verhandl. Anatom. Gesellsch.* 1928. 66.
9. Gräper L. Untersuchungen über die Herzbildung der Vögel. *Roux's Archiv*. 1907. 24.
10. Levy O. Entwicklungsmechanische Studien am Embryo von *Triton taeniatus*. *ibidem* 1906. 20.
11. Meyer R. Die ursächlichen Beziehungen zwischen dem Situs viscerum und Situs cordis. *ibidem* 1913. 37.
12. Olivo O. M. Über die frühzeitige Determinierung der Herzanlage beim Hühnerembryo und deren histologische und physio-

logische Differenzierung „in vitro“. Verhandl. Anatom. Gesellsch. 1928. 66.

13. Pressler K. Beobachtungen und Versuche über den normalen und inversen Situs viscerum et cordis bei Anurenlarven. Roux's Archiv. 32. 1911.

14. Spitzer A. Über die Ursachen und den Mechanismus der Zweiteilung des Wirbeltierherzens. ibidem 1919. 45.

15. Stöhr Ph. Experimentelle Studien an embryonalen Amphibienherzen. I. Über Explantation embryonaler Amphibienherzen. ibidem 1924. 102.

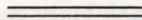
16. Stöhr Ph. II. Über Transplantation embryonaler Amphibienherzen. ibidem 1924. 103.

17. Stöhr Ph. III. Über die Entstehung der Herzform. ibidem 1924. 106.

18. Stöhr Ph. Experimentelle Studien an embryonalen Amphibienherzen. IV. ibidem 1927. 112.

19. Stöhr Ph. Zur embryonalen Herztransplantation. ibidem 1929. 116.

20. Weiss P. Herztransplantationen an erwachsenen Amphibien. Pflüger's Archiv. 1927. 217.



1. ... w ...

2. ...

3. ...

4. ...

5. ...

6. ...

7. ...

8. ...

9. ...

10. ...

11. ...

12. ...

13. ...

14. ...

15. ...

16. ...

17. ...

18. ...

19. ...

20. ...

21. ...

22. ...

23. ...

24. ...

25. ...

26. ...

27. ...

28. ...

29. ...

30. ...

31. ...

32. ...

33. ...

34. ...

35. ...

36. ...

37. ...

38. ...

39. ...

40. ...

41. ...

42. ...

43. ...

44. ...

45. ...

46. ...

47. ...

48. ...

49. ...

50. ...

51. ...

52. ...

53. ...

54. ...

55. ...

56. ...

57. ...

58. ...

59. ...

60. ...

61. ...

62. ...

63. ...

64. ...

65. ...

66. ...

67. ...

68. ...

69. ...

70. ...

71. ...

72. ...

73. ...

74. ...

75. ...

76. ...

77. ...

78. ...

79. ...

80. ...

81. ...

82. ...

83. ...

84. ...

85. ...

86. ...

87. ...

88. ...

89. ...

90. ...

91. ...

92. ...

93. ...

94. ...

95. ...

96. ...

97. ...

98. ...

99. ...

100. ...

KAZIMIERZ WODZICKI

Pochodzenie ptaków

Wykład habilitacyjny wygłoszony na Wydziale Rolniczym Uniwersytetu Jagiellońskiego dnia 1 marca 1930 r.

Ptaki stanowią grupę zwierząt kręgowych wysoko i nader jednolicie wyspecjalizowaną. Niemniej mimo tej często krańcowej specjalizacji istnieje, jak to już dawno słusznie pierwszy podkreślił Huxley, bliskie pokrewieństwo z gadami i mimo wybitnych różnic pod względem morfologicznym i budowy łączymy je wraz z gadami w wspólną grupę gadokształtnych (*Sauropsida*). Dlatego też, rozpatrując pochodzenie ptaków, często sięgać musimy do grupy gadów i w tej grupie tak bogatej w formy, szczególnie w epokach ubiegłych, szukać najbliższych przodków ptaków.

Do najważniejszych i najbardziej w oczy rzucających się cech właściwych ptakom zaliczymy upierzenie. Obecność piór u ptaków, które z małymi wyjątkami pokrywają ciało tych zwierząt, łączy się z krańcowym, najbardziej doskonałym przystosowaniem się do krótszego lub dłuższego przebywania w powietrzu. Obie te cechy stanowią tak ważną wspólną cechę dla ptaków, że wymagają dłuższego omówienia, tem bardziej, że stanowiły one punkt wyjściowy dla całego szeregu innych cech, ważnych ze względów anatomicznych i fizjologicznych, jak budowa kośćca, ciepłokrwistość, sposób rozmnażania się i szereg innych właściwości ptaków.

Pióra wyprowadzamy bądź wprost od zmodyfikowanych łusek skórnych gadów, bądź też, jak chcą tego inni autorzy,

(Franz 1924), od ziarn rogowych w skórze gadów. Wedle pierwszej, naogół przyjmowanej hipotezy podobieństwo rozwoju pióra z łuski polega na identycznych pierwszych stadjach rozwojowych: podobnie jak przy rozwoju łusek, powstaje tu brodawkowata wyniosłość skóry właściwej, pokryta naskórkiem i pochyłona cokolwiek ku tyłowi. W dalszych stadjach rozwojowych zachodzą pomiędzy rozwojem obu tworów różnice, gdyż zwykle łuski gadów są dorsoventralnie spłaszczone, a zawiązki piór przybierają kształt cylindryczny, tak charakterystyczny dla pióra, i rogowacieją naokoło brodawki, a nie jedynie po zewnętrznej stronie, jak to ma miejsce w typowych łuskach gadów. Franz nie uważa łusek gadów jako formy pierwotnej piór, lecz wyprowadza oba twory od ziarn rogowych w skórze. Te ziarna rogowy, zagłębiając się w głąb skóry i wydłużając się, przybierają kształt czopka, z którego dopiero powstaje pióro, jako utwór czysto rogowy. Zresztą cały dalszy rozwój pióra odbiega znacznie od rozwoju łusek gadów: zawiązki piór w sposób dla nich charakterystyczny wnikają głęboko w corium, skutkiem czego pióro jest osadzone w woreczku skórnym, zwanym pęcherzykiem pióra i przez to mocno do skóry przytwierdzone.

Z dalszych momentów nadzwyczaj ważnych dla zrozumienia powstania upierzenia, a stąd też pośrednio dla poznania pochodzenia ptaków, jest fakt istnienia dwóch etapów rozwoju piór współczesnych ptaków. Jak wiadomo, u zarodków i piskląt nie spotykamy zazwyczaj wcale piór w formie definitywnej, lecz tylko puch, a pióra definitywne pojawiają się dopiero z czasem. W myśl praw biogenetycznych pojawienie się najpierw tego upierzenia zarodkowego czyli neoptile, uzupełnionego znacznie później przez upierzenie definitywne czyli teleoptile dowodzi, iż pierwotnym upierzeniem ptaków, które najpierw się pojawiło, było właśnie neoptile. Zadaniem puchu u obecnie żyjących ptaków jest przede wszystkim ochrona cieplna. Przypuszczać tedy należy, że u przodków ptaków istniało jedynie neoptile jako forma pierwotna piór i jak u piskląt obecnie żyjących ptaków służyło jedynie w celu ochrony cieplnej. Jest oczywiste, że konieczność ochrony cieplnej zaistnieć musiała w jakichś specjalnych warunkach życia, wymagających intensywniejszej ochrony cieplnej. Godzi

się to bardzo dobrze z przypuszczeniem, że przodków ptaków szukać musimy pośród gadów, które obrały sobie takie środowisko, wymagające pewnych zmian w budowie anatomicznej, a co jeszcze ważniejsze, miały trudności ze znalezieniem ochrony cieplnej i musiały specjalnie się do tych zmienionych warunków życia przystosować. Warunki takie musiały zaistnieć z chwilą przejścia najbliższych przodków ptaków z życia ziemnego w nadrzewne, gdzie o schronienie się przed zimnem było znacznie trudniej, niż na ziemi. W tych warunkach powstanie narazie skąpego upierzenia, choćby w postaci neoptile, było już poważną korzyścią. Wydaje się bardzo prawdopodobnym, że ta początkowo mała korzyść, jaką było skąpe upierzenie przodków ptaków, było początkiem rozwoju dalszych, jak znacznie lepszej ochrony cieplnej z chwilą powstania teleoptile oraz stojąca w bezpośrednim związku z pojawieniem się upierzenia, zdolność do lotu, która w miarę swojego rozwoju odegrała tak wielką rolę w historii drzewa rodowego ptaków i pozwoliła zająć im tak wyspecjalizowane stanowisko pośród zwierząt kręgowych.

Bliskie pokrewieństwo ptaków i gadów nie ulega dziś żadnej wątpliwości. Natomiast w odnośnej literaturze nie są dotąd uzgodnione poglądy, na jakiej drodze nastąpiło odszczępienie się drzewa rodowego ptaków od grupy gadów i w której grupie szukać należy przodków ptaków. Jedni autorowie, jak Huxley (1868, 1870), Baur (1885) i Osborn, wyprowadzają ptaki wprost od dinosaurjów. Inni badacze, jak Zittel (1890) i Abel (1911, 1919), uważają, iż aczkolwiek istnieje bliskie pokrewieństwo pomiędzy dinosaurjami a ptakami, tem niemniej nie można mówić o pochodzeniu jednych od drugich, lecz zdaniem tych autorów mówić raczej powinno się o jakimś wspólnym przodku dla obu grup zwierząt. Zgodnie upatrują oni tego wspólnego przodka w pseudosuchjach. Jak wiadomo, są to gady kopalne, z których oprócz dinosaurjów wywodzą się krokodyle i ptaki. Bardziej jeszcze rozbieżne są zdania na temat pochodzenia i sposobu nabycia zdolności latania, cechy najbardziej wyspecjalizowanej i odróżniającej wybitnie ptaki od innych grup kręgowców. Większość autorów przypuszcza, iż bezpośredni przodkowie ptaków prowadzili życie nadrzewne. W przeciwieństwie do tych autorów spotykamy się ze zdaniem (Nopsca, Versluys), które upatruje przodków

ptaków w małych, na ziemi żyjących i szybko biegających dinosaurjach. Autorowie ci przypuszczają, że upierzenie i zdolność do lotu wystąpiły, jako przystosowanie się do szybkiego biegu na ziemi.

Nim przejdę do rozstrzygnięcia tego zagadnienia, należałoby zdaniem mojem zapoznać się bliżej ze sprawą lotu wogóle, który w rozwoju ptaków odegrał tak ważną rolę i dziś jeszcze u większości ptaków tak ważnym jest czynnikiem. Pod słowem lot rozumiemy w życiu potocznem zazwyczaj jedynie czynny ruch w powietrzu. Pojęcie to nie jest słuszne, gdyż jak to odnośne badania wykazały, trudno przeprowadzić dokładną granicę pomiędzy lotem czynnym, a biernym. Zatem pod słowem lot rozumieć będziemy najrozmaitsze formy tego idealnie najdoskonalszego sposobu poruszania się, jaki mogą osiągnąć zwierzęta lądowe. Jak zaś ważną rolę odgrywa w świecie zwierzęcym sztuka latania, dowodzi fakt, że więcej niż połowa zwierząt jest wyposażona w najrozmaitsze aparaty lotnicze. Jeśli przyjmiemy liczbę dotąd znanych form zwierzęcych na jakie 450.000 gatunków, to bliższa analiza pod tym względem okaże, iż pośród nich znajduje się około 280.000 gatunków samych owadów, obok skromniejszej ilości 14.000 gatunków ptaków i 600 gatunków nietoperzy (Döderlein 1901), które w dzisiejszym swoim stanie posiadają rozmaicie wykształcone aparaty do latania, bądź też obecność ich da się filogenetycznie wykazać. Jasne jest, że zdolność do lotu występuje w doskonałej formie jedynie u pewnych grup zwierzęcych, a więc przede wszystkim u owadów, a ze zwierząt kręgowych u gadów kopalnych, u ptaków i ze zwierząt ssących u nietoperzy. U tych wszystkich grup zdolność do lotu występuje w postaci lotu czynnego w odróżnieniu od pozostałych, u których spotykamy się ze zjawiskiem lotu głównie biernego. I tak u ryb spotykamy się z lotem latawcowym, u płazów, gadów współczesnych i ssaków współczesnych i kopalnych głównie z lotem spadochronowym, a więc formą lotu, określaną jako lot bierny. Polega on głównie na zapobieganiu uszkodzenia organizmu zwierzęcia z chwilą, gdy zwierzę zostanie nagle zmuszone do opuszczenia drzewa, bądź to z powodu zbliżania się wroga lub innych mechanicznych powodów, bądź też z powodu

konieczności przeniesienia się w dalsze strony celem znalezienia pokarmu.

