

ROCZNIK LVIII.

1933

ZESZYT IV.

KOSMOS

Serja B.

PRZEGLĄD ZAGADNIENŃ NAUKOWYCH

POD REDAKCJĄ

D. SZYMKIEWICZA



WE LWOWIE

NAKŁADEM POLSKIEGO TOW. PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA
Z ZASIŁKIEM FUNDUSZU KULTURY NARODOWEJ

PIERWSZA ZWIĄZKOWA DRUKARNIA WE LWOWIE, ULICA LINDEGO LICZBA 4.

1933

TREŚĆ

	Str.
1. M. Ramult. — Powstawanie nowych ras i gatunków w świetle badań nad partenogenezą	153
2. Z. Weyberg. — O kierunku ogólnym reakcyj geo- chemicznych	175
3. M. Zieliński. — Wpływ miękkich promieni Roentgena na bakterje	191

Adres redakcji: Lwów, ul. Nabelaka 22.

KOSMOS

CZASOPISMO POLSKIEGO TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW IM. KOPERNIKA

Serja B.

PRZEGLĄD ZAGADNIEŃ NAUKOWYCH POD REDAKCJĄ D. SZYMKIEWICZA.

ROCZNIK LVIII.

ROK 1933.

ZESZYT IV.

MIROSLAW RAMUŁT

Powstawanie nowych ras i gatunków w świetle badań nad partenogenezą.

Oddawna było znanym faktem, że u niektórych gatunków skorupiaków niższych z rzędu liścionogów stosunek liczebny samców do samic zależnie od okolicy bywa bardzo różny. U formy słodkowodnej *Lepidurus productus* Bosc. oraz u zamieszkującej saliny nadmorskie i słone jeziora *Artemia salina* L. stwierdzono, że podczas gdy w jednych okolicach ilość samców dosięga 50% lub nawet je przewyższa, w innych okolicach procent samców jest znacznie mniejszy, a w innych wreszcie występują one tylko sporadycznie lub mogą zupełnie zanikać. Również pospolity w Europie gatunek liścionoga *Triops cancriformis* Bosc. wykazuje znaczne wahania w ilości procentowej samców.

Podobną zmienność stosunków liczbowych napotkano później także w obrębie innych rzędów skorupiaków, np. u pewnych małżoraczków słodkowodnych z rodz. *Cyprinotus* i u równonogów lądowych z rodz. *Trichoniscus*. Ta zmienność stosunków procentowych obu płci, pozostająca napozór przynajmniej w pewnym związku z rozmieszczeniem geograficznym, zwróciła uwagę szeregu zoologów. Z wielkiej ilości badań i studjów obszerniejszych, które przeprowadzono w tym zakresie na skorupiakach, najwięcej może światła rzuciły na tę kwestję badania C. Artom'a nad rodzajem *Artemia* i badania A. Van del'a nad rodzajem *Trichoniscus*. Przyniosły one wiele nowych faktów biologicznych z jednej a cytologiczno-rozwojowych

z drugiej strony. Dzięki tym faktom możemy się zbliżyć do poznania jednego z procesów biologicznych o ogólniejszym znaczeniu, pozostającym w związku z kwestją powstawania nowych ras i gatunków. Przedstawiona w skróceniu historia tych badań jest zarazem historią samego problemu t. zw. partenogenezy geograficznej, który się w toku tych badań wyłonił.

Najwcześniej zaczęto badać stosunki rozrodu u gat. *Artemia salina* (rys. 1). Już w pierwszej połowie ub. w. spostrze-



Rys. 1.

Artemia salina L. *a* — samica z Capodistria. Pow. $\times 7$ (z Doflein'a: „Das Tier als Glied d. Naturganzen“); *b* — samiec nieco silniej powiększony (z Bronna: „Die Klassen u. Ordnungen d. Tierreichs“).