Przypatrzmy się z kolei, jak rozwinął się lot u zwierząt. Do największej doskonałości dochodzi zdolność do latania u owadów, które posiadają też największą różnorodność pod względem najrozmaitszych przystosowań i form lotu. U owadów spotykamy się też z najrozmaitszemi przystosowaniami do życia nadrzewnego. Najdoskonalszą formą tych przystosowań jest zdolność do latania, obok szeregu innych, jak narządy czepne lub adhezyjne (Siedlecki 1918). Zdaniem Siedleckiego przejście z życia naziemnego w nadrzewne zostało spowodowane potężnym rozwojem drzew w związku z warunkami klimatycznymi, skutkiem czego znaczna ilość form zwierzęcych, nie mogąc przystosować się do zmienionych warunków bytu, przeniosła się na drzewa i wykształciła czasem najrozmaitsze charakterystyczne narządy, a przedewszystkiem zdolność do lotu. Istnieje zatem u owadów ścisła łączność pomiędzy przejściem z życia naziemnego w nadrzewne a wykształceniem początkowo prymitywnych narządów, służących na razie do lotu spadochronowego lub żeglującego, później bardziej skomplikowanych aparatów lotniczych.

Zobaczymy teraz, na jakiej drodze rozwijała się zdolność do lotu u innych zwierząt, a przedewszystkiem kręgowych. Przy bliższem zbadaniu tej sprawy okazuje się, iż poza rybami, u których ze względu na specyficzne warunki bytu lot rozwinął się na innej drodze i przybrał inne formy, u większości kręgowców spotykamy się z lotem spadochronowym. U wszystkich tych zwierząt, jak n. p. u *Racophorus* z pośród płazów, *Draco* i *Ptychozoon* z gadów, *Sciuropterus* i *Anomalurus* z pośród ssaków lot rozwinął się jako przystosowanie się do życia nadrzewnego. Zwierzęta te przystosowały się do życia nadrzewnego przez powstanie specjalnych narządów w postaci rozszerzonych błon płynnych lub obszernych fałdów skórnych (*patagia*) w połączeniu z rozwojem nóg skocznych, tak że ich lot to są dalekie skoki (Siedlecki). Jak widzimy także u zwierząt kręgowych w większości przypadków lot wystąpił jako przystosowanie się do życia nadrzewnego.

Zdolność do lotu u ptaków stoi w porównaniu do innych zwierząt kręgowych na ogromnej wyżynie, do której zbliżają

się jedynie w przybliżeniu niektóre inne zwierzęta kręgowce, jak gady kopalne (*Pterodactylus*, *Pteranodon*) i nietoperze. Można powiedzieć, że zdolność do lotu poza owadami doszła u ptaków do największej doskonałości w świecie zwierzęcym i stanowi dominującą ich cechę. Ptaki odznaczają się największą różnorodnością form mechaniki lotu, a u form, które współcześnie nie posiadają zdolności do lotu, własność tę należy uważać za wtórną. W szczególności u ptaków możemy wyróżnić następujące typy mechaniki lotu: lot fruwający (*Alcedo*), żeglujący (*Gypaëtus*), ślizgowy (*Diomedea*), wreszcie lot brzęczący (*Trochilus*).

W okresie lodowym, gdy w krajach strefy umiarkowanej warunki bytu wybitnie się pogorszyły, rozpoczęły się wędrówki ptaków. Są one, jak to słusznie zauważa Lu can us, najbardziej doskonałym objawem wędrówek, spotykanych zresztą i w innych grupach zwierzęcych. Zczasem wędrówki te, spowodowane złymi warunkami bytu, stały się u ogromnej ilości ptaków zamieszkujących strefę umiarkowaną własnością dziedziczną, zmuszającą je do okresowych wędrówek wzdłuż odwiecznych szlaków, mimo iż warunki klimatyczne, które tę skłonność do wędrówek wyzwołyły, uległy częstokroć daleko idącej zmianie.

Spróbujmy teraz na podstawie rozwoju zdolności do lotu wniknąć w pochodzenie ptaków. Do niedawna jedynym przedstawicielem form pośrednich pomiędzy gadami a ptakami, a zarazem ogniwem łączącym te dwie grupy zwierząt był p r a p t a k *Archaeopteryx*. Tymczasem w ostatnich latach przybyła nowa forma bardzo pierwotnego ptaka. W wapiennych warstwach górnej jury, w tych samych okolicach Solnhofen w Bawarii, które dały nam w zeszłym stuleciu szczątki *Archaeopteryx*, opisał Ja e c k e l (1929) szereg dobrze zachowanych śladów, które przypisuje nowej, bardzo pierwotnej formie ptasiej. Na podstawie dokładnej analizy tych śladów, opisał Ja e c k e l formę tę, jako nowy gatunek grupy *Saururae* — *Protornis bavarica* Ja e c k e l.

Jest rzeczą ciekawą, iż wszystkie późniejsze wykopaliska ptaków mają dla ustalenia filogenji tej grupy zwierząt tylko niewielkie znaczenie: są one naogół skąpe i prawie bez wyjątku wykazują formy niemal w zupełności podobne do współczesnych. Przypuszczać należy, iż rozwój drzewa filogenetycznego ptaków

odbywał się nadzwyczaj szybko. Stąd też materiał kopalny, służący za podstawę do rozważań w tym względzie, jest nadzwyczaj skąpy i poza nim oprzeć się musi głównie na podstawach anatomiczno-porównawczych.

Obie formy kopalne scharakteryzować można w krótkości, jak następuje. Znaleźiska szczątków *Archaeopteryx* są skąpe, ale względnie dobrze zachowane, tak że można było na ich podstawie stosunkowo dobrze odtworzyć budowę *Archaeopteryx*¹⁾: w r. 1861 znaleziono najpierw pióro, które H. Meyer opisał jako *Archaeopteryx lithographica*, w tym samym roku znaleziono w tej samej okolicy Solnhofen w Bawarii stosunkowo dobrze zachowany egzemplarz tego samego gatunku, wreszcie trzeci okaz znaleziono w tych samych warstwach wapiennych górnio-jurajskich w okolicach Eichstädt. Egzemplarz ze Solnhofen wielkości kury znajduje się w Londynie, egzemplarz z Eistädt pod nazwą *Archaeopteryx siemensii* Dames był wielkości gołębia i znajduje się dziś w muzeum w Berlinie. Ostatnio Br. Petroniewicz poddał londyński okaz nowym, dokładnym badaniom, na których podstawie wyróżnia go jako osobny rodzaj *Archaeornis*.

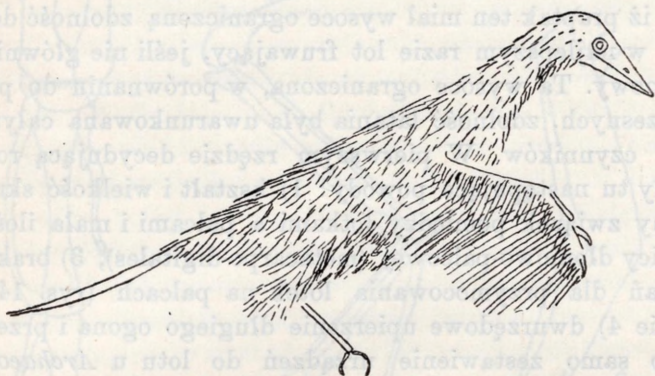
Praptaka można scharakteryzować w sposób następujący. Z cech, zbliżających go do gadów, należy w pierwszym rzędzie wymienić następujące ważniejsze cechy: szczęki uzębione, szparę oczodołową niezupełnie oddzieloną od oczodołu (podobnie jak u współczesnych papug), kręgi szyjne i grzbietowe są dwuwklęsłe, a cała partja kręgów grzbietowych jest niezrośnięta w t. zw. notarium. Na szyi spotykamy wolne żebra szyjne, a według wszelkiego prawdopodobieństwa także same były żebra piersiowe, bez charakterystycznych dla ptaków współczesnych *processus uncinnati*. Kości biodrowe są wyraźnie rozdzielone, spojenie łonowe istnieje. Z innych cech, zbliżających praptaka do gadów, należy jeszcze wymienić podobną budowę kończyny przedniej, zakończonej pazurami oraz brak pneumatyczności kości. Wreszcie budowa ogona, złożonego z wielu kręgów, podobnego do ogona pseudosuchjów, dała początek nazwie całej tej grupy praptaków — *Saururac*.

¹⁾ Nie podaję reprodukcji odlewów *Archaeopteryx*, gdyż znaleźć je można w każdym podręczniku paleontologii lub anatomji porównawczej.

Z drugiej strony badania anatomiczne nad szczątkami obu gatunków praptaka wykazały cały szereg cech, zbliżających praptaka do ptaków współczesnych. Są nimi: zrośnięcie kości czaszki o dużej puszcze mózgowej, długa, wąska łopatką, krótka i szeroka kość krucza, utworzenie widełek przez zrośnięte obojczyki oraz skierowanie kości łonowych ku tyłowi. Daleko posunięte zmiany w stosunku do gadów przedstawia kośćiec kończyn. W kończynie tylnej istnieje już zrost kości goleniowej z kostkami stępu oraz „skok“, powstały przez zrost kości stopowych. Wreszcie obecność upierzenia i przekształcenia kończyny przedniej w funkcjonujące skrzydło stanowi może najbardziej kardynalną cechę, zbliżającą praptaka do ptaków dzisiejszych.

Oprócz obu ptaków, należących do rodziny *Archaeopterygidae*, znamy jeszcze jednego przedstawiciela ptaków kopalnych z tej samej w przybliżeniu epoki, co *Archaeopteryx*. Jest nim opisany przez Jaeckela *Protornis bavarica*. Pochodzi on również z wapiennych warstw górnej jury ze Solnhofen. Znaleźisko to jest bardzo szczupłe, gdyż ogranicza się do 6 par dobrze zachowanych śladów formy, nadzwyczaj zbliżonej do ptaków. Jedyłą wskazówką, która Jaeckelowi posłużyła do opisu *Protornis*, jest budowa odnóży, podobnych do ptaków, z trzema palcami skierowanymi ku przodowi i jednym palcem (hallux) skierowanym ku tyłowi. Z kształtu tych śladów wynika, że forma ta poruszała się na ziemi w sposób skaczący. Z ustalenia i przypuszczalnej budowy palców wnosić można o nadrzewnym sposobie życia tego zwierzęcia, a obecność dodatkowych śladów ogona i szczecin, które miały pokrywać ciało *Protornis* pomiędzy odciskami stóp potwierdzają zdaniem Jaeckela przypuszczenie, że mamy do czynienia z formą pierwotną ptaków. Ślad ogona przedstawia się w postaci przerywanej linii biegnącej w pośrodku pomiędzy śladami stóp. Wynikałoby z niego, że ogon opisywanej formy był jaszczurkowaty, spiczasty, biczowato zakończony, a przy poruszaniu się zwierzęcia opierał się od czasu do czasu o ziemię. W każdym razie można przypuszczać, iż nie był on pokryty ani piórami, ani szczecinami, które z kolei prawdopodobnie pokrywały całe ciało, a przynajmniej przedudzia. Na to znów wskazują ślady pomiędzy odciskami stóp, które zdaniem Jaeckela w żadnym razie nie mogą po-

chodzić od piór, a tylko od szczecin. Sądząc z wielkości śladów, *Protornis* musiał być zwierzęciem znacznie mniejszem od *Archaeopteryx*, co najwyżej wielkości kosa. Sprawa obecności szczecin u tej formy jest nadzwyczaj ciekawa ze względów anatomiczno-porównawczych, gdyż może rzucić zupełnie nowe światło i zmienić istniejące poglądy na pochodzenie i rozwój piór: pomiędzy łuskami gadów a piórami ptaków istniałoby zatem pośrednie stadium szczecin, pokrywających ciało przodków ptaków. Że proces ten mógł rzeczywiście może mieć miejsce, dowodziłby fakt znalezienia przez F. Broiliego u jednego



Rys. 13.