żenia Joly'ego (1840) dały podstawę do przypuszczenia, że gatunek ten rozmnaża się partenogenetycznie. Spostrzeżenia te odnosiły się do kolonij *A. salina* w Villeneuve, składających się wyłącznie z samic. W niedługi czas potem (1851) Leydig odkrył w Cagliari kolonie tegoż gatunku, składające się tak

ze samic, jak i samców. Stwierdzono zatem możliwość dwójki sposobu rozmnażania u tego skorupiaka.

Dopiero jednak Siebold stwierdził doświadczalnie (1873—76), że *A. salina* w jednych okolicach rozmnaża się tylko drogą partenogenezy, w innych zaś tylko amfigonicznie¹⁾ przy udziale samców, jak przeważna większość skorupiaków (17). Wykazał ponadto, że jaja, pochodzące z kolonji amfigonicznie rozmnażającej się *A. salina*, przeniesione do zupełnie odmiennej okolicy, np. z jeziora słonego w Utah do Monachjum, dają w dalszym ciągu początek kolonji amfigonicznej, że zatem zmiana środowiska zdaje się nie wpływać na sposób rozmnażania (wedł. 11). Badania późniejszych autorów wykazały, że kolonie partenogenetyczne *A. salina* nie składają się ze samych samic, ale występują w nich także samce, jakkolwiek w bardzo nieznacznej ilości. Fakt ten dawał początkowo powód do przypuszczenia, że pewne warunki zewnętrzne, mianowicie temperatura i stopień odżywienia się, mogą wpływać na sposób rozrodu, raz amfigoniczny, innym razem partenogenetyczny w obrębie tej samej kolonji *Artemia salina*, i w związku z tem na pojawianie się lub też brak samców. Działaniu warunków zewnętrznych przypisywano wówczas duże znaczenie tak w zakresie zmienności morfologicznej, jak i zmienności w sposobie rozrodu.

Prócz temperatury i stopnia odżywienia brano jeszcze z czynników zewnętrznych pod uwagę stopień stężenia soli w środowisku naturalnem, jako jeden z czynników, mogących wpływać na sposób rozrodu u *A. salina*. Obserwacje i prace doświadczalne Schmankewitsch'a (1875—77), przeprowadzone na materjale *A. salina*, pochodzącej z okolic Odessy, odnosiły się wprawdzie głównie do wpływu zmian zasolenia na powstawanie u tego gatunku nowych odmian morfologicznych, w niektórych jednak miejscach swej pracy Schmankewitsch zwraca także uwagę na prawdopodobną zależność pojawu samców u partenogenetycznej *Artemia* z Odessy od zmian stężenia soli w zamieszkiwanych przez nią solankach.

¹⁾ Wyrazy amfigonia, rozród amfigoniczny, używane są w niniejszym artykule nie w znaczeniu szerszem, jako przeciwstawienie pojęcia rozrodu wegetatywnego, ale w przeciwstawieniu do partenogenezy, jako sposobu rozrodu, wyodrębnionego od właściwej amfigonji. W tem znaczeniu wyrazy te stale są używane w pracach Artom'a.

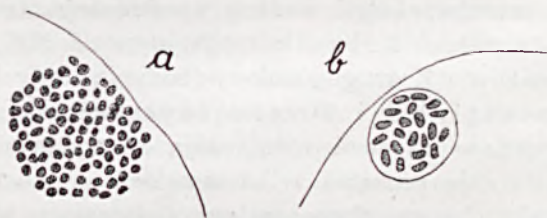
Wyraża przypuszczenie, że wogóle partenogeneza u tego skorupiaka powstała m. i. pod wpływem powyższego czynnika (16). Anikin (1899), który zresztą skrytykował daleko posunięte wnioski Schmankewitsch'a (co do możliwości przemiany *A. salina* we formę, należącą do rodzaju *Branchipus*), uznaje również wpływ warunków środowiska nie tylko na zmiany morfologiczne u *A. salina*, ale i na jej sposób rozrodu. Według Anikina jednak inny czynnik, mianowicie pogorszenie warunków odżywiania, wywołuje pojaw samców u tego gatunku (1). Dla zjawiska tego szukano analogji w objawach partenogenezy cyklicznej u wioślarek i wrotków, której przyczyny starano się również częściowo przynajmniej sprowadzić do wpływu temperatury i odżywienia. Niektórzy autorowie wogóle nie widzieli różnicy między objawami rozrodu u *Artemia* a typową partenogenezą cykliczną wioślarek.

Temu rozpowszechnionemu przez dłuższy czas pogładowi o wpływie warunków środowiska na sposób rozrodu u *Artemia salina* przeciwstawiają się oparte na danych cytologicznych wyniki prac C. Artom'a. Zdają się one wykluczać możliwość kolejnego następstwa amfigonji i partenogenezy w obrębie jednej i tej samej kolonji *Artemia salina*. Sporadyczne pojawy samców w kolonjach partenogenetycznych tego gatunku miałyby według Artom'a przyczynę w pewnych nieprawidłowościach natury cytologicznej, zdarzających się w czasie dojrzewania jaja partenogenetycznego, i byłyby bez znaczenia dla biologji gatunku. Z prac powyższego autora, które będą jeszcze w dalszym ciągu omówione, wynika, że w obrębie określonej kolonji *Artemia salina* może istnieć tylko jeden typ rozrodu.

C. Artom w pierwszych swych pracach (1905, 2) stwierdził, że w salinach nadmorskich w Cagliari w Sardynji żyje *Artemia salina*, u której ilość samców równa się mniej więcej ilości samic i która rozmnaża się wyłącznie drogą amfigonji. Jaja niezaplodnione u samic tych kolonij pozostają stale bez rozwoju. Potwierdził następnie spostrzeżenia dawniejszych autorów (Siebold, Brauer), że *Artemia*, żyjąca w salinach w Capodistria niedaleko Triestu, rozmnaża się wyłącznie drogą partenogenezy. Według spostrzeżenia Artom'a samce u *Artemia salina* w Capodistria zdarzają się zaledwie w liczbie 1—2 na 1000 osobników (11). Artom zauważył w dalszym ciągu,

że samice *A. salina* z Capodistria, przewieziona do Cagliari, rozmnażają się dalej partenogenetycznie, co przemawia według niego (podobnie jak poprzednio wspomniane spostrzeżenia Siebold'a) za tem, że sposób rozrodu u *Artemia* nie zależy od właściwości środowiska. Partenogeneza u *Artemia salina* z Capodistria przedstawia typ telytokiczny, dający początek wyłącznie samicom. Samice te nie krzyżują się zupełnie wzgl. nie ulegają zapłodnieniu przy łączeniu z samcami z Cagliari. Istnieje więc prawdopodobieństwo, że w dwóch wymienionych miejscowościach występują dwie odrębne rasy, różne pod względem sposobu rozrodu i wykazujące amiksję fizjologiczną.

Badania cytologiczne wykazały istnienie dalszych różnic między temi rasami. Biseksualna i amfigonicznie rozmnażająca się *Artemia* z Cagliari zawiera w jajach dojrzewającym 42 chromosomy, partenogenetyczna *Artemia* z Capodistria ilość dwa razy



Rys. 2

Płaszczyzna równikowa I-go podziału dojrzewania: a) u *Artemia salina* z Margherita di Savoia, b) u *Artemia salina* z Cagliari; u a — 84 chromosomów (rasa tetraploidalna, partenogenetyczna, nie różniąca się od rasy *A. salina* z Capodistria), u b) 21 chromosomów (rasa diploidalna, amfigoniczna, ilość chromosomów ulega redukcji). Pow. ok. $\times 1.800$. (Według Artom'a 7).