Protornis bavarica Ja e c k e l. Schematyczny rysunek, zestawiony przez Ja e c k l a (1929), przedstawiający hipotetyczny wygląd zewnętrzny tego ptaka kopalnego na podstawie zachowanych śladów. Należy zwrócić uwagę na szczecinowate pokrycie przedudzi i biczowaty ogon, które pozostawiły ślady na znalezisku.

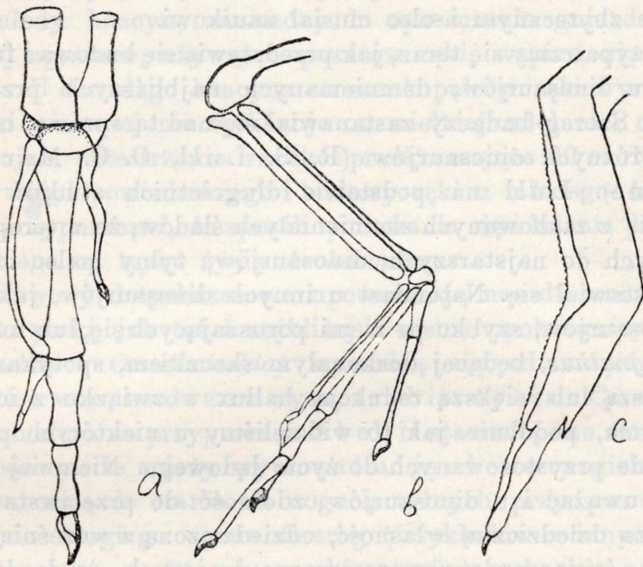
z przedstawicieli rodzaju *Rhamphorhynchus*, należących jak wiadomo do pterosaurjów, śladów uwłosienia, które do ostatnich czasów było uważane za jedną z najważniejszych i charakterystycznych cech ssaków. Wyniki swoich rozważań przedstawił Ja e c k e l w postaci prowizorycznej rekonstrukcji (rys. 13)¹⁾, która różniłaby się od *Archaeopteryx* głównie brakiem upierzenia całkowitego w obrębie ogona, a zastąpionym szczecinami dłuż-

¹⁾ Ryciny do tego artykułu wykonał p. Andrzej Dunajewski, za co składam Mu serdeczne podziękowanie.

szemi w okolicy skrzydeł, które już musiały wydatnie dopomagać do lotu spadochronowego przy nadrzewnym trybie życia tego praptaka. Żałować wypada, że znalezisko tej nowej formy było tak skąpe pod każdym względem i nie pozwala na wysnucie pewniejszych i dalej idących wniosków.

Po tej krótkiej charakterystyce jedynych dwu form, stanowiących ogniwa, łączące ptaki z gadami, powróćmy do interesującego nas zagadnienia na podstawie budowy praptaka i możliwie daleko sięgającego odtworzenia warunków jego życia. Przy bliższem zastanowieniu się nad zdolnością do lotu *Archaeopteryx* okazuje się, jak to pierwszy słusznie podniósł A bel, iż praptak ten miał wysoce ograniczoną zdolność do lotu, a więc w najlepszym razie lot fruwalający, jeśli nie głównie spadochronowy. Ta wysoce ograniczona, w porównaniu do ptaków współczesnych, zdolność latania była uwarunkowana całym szeregiem czynników. W pierwszym rzędzie decydującą rolę odgrywały tu następujące powody: 1) kształt i wielkość skrzydeł, 2) luźny związek pomiędzy lotkami a palcami i mała ilość piór w okolicy dłoniowo-palcowej (metacarpodigitales), 3) brak przystosowań dla przymocowania lotek na palcach (rys. 14) oraz wreszcie 4) dwurzędowe upierzenie długiego ogona i przedudzi. Już to samo zestawienie urządzeń do lotu u *Archaeopteryx* wskazuje na to, iż praptak nie rozporządzał możliwością bardziej rozwiniętych form lotu czynnego. Słusznie A bel porównuje pod względem zdolności do lotu praptaka ze współczesnym bażantem-kogutem. Jak wiadomo, bażant-kogut posiada krótkie skrzydła kuraków, nie pozwalające naogół tym ptakom na pokonywanie większych przestrzeni drogą powietrzną; poza tem ptak ten odznacza się długim ogonem, który zewnątrznie zupełnie przypomina ogon praptaka i pozwala mu przejść po osiągnięciu pewnej wysokości z typowego dla kuraków lotu fruwalającego w lot spadochronowy. Kury bażancie, które nie posiadają długiego ogona, lecą jedynie lotem fruwalającym, o czym dobrze wiedzą myśliwi, rozpoznając łatwo koguta od kury. O tem, że *Archaeopteryx* był słabym lotnikiem i że lot jego był najczęściej prawdopodobnie ograniczony do lotu spadochronowego, przekonują nas i inne przystosowania do lotu praptaka: luźny związek pomiędzy lotkami a palcami i mała ilość lotek na napięstkowo-dłoniowej części przedniej kończyny. Posiadał

on na rękę ogółem 12 lotek, podczas gdy u strusiowatych (mających dość pierwotne stosunki) spotykamy 32 lotki, a u reszty ptaków (*Carinatae*) 20—22 lotek. Tego samego dowodzi brak przystosowań dla przytwierdzenia lotek na palcach, wreszcie dwurzędowe upierzenie przedudzi i długiego ogona. Jasnym jest, iż wszystkie te przystosowania pozwalają przypuszczać, że prąptak posiadał jedynie zdolność do lotu spadochronowego, który mógł się rozwinąć jedynie przy nadrzewnym trybie życia.



Rys. 14.

Kończyny przednie strusia (*Struthio*) a), prąptaka (*Archaeopteryx*) b) i c) hoacyna (*Opisthocomus*) pół-schematycznie. Według W. K. Parkera, Abela i W. P. Pycrafta.

Zkolei zwróćmy uwagę na budowę tylnej kończyny i zastanówmy się, czy i na jej podstawie nie uda nam się wyciągnąć jakich wniosków co do pochodzenia *Archaeopteryx*. Otóż już u prąptaka spotykamy podobny układ palców, jak u współczesnych ptaków: trzy palce (II, III, IV) ku przodowi, a czwarty (I) ku tyłowi, w ten sposób, że tylny odcinek nogi stanowi narząd chwytny. Zupełnie wyjątkowo spotykamy u ptaków współ-

czesnych inny układ: hallux jest skierowany ku przodowi lub też ulega zanikowi. Jednak w jednym (*Cypselus, Parra jassana*) lub drugim przypadku (*Rhea, Struthio, Aepyornis, Otis, Himantopus*) mamy do czynienia nie z położeniem pierwotnym, lecz z wtórnym przystosowaniem się do zmienionych warunków bytu. Szczególnie u tych ptaków, u których hallux zanikł w zupełności, mamy do czynienia z najlepszymi biegaczami pośród zwierząt. Jasnym jest więc, występuje tu przystosowanie się do szybkiego biegu, a więc przejście z życia nadrzewnego w lądowe, w którym hallux, jako narząd chwytny, stał się zupełnie zbędnym i ulec musiał zanikowi.

Przypatrzmy się teraz, jak przedstawia się budowa i funkcja hallux u dinosaurjów, domniemanych najbliższych przodków ptaków. Szereg badaczy zastanawiał się nad tą sprawą, badając odnóża różnych dinosaurjów (R. S. Lull, O. C. Marshall i Huene). Lull na podstawie długoletnich studjów przekonał się z zachowanych skamieniałych śladów, że u teropodów, należących do najstarszych dinosaurjów, tylny palec u nogi przeciwstawiał się. Natomiast u innych dinosaurjów, jak n. p. u plateosaurjów, szybko po ziemi poruszających się, lub u formy, *Compsognathus*, będącej doskonałym skoczkiem, spotykamy się z mniejszą lub większą redukcją hallux w związku z ich trybem życia, podobnie jak to widzieliśmy u niektórych ptaków specjalnie przystosowanych do życia lądowego. Niemniej przeto należy uważać i u dinosaurjów zdolność do przeciwstawiania hallux za dziedziczną własność, odziedziczoną z wcześniejszych okresów życia nadrzewnego, poprzedzających życie lądowe, w którym przeciwstawialny hallux przestał być potrzebny.

Podobną zupełnie homologję można przeprowadzić pomiędzy ręką najstarszych kopalnych dinosaurjów a ręką ptaków. Mimo pozornych sprzeczności embriologicznych okazuje się, że trzy palce *Archaeopteryx* odpowiadają I-III palcom współczesnych ptaków. Okazuje się dalej, że już u plateosauridów z triasu występuje, jak to wykazał Huene, redukcja V i IV palca ręki, tak że u bardziej jeszcze wyspecjalizowanych teropodów spotykamy się z budową ręki analogiczną jak u ptaków. I tak n. p. u *Compsognathus* możemy zauważyć nietylko redukcję V i IV palca, ale też zupełnie analogiczne jak u ptaków usto-

sunkowanie się długości palców: z trzech pozostałych i skierowanych ku przodowi palców najdłuższy jest palec II.

Ciekawym przyczynkiem, rzucającym światło na sposób życia praptaka, jest hoacyn (*Opisthocomus cristatus*). Słusznie podnosi Abel, że ptak ten systematycznie należący do kuraków jest jednym z najciekawszych przykładów tak częstych u ptaków pierwotnych bardzo przystosowań i stosunków anatomicznych. Hoacyn posiada pierwotną budowę ręki ze względu na obecność szczątka IV palca u zarodków, długość II palca oraz obecność pazurów na I i II palcu. Dzięki tym urządzeniom młody hoacyn, zmuszony do opuszczenia gniazda, nadzwyczaj zgrabnie, używając pazurów ręki, wspina się po gałęziach. U dorosłego hoacyna stosunek palców ręki wyrównuje się, tem niemniej nie wykazuje on wielkiej zdolności do lotu, przelatując przestrzenie rzadko przekraczające 40 m. Na podstawie dotąd powiedzianego i budowy ręki u młodego hoacyna można przypuszczać, że sposób poruszania się i latania hoacyna nie odbiega od trybu życia *Archaeopteryx*.

Wywody dotychczasowe upoważniają nas do wniosku, że zarówno ptaki, jak też i najbliższej z nimi upokrewnione gady (*Saurischia* i *Ornithischia*) wywodzą się od wspólnych przodków o nadrzewnym trybie życia. Co do tych ostatnich słusznie przypuszcza Abel, iż stanowią one zamknięty pień rodowy i że należy wyprowadzać je od czteronogich gadów ze skłonnością do stania na nogach tylnych przy pomocy odpowiednio długiego ogona. Szereg przykładów z innych grup zwierzęcych (n. p. *Pteropus* z chiropterów) wskazuje na to, że jedynie przy nadrzewnym trybie życia mogła wystąpić tak charakterystyczna redukcja palców, jaką widzimy u najstarszych teropodów. Przypuszczać należy, że od nadrzewne życie pędzących przodków dinosaurjów od czasu do czasu przy sprzyjających warunkach oddzielały się pojedyncze odgałęzienia, z których powstawały rozmaite grupy teropodów.