większą, mianowicie 84. W jajach *A. salina* z Cagliari podczas dojrzewania następuje wydzielenie dwóch ciałek kierunkowych przy typowych objawach redukcji chromosomów, których liczba w pronucleus przed zapłodnieniem wynosi 21, natomiast w jajach dojrzewającym *A. salina* z Capodistria wedł. Artom'a redukcja nie zachodzi (3) (rys. 2). Pod tym względem wyniki Artom'a stoją w sprzeczności z wynikami dawniejszych badań A. Brauer'a (1893), który w dojrzewającym jajach te same rasy *Artemia salina* zauważył wydzielanie 2-go ciała kierunkowego i następną zlewanie się jego z pronucleus, co do pewnego

stopnia odpowiadałoby procesowi zlania się pronuclei plemnika i jaja podczas normalnego zapłodnienia u rasy biseksualnej (13). Artom nie stwierdził na pochodzącym z tej samej miejscowości a badanym przez siebie materiale żadnych objawów redukcyjnych a odnośne spostrzeżenia Brauer'a polegają jego zdaniem na mylnej interpretacji obrazów cytologicznych.

Rasa gat. *Artemia salina* z Capodistria jest więc ze względu na ilość chromosomów polyploidalną w stosunku do rasy z Cagliari. Artom określa ją jako tetraploidalną, ponieważ rasie amfigonicznej z Cagliari przysługuje nazwa diploidalnej (gdy się bierze pod uwagę pełną, niezredukowaną ilość chromosomów).

Artemia salina z Odessy stanowi, jak wykazały badania cytologiczne, również rasę tetraploidalną, podobną do rasy z Capodistria. Różni się jednak od tej ostatniej częstotliwością samców, które według spostrzeżeń Schmankewitsch'a a także Artom'a mogą wynosić 30% i więcej ogółu osobników. Z drugiej strony badania innych autorów (Petrunkewitsch'a i Fries'a) wykazały, że samice tej rasy, hodowane w pracowni, rozmnażają się wyłącznie partenogenetycznie i dają początek tylko samicom. Artom te sprzeczne napozór objawy tłumaczy współistnieniem w okolicach Odessy dwóch różnych ras, obu tetraploidalnych, jednej czysto partenogenetycznej, drugiej biseksualnej, złożonej z samców i samic, których jaja rozwijają się tylko po zapłodnieniu. Tetraploidalność samców z okolic Odessy Artom wykazał w pracach z r. 1924 (8, 9). Nie będąc jednak w posiadaniu wystarczających danych cytologicznych ani rozwojowych Artom nie wypowiada się w sposób stanowczy o tej przypuszczalnej rasie tetraploidalnej a amfigonicznej; w swej najnowszej pracy (1931) uważa jeszcze istnienie tej rasy jako hipotetyczne (11). Że natomiast wogóle dwie rasy jednego i tego samego gatunku, różniące się sposobem rozrodu, mogą żyć na wspólnym terytorjum, to będzie widoczne z dalszych przykładów.

Stwierdzono istnienie obu wyżej opisanych ras *Artemia salina* również w szeregu innych miejscowości, położonych w różnych krajach i częściach świata. Rasa amfigoniczna *A. salina* oprócz z Cagliari znana jest z Kadyksu, z Cypru, z Damaszku, z Kairo, z jeziora słonego w Utah, z Kalifornii,

rasę partenogenetyczną oprócz Capodistria i Odessy znaleziono także w prow. włoskiej Puglia (Margherita di Savoia), na Sycylii, na Węgrzech, w Algierze i w Marokko. Trudno na podstawie tego zestawienia dopatrzeć się jakiejś prawidłowości w geograficznym rozsiadleniu obu ras; niema tu jakichś jednolitych zasięgów geograficznych, z pewną prawidłowością w rozmieszczeniu dwu różnych ras spotkamy się jednak u niektórych innych gatunków skorupiaków.