Zdawałoby się, iż nadrzewne życie i na nadrzewnej drodze powstałe upierzenie i zdolność do lotu nie ulegają żadnej wątpliwości. Tymczasem w ostatnich czasach podniosły się głosy kilku poważnych uczonych (Nopsca 1907, 1923, 1928, Versluys 1910), zajmując inny pogląd na sprawę pochodzenia upierzenia u ptaków i związanej z tem zdolności do lotu.

Nopsca przypuszcza, że bezpośredniego przodka dzisiejszych ptaków nie należy szukać wśród zwierząt nadrzewnych, lecz właśnie na ziemi, pośród niewielkich szybko biegających dinosaurjów. Autor ten przedstawił swoją hipotezę w postaci sławnej rekonstrukcji t. zw. „running proavis“. Najważniejszym szczegółem, który też wywołał najwięcej dyskusji w tej rekonstrukcji, jest przednia kończyna tego hipotetycznego praptaka z dłuższym palcem środkowym i jednakowo długimi palcami bocznymi, znacznie jednak krótszemi, niż palce kończyny tylnej. Ta ostatnia w rekonstrukcji Nopsca przedstawia typową nogę biegusa z trzema palcami, skierowanymi ku przodowi, i szczytkowym hallux, skierowanym ku tyłowi.

Przeciwko tej koncepcji Nopsca, popartej wywodami Versluyasa wystąpił szereg autorów, a między innymi Hay i Abel, słusznie podnosząc, że palce ręki obu egzemplarzy *Archaeopteryx* nie są wcale tak krótkie, jak u hipotetycznej rekonstrukcji Nopsca. Podobnie ma się sprawa z palcami kończyny tylnej. Jedna i druga musiałyby być „rejuvenated“, by móc je wyprowadzić od hipotetycznego praptaka Nopsca. Nie ulega żadnej wątpliwości, że wygięcie i zdolność przeciwstawiania hallux już u teropodów jest związana z życiem nadrzewnym najbliższych ich przodków. Wobec tego należałoby przyjąć że wbrew prawu Dolla o nieodwracalności zjawisk rozwojowych szczytkowy hallux, jaki widzimy u proavis Nopsca, powrócił znów do swoich pierwotnych rozmiarów. Z tych, jak też i z innych powodów, których wyliczanie i wnikanie zadaleko by nas zaprowadziło, hipoteza „running proavis“ nie znalazła większej ilości zwolenników.

Szukać zatem należy przodków ptaków pośród zwierząt nadrzewnych, a nie wśród zwierząt naziemnych. Faktowi pochodzenia wspólnego ptaków i teropodów właśnie z najprzewodniejszych zwierząt nadrzewnych należy przypisać uderzająco małą ilość wykopalisk, których brak sprawia, że w studjach nad pochodzeniem tych zwierząt opierać się trzeba po większej części na studjach anatomiczno-porównawczych. Tak jak dziś przedstawiają się nasze wiadomości, należy szukać przodków tak części gadów, jak też ptaków wśród najstarszych zwierząt nadrzewnych. Osiągnięcie życia nadrzewnego, które jak przypuszcza Abel poprzedzał etap życia grzebiącego, nastąpiło w epoce

triasowej, a może nawet wcześniej, co dało tym przodkom szeregu grup zwierzęcych olbrzymie możliwości rozwoju. Wiele zatem przemawia, że grupą tą, która osiągnęła następnie tak wspaniały rozwój, były *Pseudosuchia* lub jakaś forma pokrewna. Ten bogaty w formy potomne szereg pierwotnych zwierząt nadrzewnych dał szereg potężnych odgałęzień. Może najwcześniejszym odgałęzieniem byłyby *Theropoda*, które przypuszczalnie prędko przeszły z życia nadrzewnego w naziemne z powrotem. Inne, jak *Pterosauria*, zdobyły powietrze w podobny sposób, jak współczesne nietoperze, wreszcie ptaki przez coraz to różniejsze i najdoskonalsze pośród kręgowców przystosowania do lotu zajmowały świat powietrzny, tak że z czasem zniknęły wszystkie inne pokrewne gady latające i im sfery powietrzne pozostały w udziale.

Przejdę teraz do drzewa rodowego ptaków (rys 15). Ogół ptaków współczesnych i kopalnych dzielimy na dwie wielkie grupy: praptaków (*Saururae*) o ogonie jeszcze gadokształtnym oraz ptaków właściwych (*Neornithes*), posiadających już wachlarzowaty, typowy „ptasi“ ogon. Pierwsza grupa obejmuje dotąd dwa rodzaje: *Protornis* i *Archaeopteryx*. Obie te formy, scharakteryzowane powyżej, wykazują tyle cech odrębnych w porównaniu do ptaków współczesnych, a takie cechy zbliżające je do gadów, że słusznie należy je uważać za ogniwo, łączące gady z ptakami właściwymi. Z tych dwu form kopalnych *Protornis*, opisany przez Ja e c k e l a, stanowi bezsprzecznie formę pierwotniejszą, niż *Archaeopteryx*. Posiada on wprawdzie cały szereg przystosowań do życia nadrzewnego, ale przypuszczalny brak piór, zastąpionych, jak przypuszcza wspomniany badacz, szczecinami, jako stadium pośrednim pomiędzy łuskami a piórami, jakie już spotykamy u *Archaeopteryx*, nie pozwalał mu prawdopodobnie na dłuższe przebywanie w powietrzu. Dlatego też *Archaeopteryx* należy uważać za formę znacznie bardziej wyspecjalizowaną i stojącą bliżej ptaków współczesnych, z którymi łączy go o wiele więcej cech wspólnych, niż hipotetycznego *Protornis*.

Drugą grupę, zajmującą całą resztę drzewa rodowego ptaków, stanowią ptaki właściwe (*Neornithes*). Obejmują one resztę ptaków kopalnych z późniejszych okresów geologicznych oraz wszystkie ptaki współczesne. W odróżnieniu do powyżej

podanej charakterystyki prąptaków, można je scharakteryzować jak następuje: cała organizacja ciała jest w sposób doskonały dostosowana do latania, a więc istnieją urządzenia, mające na celu szybką zmianę położenia, ostrość wzroku i utrzymywanie równowagi. W związku z temi przystosowaniami pozostaje u ptaków silny rozwój mózgu, a już całkiem specjalnie mózdzku, jako ośrodka równowagi, w porównaniu do mózgu gadów i bardzo wczesny zrost kości czaszki. Zupełna utrata zębów, na którą natrafiamy już u niektórych dinosaurjów, ma na celu zmniejszenie wagi głowy i większą jej obrotność. Temu ostatniemu służy nieparzysty kłykiec potyliczny i siodełkowata budowa kręgów szyjnych. Największe zmiany i przystosowania spotykamy w obrębie kręgosłupa piersiowego i lędźwiowo-krzyżowego. Kręgosłup tych okolic jest znacznie skrócony, a zrost jego z pasem miednicowym (natarium) nadaje klatce piersiowej dużą elastyczność i odporność. Żebra są opatrzone w t. zw. *processus uncinnati*, a mostek z silnym grzebieniem sprzyja wytworzeniu potężnego mięśnia piersiowego, umożliwiającego silne i długotrwałe ruchy skrzydeł. Wreszcie pojawienie się długich i mocnych sterówek umożliwiło skrócenie kręgosłupa ogonowego z wielu kręgów prąptaka do 3—7 ruchomych, dwuwklęsłych kręgów ogonowych. Jeszcze większe zmiany i daleko idącą specjalizację wykazuje kośćiec kończyn. W skrzydle (rys. 14) widzimy uderzające wydłużenie przedramienia w stosunku do kości ramieniowej, zrost kostek garstki, zewnętrzne człony palców są częściowo w zaniku, a kciuk opatrzony t. zw. skrzydełkiem kciukowem. Odnóże tylne w porównaniu do *Archaeopteryx* jest lżejsze i w znaczniejszym jeszcze stopniu, niż u dinosaurjów, przystosowane do dźwigania całego ciała i kucania. Żyworodność nie mogła się pogodzić ze zdolnością do przebywania w powietrzu, a skutkiem znoszenia twardych i dużych jaj otwór łonowy przybrał formę otwartą.

Ciekawem jest, iż pisklę ptasie jest bardziej zbliżone wyglądem swoim do gadów, niż do ptaków. Jest ono bardzo niedołążne, skutkiem czego liczba potomstwa u ptaków jest znacznie mniejsza, niż u gadów. Długie przebywanie w powietrzu powoduje konieczność istnienia specjalnych urządzeń, mających na celu dostarczenie dostatecznej ilości tlenu. Stąd też widzimy u ptaków specyficzną, bardzo zawiłą budowę płuc oraz liczne

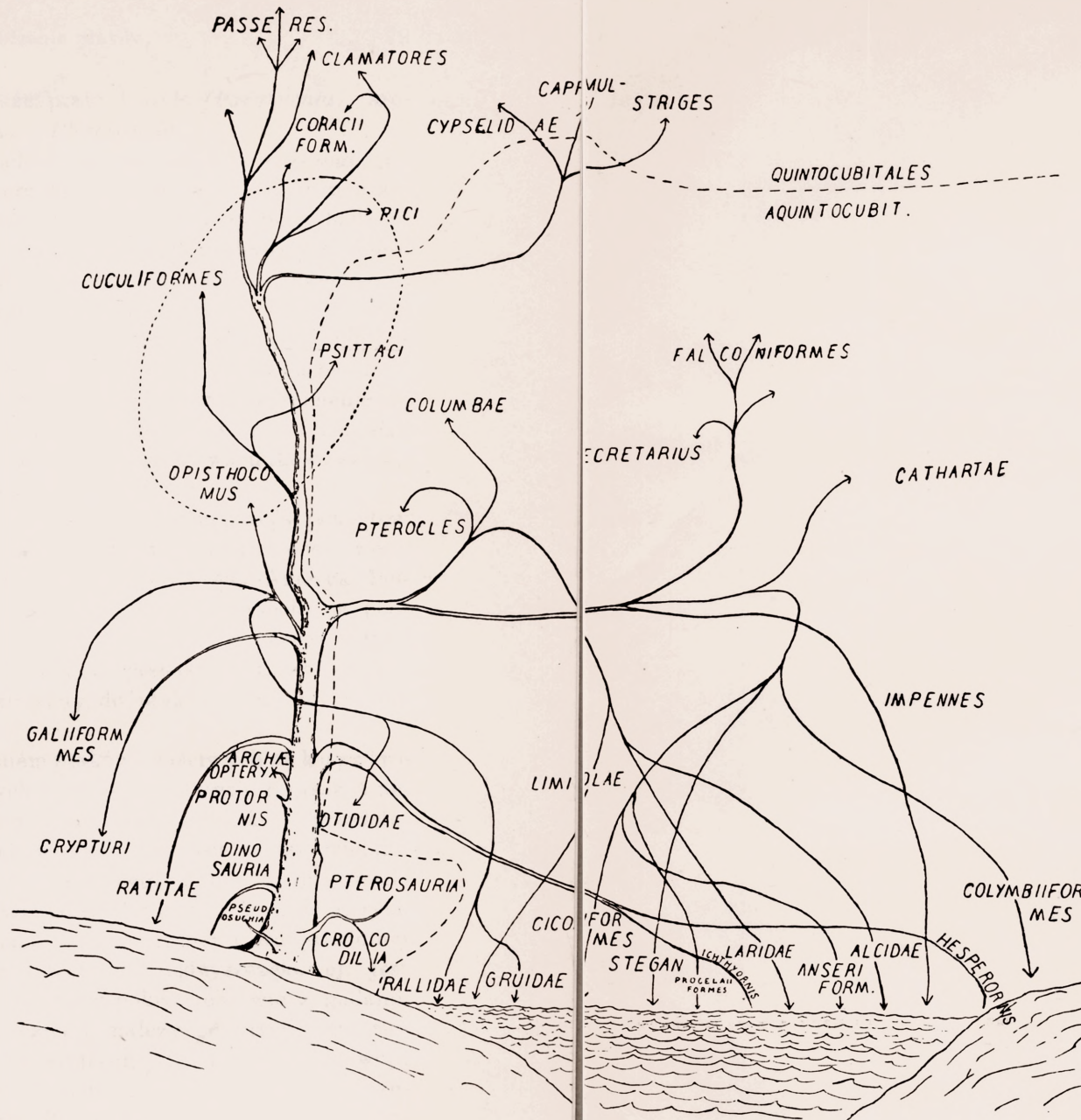
worki powietrzne: kostne, podskórne i wewnętrzne. Z dalszych przystosowań do życia powietrznego w związku z wymienionymi powyżej przystosowaniami aparatu oddechowego należy wymienić rozdział małego obiegu krwionośnego oraz zanik lewego łuku aorty, którym szła dotąd u gadów krew tętnicza pomieszana z żylną z prawej komory, zanik prawego jajnika i t. p. Obecność obfitego futra, złożonego z piór puszystych i konturowych, umożliwiła powstanie stałej ciepłoty ciała i nastawienie całej przemiany materji na bardzo żywe i intensywne tempo. Wreszcie w porównaniu z gadami ptaki wykazują dość dobrze rozwinięte i wysoko stojące własności intelektualne. Tym wszystkim urządzeniom i przystosowaniom, a także wysoko postawionej jednostronnej specjalizacji należy przypisać nadzwyczaj szybki i bogaty we formy rozwój ptaków i szybko osiągniętą przez nie dzięki tym wszystkim czynnikom przewagę nad innymi zwierzętami latającymi, a przedewszystkiem gadami latającymi.

W związku z tem drzewo rodowe ptaków odróżnia się od drzew rodowych innych grup zwierząt skąpą ilością pomocnych do badań nad filogenezą form kopalnych z poprzednich okresów geologicznych. Fakt ten znajduje wytłumaczenie w nader szybkim rozwoju gromady ptaków z chwilą nastania korzystnych dla nich warunków, gdy ziemia pokryła się drzewami i kwiatowymi roślinami. Innym powodem zachowania się jedynie nader skąpej ilości szczątków kopalnych przypisać należy nadrzewnemu sposobowi życia ptaków. Drzewo rodowe ptaków pokryło się nader wcześniej wszystkimi niemal temi odgałęzieniami, które dziś widzimy. *Archaeopteryx* pochodzi, jak to wyżej wspomniałem, z wczesnej jury. Tymczasem we względnie niebardzo od tej epoki odległej, bo w późnej kredzie, obok form zbliżonych przynajmniej pozornie do prapłata z powodu obecności zębów w szczęce, natrafiamy na formy wróblowate, kurowate, słonkowate, bocianowate i gęsiowate. W eocenie spotykamy większość obecnie istniejących gatunków ptaków.

Obok tej gwałtowności rozwoju drzewa rodowego ptaków, jest rzeczą charakterystyczną w ich filogenezie pomieszczenie szeregu nowych nabytków ze starymi, bardzo pierwotnymi. Ocenic to możemy na podstawie sumiennych badań filogene-

tycznych, opartych na podstawie anatomiczno-porównawczej, dokonanych przez Fürbringera (1888) i Gadowa (1891). Na podstawie tych na szeroką miarę zakreślonych badań, popartych częstokroć studjami rozwojowemi, można było z dużą dozą prawdopodobieństwa zrobić daleko idące przegrupowania w dotychczas stosowanym układzie systematycznym gromady ptaków. Słusznie podnosi Franz na podstawie wyników Gadowa, że u ptaków trudno mówić o przodkach danej grupy ptaków, lecz raczej o zasięgu pokrewieństw. Dlatego też nie można wyprowadzać n. p. orła od pingwina albo bociana od kuraków. Zasadniczą przesłanką do ułożenia drzewa rodowego ptaków w głównych zarysach będzie więc fakt pochodzenia ptaków od zwierząt łażących, pędzących życie nadrzewne. Stwierdzenie faktu, które ptaki w jakim przypuszczalnie okresie opuściły życie nadrzewne, by przejść do życia lądowego lub wodnego, na podstawie zmian anatomicznych i szeregu w takich razach występujących przystosowań, będzie decydujące. Natomiast inne zupełnie przystosowania i, jak zobaczymy, wspomniały rozwój osiągnęły te ptaki, które do życia ziemnego lub wodnego nie powróciły, a wzamian uległy dalszej specjalizacji i doskonalszemu rozwojowi. W załączonym do niniejszych rozważań szkicu drzewa rodowego ptaków (rys. 15), zestawionym przez Franza na podstawie rozległych badań Gadowa, zauważyć można wśród całego mnóstwa gałęzi dwa odznaczające się szczyty: ptaków śpiewających i drugi mniej zasobny w gatunki ptaków drapieżnych dziennych. Taki podział filogenetyczny ptaków jest zrozumiały, jeśli przypomnimy sobie, że najpierwotniejszym i najdawniejszym środowiskiem ptaków było i jest życie nadrzewne i tam też a priori szukać by należało najliczniejszych i najdoskonalszych form ptasich.

Historja ptaków właściwych (*Ornithurae*), sądząc na podstawie znanych wykopalisk, datuje od względnie niedalekich czasów. Wspomniałem już przed chwilą, że pierwsze formy ptaków podobnych do współczesnych spotykamy we wczesnych formacjach kredowych, co odpowiada w przybliżeniu 15—20.000.000 lat. Wracając do opisu drzewa rodowego, zestawionego przez Franza na podstawie badań Gadowa, powiedzieć można w krótkości co następuje. Ptaki w myśl poprzednich wywodów pochodziłyby od wspólnego pnia, z którego wzięły



Rys.

Drzewo rodowe ptaków według Gadowa i Franza, cokolwiek zmienione. Na rycinie ptaków oraz najbliżej nich stojących grup gadów ze szczególnem uwzględnieniem form mających podobny sposób życia co *Archaeopteryx*. Linia poziomo-pionowa oznacza grupy pozbawione jej (*aquintocubitales*).

też są uwidocznione zasięgi pokrewieństw najważniejszych rzędów i rodzin kopalnych. Linia przerywana kolista oznacza grupy ptaków łączące a więc grupy ptaków posiadające V-tą lotkę ramieniową (*quintocubitales*), względnie Reszta objaśnień w tekście.

1918/1919

AMSTERDAM

WEST

WEST

WEST

WEST

WEST

WEST

WEST

WEST

WEST

WEST

początek oprócz ptaków także prakrokodyle (*Parasuchia*), krokodyle właściwe (*Crocodylia*) i *Pterosauria*.

Wszystkie te formy gadów, jak wynika z powyższego, pochodzą od wspólnego pnia przodków, pędzących życie nadrzewne, z którego bądź to powróciły do życia lądowego, bądź to jak *Pterosauria* na drodze lotu spadochronowego nabyły zdolność do lotu fruującego. Stosunkowo późnem odgałęzieniem, jak wskazuje na to budowa kośćca i inne szczegóły ich budowy, stanowią znacznie późniejsze odgałęzienie wspólnego pnia rodowego gadów i ptaków. Pomyślnie warunki bytowania na ziemi spowodowały i u tej grupy stosunkowo wczesne oddzielenie się od wspólnego pnia rodowego, przejście do życia naziemnego i wobec panujących wówczas pomyślnych warunków szybki rozkwit w ówczesnej epoce geologicznej.

Praptaki znajdujemy w drzewie rodowym ptaków pomiędzy gałęzią rodową dinosaurjów, a najstarszemi ptakami właściwymi t. j. strusiowatemi i ptakami uzębionemi z kredy Ameryki Północnej. Układ taki jest jedynie możliwy do przyjęcia na podstawie dotychczasowych rozważań, gdyż *Archaeopteryx*, dzięki całemu szeregowi przystosowań, a przede wszystkim dzięki upierzeniu, jest, bardziej zbliżony do ptaków właściwych, niż do gadów.

Najstarszem odgałęzieniem ptaków właściwych są kopalne ptaki uzębione z górnych warstw kredowych Kansas Ameryki Północnej. Znalezione je tam obok szczątków przedstawicieli szeregu rzędów ptaków współczesnych w tak wielkiej ilości, że Marsh mógł poddać je rozległym badaniom i ustalić ich filogenetyczne i systematyczne stanowisko. Obecność ostrych klinowatych zębów w kościach szczęki górnej i szczęki dolnej z wyjątkiem uzębionej u gadów kości międzyszczękowej, jest pozostałością, świadczącą o bliższem pokrewieństwie z gadami. Z innych cech charakterystycznych należy podkreślić wybitny rozwój mózgu obok mózdzku, stojącego na poziomie rozwoju gadów. Do cech wybitnie ptasich należałoby zaliczyć zupełny zrost kości czaszki. Ptaki te, nadzwyczaj ciekawe ze względów filogenetycznych, zgrupowano w dwóch rzędach: *Odontotormae* i *Odontotolcae*. Pierwsze z nich, wielkości gołębia, żyły nad brzegami mórz, o czem świadczą liczne pozostałości ryb w ich sąsiedztwie. Silny rozwój grzebienia mostka

świadczy o wysoko postawionej zdolności do latania. Natomiast *Odontotolcae* posiadały zęby podobne do *Ichthyosaurus* i umieszczone w rynience. Przedstawiciel ich *Hesperornis* miał mniej więcej 1 m wysokości, skrzydła zmarniałe i odznaczał się brakiem grzebienia u mostka, z czego autorowie wnoszą, iż zatracił wtórnie zdolność do lotu. Szereg cech, jak budowa kręgów i ogona, wskazują na starodawne własności tych ptaków.

Nadzwyczaj ciekawa jest następna grupa ptaków strusiowatych (*Struthioniformes* s. *Ratitae*). Obejmuje ona szereg rodzin, jak strusiuwate, kiwi, nandu, kazuary oraz szereg rodzin kopalnych. Ptaki te, dotąd obejmowane wspólną nazwą *Ratitae*, są nam znane z eocenu, ale przypuszczać należy, że, występowały już w epoce późno-kredowej, w której dzięki opuszczeniu życia nadrzewnego wytworzyła się ta grupa ptaków.

Wspólne pochodzenie ptaków strusiowatych z resztą ptaków współczesnych udowodnili ponad wszelką wątpliwość Fürbringer i Gadow. Pierwszy z nich wykazał u zarodków zawiązek grzebienia mostka, a Gadow, rozpatrując porównawczo anatomję kości, mięśni naczyń i nerwów strusiowatych, znalazł daleko idącą analogję z grupą *Carinatae* czyli ptakami o silnie rozwiniętym mostku. Szereg cech strusiowatych wskazuje na dawne odszczerpienie tej gałęzi od wspólnego drzewa rodowego ptaków. Należałoby tu w pierwszym rzędzie wymienić: obecność narządu kopulacyjnego (*phallus*), brak neoptile u piskląt, stosunkowo proste ułożenie jelit, brak zupełny muskulatury w syrinx, wreszcie względnie niższą ciepłotę ciała (39° u emu). Strusiuwate skutkiem przejścia z życia nadrzewnego w życie lądowe nabyły z czasem szereg cech neotenicznych. Do tych ostatnich należą: mały pygostyl, brak gruczołu kuprowego oraz silny rozwój mostka, bez grzebienia, w związku z pustynnym trybem życia.