Stosunki u partenogenetycznych form małżoraczków (*Ostracoda*) nie są jeszcze w tym stopniu poznane, co u gatunku *Artemia salina*. Dotychczasowe spostrzeżenia zdają się jednak świadczyć o tem, że zachodzą tu podobne zjawiska rozrodu. *Cyprinotus incognuus*, najlepiej pod tym względem zbadany gatunek małżoraczków słodkowodnych, nie rozradza się stale drogą partenogenezy, ale występuje w kolonjach, z których jedne charakteryzuje brak samców i partenogeneza, w innych natomiast samce występują stale i rozród odbywa się drogą amfigonji. Co do sposobu tłumaczenia tych faktów niema jeszcze zgodności wśród autorów. Wohlgemuth (1914) twierdzi, że sposób rozrodu *C. incognuus* zależny jest od działania temperatury i odżywienia, wzmożenie obu tych czynników wpływa na powstanie i ustalenie się partenogenezy (podobnie jak według innych autorów u *Artemia salina* oraz u wioślarek) (28). G. W. Müller (14) natomiast uważa, że *C. incognuus* jest to pojęcie zbiorowe dla blisko ze sobą spokrewnionych, ale różniących się stałymi cechami form, z których jedne są wyłącznie partenogenetyczne, inne biseksualne, amfigoniczne. Zdarzają się jednak kolonje, w których samce pojawiają się tylko w pewnych odstępach czasu. Według Wohlgemuth'a byłby to rodzaj partenogenezy cyklicznej, podobnie jak u wioślarek, a występowanie pokoleń partenogenetycznych i biseksualnych zależałoby od wpływu zmieniających się warunków zewnętrznych. A. Vandel (25) zajmuje w tej sprawie stanowisko zbliżone do G. W. Müller'a, utrzymując, że w tego rodzaju kolonjach istnieją obok siebie dwie odrębne rasy partenogenetyczna i biseksualna, podobnie jak to Artom przypuszcza odnośnie do *Artemia salina* z Odessy. Zwraca jednak przytem uwagę na fakt nieznaną u *Artemia salina*, że im dalej na północ, tem bardziej u tego gatunku przeważa

partenogeneza nad amfigonją; w Szwecji np. samce *C. incongruens* nie są wogóle znane, w Europie środkowej są mniej lub więcej rzadkie, podczas gdy w Afryce Północnej ilość samców jest normalna i amfigonja jest regułą.

Ten związek między sposobem rozrodu a rozmieszczeniem geograficznym danego gatunku w wyraźniejszej jeszcze postaci zaznacza się u skorupiaka *Trichoniscus (Sphiloniscus) provisorius* Racovitza, należącego do grupy *Oniscoidea* rzędu *Iso-poda*. Grupa ta obejmuje prawie wyłącznie gatunki lądowe. Do rodziny *Trichoniscidae*, wchodzącej w skład tej grupy, należą jednak formy o organizacji pierwotniejszej, słabo tylko przystosowane do życia lądowego, przebywające stale w atmosferze nasyconej wilgocią. Rodzina ta w przeciwieństwie do innych rodzin grupy *Oniscoidea* obejmuje znaczną ilość gatunków, ras i odmian, często bardzo zbliżonych morfologicznie i trudnych do odróżnienia. Wśród tych form o lokalnym nieraz charakterze wyjątek stanowi *Trichoniscus provisorius* o znacznym rozprzestrzenieniu, obejmującym większą część Europy¹⁾.

A. Vandel, badacz wymienionej grupy stwierdził, że odsetek samców u tego gatunku jest bardzo różny w różnych okolicach, przyczem wyraźnie wzrasta w kierunku od północy ku południowi, przypominając do pewnego stopnia stosunki u *Cyprinotus incongruens*. W Szkocji, Norwegji i Finlandji niema samców zupełnie, w Niemczech i Holandji są rzadkie, we Francji zachodniej częstsze, wreszcie w obszarze śródziemnomorskim ilość ich jest normalna, t. j. stosunek samców do samic wynosi 1:2—3 (p. rys. 3). W obszarze tym według spostrzeżeń Vandel'a *Tr. provisorius* rozmnaża się wyłącznie drogą amfigonji, natomiast w bardziej północnych okolicach normalnym jego sposobem rozrodu jest partenogeneza²⁾. Dalsze badania jego

¹⁾ Nazwa *Trichoniscus provisorius* Racovitza jest według Vandel'a prawdopodobnie synonimem nazwy *Tr. pusillus auct.*, którą się stosuje do formy rozpowszechnionej w Europie środkowej. Vandel jednak używa stale tej pierwszej nazwy, ponieważ jej tylko odpowiada diagnoza dostatecznie ścisła, oparta na cechach zarówno samicy, jak i samca.

²⁾ Vandel stwierdził także istnienie dwóch ras: biseksualnej i partenogenetycznej u pokrewnego gatunku *Trichoniscus (Spiloniscus) biformatus* Racovitza (bardzo zbliżonego do *Tr. (Spil.) provisorius* Racovitza), który dotychczas znany jest tylko z Alp Nadmorskich i Pirenejów Wschodnich. Stosunki rozrodu u tego gatunku zbadał jednak Vandel szczegółowo tylko w jednej kolonii w Pirenejach.

nad tem zjawiskiem doprowadziły do odkrycia w obrębie gat. *Tr. provisorius* dwóch odrębnych ras, analogicznych do tych, których istnienie przyjmuje wraz z G. W. Müllerem u *Cyprinotus incongruens*, jednej wyłącznie partenogenetycznej, drugiej wyłącznie biseksualnej amfigonicznej. Rasy te nie mają możności mieszania się ze sobą, gdyż samice partenogenetyczne nie krzyżują się z samcami rasy amfigonicznej, a nawet w wyjątkowych wypadkach skrzyżowania tych samic nie ulegają



Rys. 3.

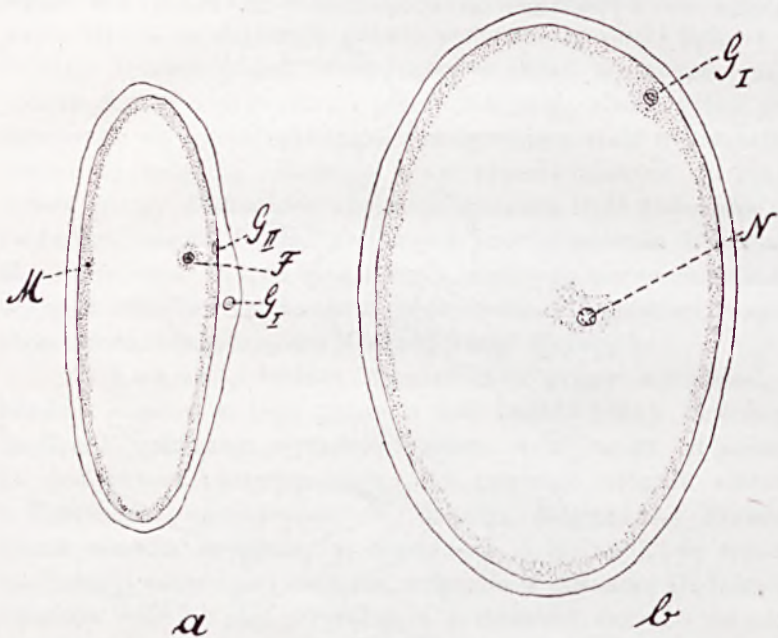
Mapka Europy wykazująca zależność stosunku liczbowego płci u *Trichoniscus provisorius* Racovitza od położenia geograficznego. Strefa I — brak samców; strefa II — 0—5% samców; strefa III — 5—15% samców; strefa IV — powyżej 15% samców. (Według Vandel'a 25).

zapłodnieniu i rozwój ich jaj ma charakter czysto partenogenetyczny.

Według wyników badań cytologicznych Vandel'a jajo rasy partenogenetycznej zawiera 24 chromosomów i nie przechodzi w czasie dojrzewania stadjum synapsis ani redukcji,

podczas gdy jajo rasy biseksualnej zawiera 16 chromosomów i ulega normalnej ich redukcji (rys. 4). Jajo rasy partenogenetycznej jest zatem triploidalnym w stosunku do jaja rasy amfigonicznej.