Ratitae są jednak grupą ptaków ciekawą i pod innym względem. Wśród nich znajdujemy największe formy ptaków współczesnych, a wśród szczątek kopalnych znajdujemy resztki prawdziwych olbrzymów (*Aepyornithidae*, *Dinornithidae*). Rozwój tych potężnych form należy wytłumaczyć z jednej strony brakiem konieczności ciągłego zmniejszania objętości ciała wobec przejścia z życia nadrzewnego w życie lądowe. Z drugiej strony widzimy, iż wszystkie te wielkie formy ptasie rozwinęły się,

podobnie jak olbrzymy ze świata owadów i gadów, przede wszystkim dzięki możności znalezienia większych przestrzeni, niezamieszkałych przez inne większe zwierzęta. Ze współczesnych ptaków olbrzymich przykładem mogą być strusie afrykańskie, z dawniejszych, sięgające wczesnych czasów historycznych olbrzymie strusie madagaskarskie i nowozelandzkie. Wkroczenie człowieka w obszary zamieszkałe przez te ptaki, podobnie jak w innych podobnych wypadkach (*Didus* na wyspach Maskareńskich), rychło przyniosło tym zwierzętom zagładę.

Znacznie trudniej rozgraniczyć w koła pokrewieństw pozostałe rządy ptaków. Brak zupełny wcześniejszych wykopalisk spowodował, że badania te siłą rzeczy oprzeć się musiały niemal wyłącznie na podstawach anatomicznych. Pewnym wskaźnikiem, jak to słusznie wskazał Franz, może być wspomniany już powyżej hoacyn (*Opisthocomus cristatus* Müll.), którego systematycznie zaliczamy do kuraków. Stanowi on ogniwo, łączące kuraki z najbardziej do niego zbliżoną grupą kukułek (*Cuculiformes*). Osobliwy ten ptak posiada cały szereg cech pierwotnych, jak głęboki dół skroniowy, apteria nadzwyczaj słabo rozwinięta, budowę gniazda niemal równie nieskomplikowaną jak u kuraków, wreszcie wspomniane już nadzwyczaj prymitywne zachowanie się młodych piskląt przy opuszczaniu gniazda. Dzięki dobrze rozwiniętemu II palcowi (rys. 14) oraz przeciwstawiającemu się kciukowi, znakomicie łążą po gałęziach. Niemniej spotykamy u hoacyna szereg cech neotenicznych, jak zdolność do pływania i mechanizm mezocynetyczny czaszki, jak u większości *Oscines*, stanowiących szczytową grupę drzewa rodowego ptaków.

Cuculiformes, spokrewnione z kurakami za pośrednictwem hoacyna, mają wspólną cechę z *Archaeopteryx* w postaci dwóch palców nogi zwróconych ku tyłowi lub zewnętrznego palca odwracalnego oraz głęboki dołek skroniowy. Zatrącenie instynktu wysiadania jaj tłumaczy Franz, jako pierwotną cechę odziedziczoną w prostej linii od gadów. Rząd ten obejmuje cały szereg podrzędów, a w pierwszym rzędzie papugi (*Psittaci*) w ilości około 450 gatunków. Brak jelita ślepego oraz V-tej lotki ramieniowej świadczą o tem, że papugi stanowią odrębną grupę kukułowatych, wyżej od reszty stojącą, z którą łączy je wysoko rozwinięta zdolność do łączenia, przyczem ptaki

te dopomagają sobie przy pomocy dzioba. Inne podrzędy, wchodzące blisko w zakres pokrewieństw z kukułowatemi, często wykazują daleko idącą specjalizację, nadającą im charakterystyczny wygląd. Zaliczamy tu kraski właściwe (*Coraciae*), sowy (*Striges*), jerzyki (*Caprimulgi*), obejmujące oprócz jerzyków właściwych także ciekawe pod względem biologicznym i wysoko rozwiniętej zdolności do latania kolibry (*Trochilidae*) oraz dzięcioły (*Pici*). Cała ta gromada, nader różnolita pod względem upierzenia i całego szeregu przystosowań, stanowi grupę przejściową pomiędzy kukułowatemi w ściślejszem tego słowa znaczeniu, a szczytowemi ptakami drzewa rodowego ptaków, ptakami śpiewającemi. Niektóre z nich uległy daleko idącej specjalizacji, jak sowy lub kolibry, tak że systematycznie były dotychczas zaliczane do innych grup, z którymi wcale lub tylko daleko są spokrewnione.

Ptaki wróblowate (*Passeres*) są grupą najliczniejszą we formy z ptaków współczesnych. Można przyjąć, iż 3/5 gatunków ptaków zaliczyć należy do wróblowatych. Jest wysoce prawdopodobne, że ta olbrzymia ilość gatunków dowodzi polifiletycznego pochodzenia tej grupy ptaków, jak to pierwszy przypuszczał G a d o w. Ten wybitny, niebawdy w innych grupach rozwój zawdzięczają ptaki wróblowate przede wszystkim życiu nadrzewnemu. Pociągnęło ono za sobą cały szereg przystosowań się, a więc w pierwszej linii rozwój nadzwyczaj lekkiego kośćca, wysoko postawioną zdolność budowy pięknych i misternie zbudowanych gniazd oraz wreszcie silny rozwój mięśni krtani w związku ze śpiewem lub donośnym głosem. Wróblowate pojawiają się, o ile można sądzić z wykopalisk, stosunkowo wczesnie, gdyż według Sh u f e l d t a już w górnych warstwach kredowych Ameryki Północnej. G a d o w jednak przypuszcza z dużą dozą prawdopodobieństwa, że klucz do rozwikłania pochodzenia wróblowatych leży gdzieindziej, a mianowicie w strefie australijskiej, gdzie dziś jeszcze spotykamy formy wielkości kury (*Menuridae*).

Kuraki (*Calliformes*) są stosunkowo pierwotną i dość nisko w drzewie rodowym stojącą grupą ptaków. Do nich należy wspomniany już kilkakrotnie hoacyn (*Opisthocomus cristatus* Müll.). W grupie tej jedne z najciekawszych są *Megapodiidae* i *Crypturi*. Pierwsze z nich posiadają, jak wiadomo ciekawy,

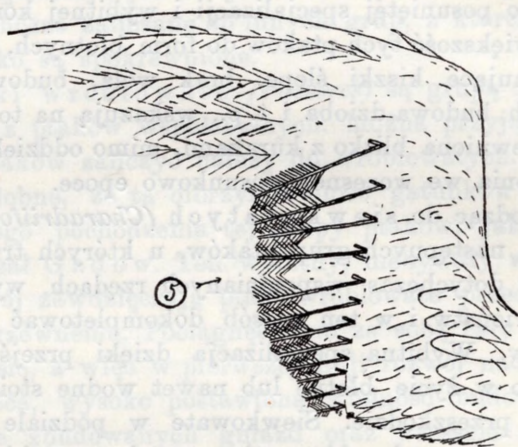
bardzo pierwotny sposób wylęgania jaj w stosach butwiejących liści lub w gorącym piasku lawy. Właściwość tę należy uznać za cechę pierwotną i zbliżoną do sposobu wylęgania praptaka. Dużo przemawia za tem, iż *Archaeopteryx* miał podobny sposób lęgu, zbliżony do gadów. Inna grupa kuraków — *Crypturi* — wykazuje również sporo właściwości, świadczących wymownie o stosunkowo odległym oddzieleniu się od wspólnego szczepu pierwotnych *Galliformes*. Ptaki te przedstawiają naogół ciężkie formy, mają słabo rozwiniętą zdolność do lotu, wreszcie budują bardzo prymitywne gniazda.

Do szczepu *Galliformes* włącza Gadow także i żurawiozowe (*Gruiformes*). Podrząd ten obejmuje z ważniejszych rodzin kurki wodne (*Rallidae*) oraz dropie (*Otiridae*). Mimo często daleko posuniętej specjalizacji i wybitnej konwergencji, zbliżającej większość tych ptaków do form błotnych, inne cechy, jak funkcjonujące kiszki ślepe, brak wola, budowa kręgów grzbietowych, budowa dzioba i t. p., wskazują na to, że jest to grupa spokrewniona blisko z kurakami, mimo oddzielenia się od wspólnego pnia we wczesnej stosunkowo epoce.

Przechodząc do siewkowatych (*Charadriiformes*), zbliżamy się do następnych grup ptaków, u których trudniej znacznie, niż w dotychczas wspomnianych rzędach, wykreślić zasięgi pokrewieństw i w ten sposób dokompletować drzewo rodowe ptaków. Wybitna specjalizacja dzięki przejściu z życia nadrzewnego w życie błotne lub nawet wodne stoi tu między innymi na przeszkodzie. Siewkowate w podziale Gadowa obejmują szereg podrzędów, więc przedewszystkiem biegusy (*Limicolae*), ciekawe ze względów biologicznych pustynniki (*Pterocles*) oraz obfitującą w gatunki grupę gołębi (*Columbae*). Różnorodne pod względem budowy i rozmaitych przystosowań ptaki łączy budowa skrzydła przez brak V lotki ramieniowej (*Aquintocubitales*), (rys. 16), schizognatyczny typ podniebienia, wyrostek kości kruczej, charakterystyczna ilość kręgów szyjnych (14—16) oraz obecność 2 *art. carotides profundae*. Jest rzeczą jasną, że cechy te nie są pierwszorzędne dla klasyfikacji tej grupy, ale wobec daleko posuniętej specjalizacji, jaką w tej grupie widzimy, trudno o inne bardziej specjalne. Najbardziej bogatą we formy jest w tej grupie oczywiście ta, która zachowała tryb życia nadrzewny. Są niemi gołębie

*

(*Columbae*). Są one tem ciekawsze, iż do nich zaliczamy interesujące, wymarłe już, olbrzymie formy, jak dronta (*Didus*) i pustelnik (*Pezophaps*). Formy te żyły na wyspach Maskareńskich i wyginęły w historycznych czasach późnego średnio-wiecza. Przypuszczać należy, że powstały one dzięki nieobecności innych większych form zwierzęcych na tych wyspach i dzięki temu tylko mogła u tych form zaniknąć zdolność do lotu i powstać ogromny wzrost. Do siewkowatych zaliczamy ciekawe ze względu na okresowe wędrówki pustynniki (*Pterocles*), dalej biegusy (*Limicolae*) i mewy (*Lari*). Te ostatnie uzyskały wysoki stopień specjalizacji. Dzielimy je na dwie rodziny: mew właściwych (*Laridae*) i alków (*Alcidae*). Alki



Rys. 16.

Skrzydło ptaka bez V-tej lotki ramieniowej (aquino-cubitales), według Franza.

przedstawiają cały szereg ciekawych konwergencji, dzięki którym zastępują na północnej półkuli pingwiny (*Impennes*).

Zbliżamy się do końca opisu drzewa rodowego ptaków. Resztę ich zalicza Gadow do jednej wielkiej grupy, nader różnorodnie wyspecjalizowanej ze szczytową gałązką ptaków drapieżnych dziennych (*Falconiformes*). Całą tę grupę cechuje daleko posunięta specjalizacja, zacierająca wydatnie zasięgi pokrewieństw, a brak takiej pierwotnej formy jak *Opisthocomus* utrudnia klasyfikację. Drapieżneienne,

zajmujące drugi szczyt drzewa rodowego ptaków, stanowią grupę może najprostszą i najłatwiejszą do zanalizowania, dzięki mało wyrażonej specjalizacji i zachowaniu wybitnie nadrzewnego sposobu życia. Gado przypuszcza, iż pochodzą one od jakiejś bardzo dawnej i wczesnie oddzielonej grupy ptaków pomiędzy *Columbae* a *Ciconiiformes*. Z pierwszymi łączy je posiadanie woskówki, z drugimi mięsożerny sposób odżywiania się. *Falconiformes* pojawiają się podzielone na obecnie już istniejące rodziny wczesnie. Osborn już we wczesnych warstwach pleistocenских Rancho-La-Brea opisuje różne formy, mające i dziś swoich przedstawicieli, jak sępy (*Catharista* i *Cathartornis*), kondory (*Teratornis*), błotniaki (*Circus*), myszołowy (*Buteo*), orły (*Haliaeetus*) i sokoły (*Falco*). Drapieżne dzienne dzielimy na *Accipitres* o przedzielonych otworach nosowych oraz *Cathartae*, nie posiadające przedzielonej przegrody nosowej. Do tej ostatniej grupy zaliczamy sępy Starego Świata i kondory Ameryki. Zupełnie odrębne stanowisko zdaniem Franza zajmuje sekretarz (*Secretarius*), zamieszkujący Afrykę ze względu na swój tryb życia i budowę odnóży zbliżoną do *Rallidae*.

Następne rzędy ptaków, mniej lub więcej spokrewnione z drapieżnymi dziennymi, stanowią bociany (*Ciconiiformes*), gęsi (*Anseriformes*), albatrosy (*Procellariiformes*) i nadzwyczaj ciekawe z wielu względów pingwiny (*Impennes*). Już same nazwy tych rzędów wskazują nam na to, że mamy tu do czynienia z grupami ptaków, u których jedno lub wielostronna specjalizacja często daleko posunięta stanowi poważną przeszkodę dla rozwikłania wzajemnego pokrewieństwa i filogenetycznego uporządkowania tych rzędów. Niemniej już z góry na podstawie wspomnianej daleko idącej specjalizacji należy przypuszczać, iż wszystkie te ptaki dawno bardzo opuściły pierwotne życie nadrzewne, przechodząc wprost do lądowego trybu życia, bądź też przez nie do życia wodnego, które przekształciło te formy i związało z życiem wodnym.

U bocianowatych (*Ciconiiformes*) znajdujemy szereg cech naogół pierwotnych, łączących je z jednej strony ze *Steganopodes*, a z drugiej z sępami Nowego Świata. I tak Plate uważa dziób niektórych bocianowatych (*Sula*, *Pelecanus*), składający się z trzech części, za dosyć pierwotny i widzi w tem pewne podobieństwo do łusek wargowych gadów. Ptaki te po-

za tem charakteryzuje obecność nagiego lica, upierzona *glandula uropygii*, brak wyrostków *basipterygium* i jedna para mięśni pomiędzy mostkiem a tchawicą. Z wyjątkiem flamingów są bez wyjątku gniazdownikami.

Flamingi (*Phoenicopterii*) stanowią ogniwo, łączące błotne bocianowate z gęsiami (*Anseriformes*). Z ważniejszych cech, wyróżniających je od poprzednio wspomnianych bocianowatych, należy wymienić dwie pary mięśni krtani i obecność wyrostków na *basipterygoidium*. Zagniazdowniczość piskląt, obecność odpowiednio wykształconego sita na okrywach rogowych dzioba (stąd nazwa tej grupy — *Lamellirostres*), a dalej liczba kręgów szyjnych zbliża je wydatnie do flamingów. Ponadto obecność funkcjonującego narządu kopulacyjnego (*phallus*), który posiadają na równi ze strusiowatemi, dowodzi pierwotnego i dawnego oddzielenia się od wspólnego drzewa rodowego ptaków.

Niewielka grupa albatrosów (*Procellariiformes*) zawiera ptaki o wysoko postawionej zdolności do latania (lot ślizgowy) dzięki życiu na morzach daleko od najbliższych lądów stałych. Ptaki te posiadają wydłużone otwory nosowe (*Tubinares*). Dziób złożony z kilku listew, słabo rozwinięty żołądek mięśniowy i duży żołądek gruczołowy zbliżają je do *Steganopodes*. Od mew odróżnia albatrosy gniazdowniczość piskląt i znacznie lepsza zdolność do lotu. Nury (*Colymbiformes*) są nadzwyczaj przystosowane do życia wodnego. I u nich można wyróżnić szereg cech, zbliżających je do *Steganopodes*. Franz przypuszcza, iż nury powstały nie w warunkach morskich, lecz na wodach słodkich, na co miałyby wskazywać ich zasadniczo ciemne ubarwienie.

Końcową gałązkę tego odgałęzienia drzewa rodowego ptaków stanowią pingwiny (*Impennes*). Ze względu na daleko posuniętą specjalizację i przystosowania do życia wodnego, jak też obecność całego szeregu cech pierwotnych, wymagają one obszerniejszego omówienia. W szczególności spotykamy u nie-lotów przednie kończyny przemienione w wydatnie działające wiosła. Dzięki temu urządzeniu pływające pingwiny mogą rozwinać tak znaczną szybkość, że przeganiają normalnie pływający parowiec. Obecność grzebienia na mostku dowodzi niewątpliwego pochodzenia od ptaków latających, a więc o nadrzecznym trybie życia. Wybitnem przystosowaniem się do życia wodnego jest

pionowa postawa tych ptaków. Poza tem spotykamy u pingwinów cały szereg cech nadzwyczaj pierwotnych. Wymienić tu należy: utrzymanie się szwów pomiędzy kośćmi czaszki, metacynetyczny mechanizm czaszki oraz obecność kości przedkruczej (*procoracoidium*). Inne cechy, częstokroć wymieniane jako nader pierwotne, jak rozkład przedniej części tylnej kończyny, zrosniętej naogół u ptaków w skok, na jej pierwotne części składowe i pozostawanie szkieletu na poziomie embrjonalnym, co autorowie przypisywali bliskiemu pokrewieństwu z prąptakiem, a nawet z *Podokosaurus* z pośród gadów, należy zdaniem nowszych autorów uważać za cechy neoteniczne: okazało się, iż już w eocenie rozluźnienie kośćca odnóży występowało wydatniej, niż u form wcześniejszych, tak że już u zarodka można wyróżnić to rozpoczynające się rozluźnienie i rozszerzenie tylnej części kończyny tylnej. Do cech, będących nabytkami pingwinów, jako takich, należy zaliczyć w pierwszym rzędzie obecność łuskowatych piórek na odnóżach przednich, brak apterjów u dorosłych pingwinów, podczas gdy młode posiadają je w zupełności, i brak worków powietrznych w kościach. Jasne jest z powyższego, że tę grupę ptaków należy uważać za bardzo wyspecjalizowany szczepek ptaków wodnych, z których się rozwinął i z czasem wyspecjalizował.

Tak w krótkim zarysie wyglądałoby drzewo rodowe ptaków. Trudno w ramach krótkiego wykładu wdać się w szereg skądinąd ważnych szczegółów. Poprzestać muszę na krótkiej charakterystyce ogólnych jego cech. Nie można, tak jak się ono dziś przedstawia, uważać je za twór skończony: istnieje w niem całe mnóstwo luk i niedomowień, gdyż dla braku wykopalisk jest ono w większej części oparte na badaniach anatomicznych. Wprawdzie w ostatnich latach zebrano i sklasyfikowano dotąd fragmentaryczne badania nad wykopaliskami, ale nie mogą one rzucić wiele światła na filogenezę różnych grup ptaków współczesnych. Wykopaliska z małemi wyjątkami, jak to już zaznaczałem, obejmują głównie formy całkiem zbliżone do współczesnych lub tylko niewiele różniące się. Stąd też są one bez większego znaczenia dla opracowania drzewa rodowego ptaków. Tak jak dziś rzeczy stoją, w badaniach tych oprzeć się musimy głównie na badaniach anatomiczno-porównawczych. Wynika z nich, za czem też wszystko przemawia, że przodków

ptaków należy szukać wśród zwierząt nadrzewnych. Pierwotny ten szczepek okazał się, jak to wykazuje paleontologia, nadzwyczaj płodnym w rozmaite formy pochodne. Ze szczepeku tego wywodzi się oprócz ptaków cały szereg form gadów. Życie nadrzewne, można niemal powiedzieć kryło w sobie potencjalnie najrozmaitsze możliwości specjalizacji, która powodowała opuszczenie macierzystego życia nadrzewnego w chwili dla rozkwitu danej grupy zwierząt najbardziej odpowiedniej i rozkwit w nowych warunkach. Z pośród gadów jedne przy sprzyjających w ówczesnej epoce warunkach opuściły życie nadrzewne i powróciły do życia lądowego, inne na podobnej drodze, jak to widzimy dziś jeszcze u niektórych grup ssaków, na drodze lotu spadochronowego osiągnęły zdolność do lotu. Bezsprzecznie najdoskonalszą specjalizację z pośród wszystkich zwierząt nadrzewnych osiągnęły ptaki. Dowodzą tego przedewszystkiem dwa fakty: nadzwyczaj szybki rozwój tego szczepeku zwierząt kręgowych, który ma mało podobnych przykładów w paleontologii zwierząt. Wszak już w eocenie, a nawet we wczesnych warstwach kredowych spotykamy ptaki podobne do współczesnych — dowodzi to, że dyferencjacja i rozszczepienie drzewa rodowego ptaków w samoistną gałązkę nastąpiło nadzwyczaj szybko z chwilą wkroczenia ewolucji na te tak korzystne tory. Drugim dowodem nadzwyczaj doskonałego rozwoju jest przetrwanie ptaków przez tyle okresów geologicznych, gdy różne formy wymierały i były zastąpione przez nowe, przetrwanie w postaci form nie odbiegających prawie od tych, które spotykamy w eocenie, a nawet w kredzie. Dlatego też przy wysoko stojącej jednostronnej specjalizacji tej grupy brak wykopalisk jest ciężką przeszkodą dla wyjaśnienia szeregu szczegółów dotąd niejasnych. W świetle tych spostrzeżeń dużo słuszności ma Abel, przypuszczając, że rozkwit drzewa rodowego ptaków mógł nastąpić dużo przed tą epoką, w jakiej żył znany nam *Archaeopteryx*. Definitywne rozstrzygnięcie i wyjaśnienie pochodzenia ptaków, jak też wielu szczegółów dotyczących ich drzewa rodowego mogą nam przynieść tylko nowe wykopaliska z tych, a może nawet z wcześniejszych okresów geologicznych.

Z Zakładu anatomji porównawczej Uniwersytetu Jagiellońskiego.

LITERATURA.

1. Abel O. Dr. Die Vorfahren d. Vögel u. ihre Lebensweise. Verh. d. k. k. Zool.-botan. Gesellschaft in Wien. Bd. LXI. H. 3—6. 1911.
2. Abel O. Die Stämme d. Wirbeltiere. Jena 1919.
3. Abel O. Lehrb d. Paläozoologie. Jena 1920.
4. Abel O. Lebensbilder aus d. Tierwelt d. Vorzeit. Jena 1922.
5. Döderlein L. Ueber d. Erwerbung d. Flugvermögens bei Wirbeltieren. Zool. Jahrb. Abt. f. Syst. Geogr. u Biol. Bd. XIV. 1901.
6. Franz V. Geschichte d. Organismen. Jena 1924.
7. Hay O. P. On the Manner of Locomotion of the Dinosaurs, especially *Diplodocus*, with remarks on the origin of Birds. Proc. Wash. Acad. Sci. XII. 1910.
8. Jaeckel O. Die Spur eines neuen Urvögels (*Protornis bavaria*) und deren Bedeutung für die Urgeschichte der Vögel. Paleont. Zeitschr. Bd. XI. 1929.
9. Lucanus F. Zugvögel u. Vögelzug. Berlin 1929.
10. Nopsca Fr. Ideas on the origin of flight. P. Z. S. London 1907.
11. Nopsca Fr. On the origin of flight in Birds. P. Z. S. London 1923.
12. Siedlecki M. Spadochronowy lot u niektórych owadów. Rozpr. Wydz. Matem.-przyr. Akad. Umiej. t. LVII. 1918.
13. Zittel K. Grundzüge d. Paleontologie. II Abt. München 1911.

DEZYDERY SZYMKIEWICZ

Zjawiska oligodynamiczne u roślin.