Na drodze partenogenezy u tego gatunku powstawać mogą tylko samice. Samce, o ile w mniejszym lub większym procencie towarzyszą samicom partenogenetycznym, należą do odrębnej



Rys. 4.

Jaja dojrzewające *Trichoniscus provisorius* w przekroju podłużnym: *a* — rasy biseksualnej, *b* — rasy partenogenetycznej. *F* — pronucleus jaja, *M* — pronucleus plemnika, *N* — jądro jaja partenogenetycznego, *G*₁ — 1. ciało kierunkowe, *G*₂ — 2. ciało kierunkowe. Pow. $\times 210$. (Według Vandel'a 25, nieco uproszczony).

rasy amfigonicznej, i wraz z niemi występują stale w takich kolonjach i samice tej drugiej rasy.

Vandel stwierdził już jako rzecz niewątpliwą (co w wypadku *Artemia salina* i *Cyprinotus* jest do pewnego stopnia jeszcze kwestją dyskusji), że te dwie rasy mogą istnieć, nie mieszając się ze sobą zupełnie, w tej samej okolicy, w tem samym

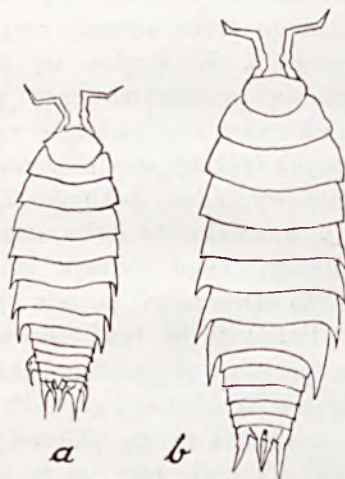
środowisku, wśród tych samych warunków zewnętrznych (25). U *Trichoniscus provisorius* nie byłoby więc zupełnie podstawy do szukania przyczyny partenogenezy wzgl. amfigonji w bezpośrednim działaniu różnych warunków zewnętrznych na ten sam gatunek.

Przyjmując istnienie tych dwóch ras i analizując wspomniane już poprzednio zjawisko zanikania u *Tr. provisorius* samców w miarę posuwania się ku północy, Vandel stwierdza, że rasa amfigoniczna zajmuje zasadniczo obszar śródziemnomorski, a począwszy od linii biegnącej wpoprzek południowej Francji (m. i. przez okolice Tuluzy, skąd pochodziła główna część materiału badanego przez autora) rozpoczyna się strefa t. zw. spanandryczna. W obrębie tej strefy w kierunku północnym wzmagają się procentowo rasa partenogenetyczna aż do zupełnego zaniku rasy amfigonicznej na dalekiej północy. Przy braku wyraźnych różnic morfologicznych między obu rasami może pozornie wyglądać, jakby w obrębie jednolitego typu ilość samców w stosunku do ilości samic zmniejszała się w kierunku ku północy. Tego rodzaju stosunki dały Vandel'owi podstawę do stworzenia pojęcia partenogenezy geograficznej. Definiuje ją temi słowy: „partenogeneza geograficzna jest to specjalny typ partenogenezy, którego cechą jest obecność w obrębie określonego gatunku dwóch ras, jednej rozmnażającej się normalną drogą płciową, a drugiej drogą stałej partenogenezy. Te dwie rasy zajmują zwykle odrębne obszary geograficzne, chociaż zasięgi ich mogą niekiedy zachodzić na siebie na mniejszej lub większej przestrzeni“ (25 str. 260). Definicję tę uzupełnia jeszcze dalej w ten sposób: „dla partenogenezy geograficznej charakterystycznym jest pod względem cytologicznym fakt, że rasa partenogenetyczna przedstawia się jako rasa poliploidalna w stosunku do rasy biseksualnej“ (ibid. str. 266).