Jednym z najciekawszych zjawisk, stwierdzonych przez fizjologję roślin, jest silne działanie niektórych substancyj na rośliny w bardzo małych dawkach. Są to t. zw. zjawiska oligodynamiczne, wykryte zresztą także u zwierząt. Jako ilustrację można tu przytoczyć sposób odżywiania bakterji *Bacillus oligocarbohilus*, odkrytej i zbadanej przez Beijerincka i van Deldena (1903). Kultury tej bardzo drobnej bakterji mogą być otrzymane z ziemi na płynnej pożywce, podobnej do pożywek, używanych do kultur wodnych roślin zielonych, o ile ta pożywka ma reakcję alkaliczną. Po zaszczepieniu grudką ziemi, trzyma się kolby z pożywką w ciemności przy 23° — 25° , zamknięte korkami z waty. Rozwija się wtedy w niektórych kolbach kultura bakterji w formie śnieżno-białej cienkiej śluzowatej błony. Wzrost błony trwa miesiącami i gromadzą się w niej spore ilości substancyj organicznych, powstałe pozornie z niczego. Nie tworzą się one z dwutlenku węgla, gdyż wzrost ustaje, skoro zamknie się szczelnie kolby, doprowadzając do nich od czasu do czasu czyste powietrze z domieszką dwutlenku węgla. Źródłem ich są jakieś nieznanne bliżej lotne substancje organiczne, unoszące się jako zanieczyszczenia w nieznacznym ilościach w powietrzu i przenikające do kultur przez korki z waty. Oczywiście ilość tych zanieczyszczeń jest zmienna i w związku z tem w doświadczeniach Beijerincka i van Deldena kultury rozwijały się lepiej w laboratorium, aniżeli w szklarni, gdzie powietrze było czystsze.

Zjawiska oligodynamiczne są znane oddawna. Już w r. 1869 zauważył Raulin, że w kulturach kropidlaka (*Aspergillus niger*) otrzymuje się masę organiczną 2—3 razy większą przy dodaniu niewielkich ilości siarczanu cynku (od 1:10⁷ do 1:0.25 × 10⁶). Zachodzi tu pobudzenie wzrostu i asymilacji. Później stwierdzono podobne działania, wywoływane przez inne ciężkie metale (mangan, miedź), będące w większych dawkach, tak samo jak cynk, silnymi truciznami. Dokładne zestawienie odnośnych wiadomości można znaleźć w książce Brenchley'a (1927), która co prawda nie obejmuje ostatnich prac.

Przytoczę ważniejsze fakty z omawianej dziedziny. Chodzi tu przede wszystkim o zjawiska pobudzenia wzrostu, w rodzaju przytoczonego powyżej działania soli cynku na kultury kropidlaka. Takie działania stwierdzono także na roślinach wyższych, jakkolwiek są one wtedy słabsze. Naprzykład dodanie soli manganu do kultur wodnych jęczmienia w stosunku 1:10⁹ wywołuje 47% przyrostu suchej masy. Działanie to pozostaje mniej więcej takie same aż do koncentracji 1:10⁶. Przy wyższych dawkach zaczyna się spadek. Słabsze jest działanie manganu na groch. Bertrand stwierdził w kulturach polnych przyrost suchej masy zbóż w 22.5%.

Jest dalej rzeczą ciekawą, że cynk, który tak silnie działa na rośliny niższe, nie pobudza do silniejszego rozwoju rośliny wyższe, o ile się prowadzi kultury wodne. W kulturach glebowych natomiast stwierdzono dla kukurydzy przyrosty, dochodzące do 25% suchej masy. Inne działanie cynku na kultury glebowe, niż na wodne pochodzi niewątpliwie stąd, że metal ten, nie działając na rośliny wyższe, wpływa na mikroorganizmy glebowe, wiążące azot, pobudzając ich działalność i powiększając w ten sposób ilość pokarmów azotowych w glebie.

Podobnie jak cynk, miedź także działa bardzo różnie na różne rośliny. Zaznacza się tu mianowicie zasadnicza różnica między roślinami samożywnymi a cudzożywnymi. Na pierwsze miedź działa silnie trująco, zwłaszcza na niższe z pośród nich: *Spirogyra* ginie już przy koncentracji 1:50,000,000. Zjawiska pobudzania wzrostu na roślinach samożywnych były wprawdzie obserwowane, ale odnośne obserwacje są niepewne. Natomiast grzyby są bardzo wytrzymałe na działanie soli miedzi i wzrost ich jest silnie podniecany przez te sole. To działanie pobudza-

jące miedzi jest mniej więcej takie same, jak cynku i manganu. Naprzykład Mc Harque i Calfee (1931) otrzymali u *Aspergillus flavus* pod działaniem miedzi przyrost suchej masy równy 134·5%, podczas gdy cynk dał 141·0%, mangan — 147·5%. Te dane są bardzo cenne, gdyż odnoszą się do najsilniej działających dawek, które wyniosły dla miedzi 5:10⁶, dla manganu 2·5:10⁶ i dla cynku 1:10⁶.

Przytoczeni powyżej autorowie stwierdzili przytem jeszcze jeden fakt ciekawy: mianowicie, że jednoczesna obecność dwóch lub trzech metali powoduje skutek o wiele silniejszy, niż obecność jednego z nich. Przyrosty suchej masy wyniosły:

miedź + mangan	299·7%
miedź + cynk	410·8%
mangan + cynk.	757·9%
miedź + mangan + cynk.	800·6%

Substancje organiczne działają również pobudzająco na wzrost roślin. I tak prof. Krzemieniewski (1908) stwierdził silne działanie próchnicy na wzrost *Azotobacter chroococcum*, który tej substancji zresztą nie przyswaja. Nie było to jednak działanie oligodynamiczne, gdyż użyte ilości próchnicy były dosyć duże. Natomiast do tej grupy zjawisk można zaliczyć działanie substancyj organicznych na wzrost rzęsy (*Lemna*). W doświadczeniach Ashby (1929) dodatek wyciągu z nawozu końskiego w koncentracji 1:10⁵ wywoływał przyrost 62·5%. Clark i Roller (1931) powtórzyli te doświadczenia w warunkach aseptycznych. Udało się im mianowicie przy pomocy nasyconego roztworu chlorku bielącego zabić bakterje i inne mikroorganizmy, znajdujące się na powierzchni pędów rzęsy. Kultury, przeprowadzone w warunkach zupełnej jałowości, wydały zdumiewający wynik: żadne pobudzenie wzrostu nie nastąpiło. Przyczyny tego zjawiska nie udało się wykryć. W każdym razie jest widoczne, że działanie substancyj organicznych na rzęsę jest pośrednie. W ich obecności pomnaża się silnie ilość mikroorganizmów w kulturze, zwłaszcza bakteryj. Prawdopodobnie pobudzająco działają dopiero substancje przez nie wytworzone.

Drugą serję faktów z dziedziny zjawisk oligodynamicznych u roślin stanowi niezbedność minimalnych ilości boru i cynku

dla niektórych roślin, podczas gdy większe ilości tych pierwiastków stanowią silne trucizny. Zostało to stwierdzone dopiero niedawno, gdyż odnośne badania wymagają nadzwyczajnych ostrożności. Chodzi mianowicie o to, że zarówno bor, jak i cynk są potrzebne roślinom w tak małych ilościach, że wystarczają tu zanieczyszczenia odczynników i drobne ilości, przechodzące do pożywek ze szkła i powietrza. Dopiero najstaranniejsze oczyszczenie odczynników, pokrycie szklanych naczyń warstwą parafiny i dokładne zabezpieczenie od kurzu stwarza kultury rzeczywiście wolne od omawianych pierwiastków.

Odnosnie do cynku *Mazé* już w roku 1914 wykazał niezbędność tego metalu dla kukurydzy. Jednakże jego praca, ogłoszona w bakterjologicznym czasopiśmie, uszła uwadze botaników. Dopiero w r. 1928 *Anna Sommer* potwierdziła spostrzeżenia *Mazé*'go na kulturach jęczmienia, słonecznika, gryki i bobu. Bez cynku rośliny te rosną póty tylko, dopóki starczy im zapas tego metalu, zawarty w nasionach. Zawartość drobnych ilości cynku w różnych roślinach, rosnących na zwykłej glebie, została stwierdzona jeszcze w r. 1908 przez *Javillier*'a.

Niezbędność boru została stwierdzona przez *Waringtona* w r. 1923 dla wielu roślin motylkowatych: dla bobu, lucerny, koniczyny. Wystarcza przytem dawka $1:2.5 \times 10^6$ kwasu boroowego, by zapewnić normalny rozwój. *Johnston* i *Fisher* (1910) stwierdzili nieodzowność boru także dla melonów i pomidorów. Jest rzeczą ciekawą, że groch może się obejść bez tego pierwiastka.

W związku z powyższem trzeba zauważyć, że przytoczone fakty nie stanowią nic wyjątkowego, albowiem czynniki chemiczne, decydujące o życiu i rozwoju roślin, bardzo często występują w wielkim rozcieńczeniu. Można tu przytoczyć przede wszystkim dwutlenek węgla, który w powietrzu znajduje się w ilości około 0.5 g na m^3 , co stanowi zaledwie 6×10^{-5} gramekwiwaleńców na litr, koncentracja jonów wodorowych w glebie waha się w granicach od 10^{-3} do 10^{-10} , koncentracja azotanów w wodzie morskiej wynosi około 10^{-5} i t. d.

*Z Pracowni botanicznej Wydziału rolniczo-leśnego
Politechniki Lwowskiej.*

LITERATURA.

1. Ashby E. The interaction of factors in the growth of Lemna. IV. The influence of minute quantities of organic matter upon growth and reproduction. — *Annals of Botany*. Vol. 43 (1929). 805—816, rys. 1—2.
 2. Beijerinck M. W. und van Delden A. Ueber eine farblose Bakterie, deren Kohlenstoffnahrung aus der atmosphärischen Luft herrührt. — *Centrbl. f. Bakteriologie. Abt. II*. Vol. 10 (1903) 33—47.
 3. Brenchley W. E. *Inorganic plant poisons and stimulants*. Cambridge University Press (1927). I—X, 1—134, ryc. 1—21.
 4. Clark N. A. and Roller E. M. The stimulation of Lemna major by organic matter under sterile and non-sterile conditions. — *Soil Science*. Vol. 31 (1931) 299—308, rys 1, tabl.I.
 5. Javillier M. Recherches sur la présence et le rôle du zinc chez les plantes. — Thèse. Paris (1908).
 6. Johnston E. S. and Fisher P. L. The essential nature of boron to the growth and fruiting of the tomato. — *Plant Physiology*. Vol. 5 (1930). 387—392, ryc. 1—3.
 7. Krzemieniewski S. Untersuchungen über *Azotobacter chroococcum* Beij. — *Bull. Acad. Cracovie. Année 1908*. 929—1050, tabl. 31.
 8. McHargue J. S. and Calfee R. K. Effect of manganese, copper and zinc on growth and metabolism of *Aspergillus flavus* and *Rhizopus nigricans*. — *The Botanical Gazette*. Vol. 91 (1931). 183—193, ryc. 1—7.
 9. Mazé P. Influences respectives des éléments de la solution minérale sur le développement du maïs. — *Annales de l'Institut Pasteur*. Vol. 28 (1914). 21—68.
 10. Sommer Anna. Further evidence of the essential nature of zinc for the growth of higher green plants. — *Plant Physiology*. Vol. 3 (1928). 217—221, ryc. 1—3.
 11. Warrington K. The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. — *Annals of Botany*. Vol. 37 (1923). 629 i nast.
-

Dopisek przy korekcie. Ciekawe wyniki otrzymał w ostatnich czasach Bortels¹⁾ odnośnie do rodzaju *Azotobacter*. Stwierdził on, że wyciągi z wyprażonej ziemi przyspieszają wzrost tej bakterji. Przyczyną wspomnianego działania okazały się związki molibdenu. Już dawka 1:10⁷ molibdenianu sodu działa pobudzająco. Optymalne działanie wypada przy dawce od 5:10⁷ do 1:10⁶. Wyniki te nabierają szczególnego znaczenia, skoro się weźmie pod uwagę pobudzające działanie próchnicy, stwierdzone przez prof. Krzemieniowskiego.

¹⁾ Bortels H.: Molybdän als Katalysator bei der biologischen Stickstoffbindung. — Arch. f. Mikrobiol. Vol. 1 (1930) 333—342.