Pojęcie partenogenezy geograficznej tak zdefiniowanej da się naogół zastosować także do stosunków, panujących tak u *Cyprinotus* jak i u *Artemia*. U tej ostatniej z pewnemi zastrzeżeniami. Widoczną jest jednak rzeczą, że w objawach partenogenezy i wogóle rozrodu u wszystkich wymienionych form chodzi o zjawiska tej samej kategorii, zasadniczo odmienne od zjawisk t. zw. partenogenezy cyklicznej, charakterystycznej

dla wioślarek (w ostatnich czasach odkryto u wioślarek jeden wyjątek, do którego jeszcze powrócimy).

Toteż Vandel rozciąga pojęcie partenogenezy geograficznej nie tylko na objawy rozrodu u wymienionych form skorupiaków, ale także na wszystkie analogiczne objawy u innych grup zwierzęcych. Chodzi tu głównie o niektóre gatunki wijów dwuparców (*Polyxenus*) oraz gatunki, należące do różnych rzędów owadów: prostoskrzydłych, chrząszczy, błonkówek, muchówek i motyli¹⁾, u których stosunek procentowy samców do samic ulega również wielkim zmianom w związku z rozmiesz-



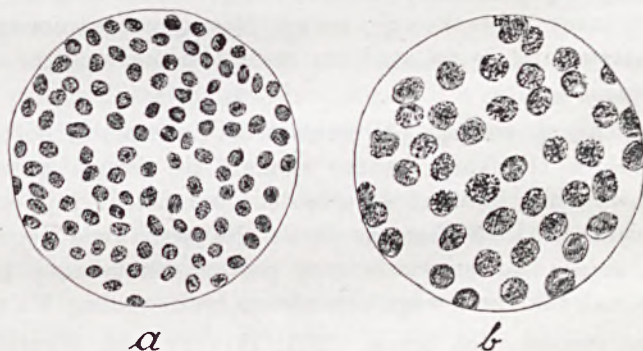
Rys. 5.

Samice gat. *Trichoniscus provisorius*: *a* — rasy biseksualnej, w wieku 338 dni, *b* — rasy partenogenetycznej, w wieku 215 dni. Pow. $\times 15$ (rys. konturowy na podstawie fotografii z Vandel'a 25).

zeniem geograficznym. Są to zwykle formy biologicznie izolowane, różniące się pod względem stosunków rozrodu od innych gatunków danej grupy, nieraz nawet blisko nich stojących pod względem systematycznym.

¹⁾ J. Seiler (1823) wykazał istnienie dwóch ras, partenogenetycznej i biseksualnej, u motyla, należącego do rodz. *Psychidae*: *Solenobia pineti* oraz u pokrewnego gatunku *S. triquetrella*. Rozmieszczenie obu ras u tych gatunków nie wykazuje jednak zależności od szerokości geograficznej.

Do objawów, towarzyszących partenogenezie geograficznej a wymienionych w definicji Vandel'a, można odnośnie do *Artemia* i *Trichoniscus* dodać jeszcze t. zw. gigantyzm rasy partenogenetycznej, t. j. większe wymiary ciała aniżeli u analogicznych stadjów rasy amfigonicznej (rys. 5). Przyczyną tego objawu są większe u rasy partenogenetycznej, niż u amfigonicznej wymiary komórek somatycznych przy niezmienionej ich ilości. Szczegółowe pomiary przeprowadzone przez Artom'a wykazały, że u *Artemia salina* tak komórki pochodzenia entodermalnego (jelito środkowe) jak i ektodermalnego (zwój wzrokowy) u rasy partenogenetycznej, tetraploidalnej, są wybitnie większe niż u rasy biseksualnej (rys. 6) (4, 6). Ten związek przyczynowy między poliploidalnością a gigantyzmem, stwier-



Rys. 6.

Jądra komórek jelita entodermalnego (części odwłokowej) u *Artemia salina*:
 a — rasy diploidalnej z Cagliari, b — rasy tetraploidalnej z Capodistria.

Pow. ok. X 600. (Według mikrofotogramu z Artom'a 6).

dzony przez Artom'a i Vandel'a u partenogenetycznych ras skorupiaków, znany jest w świecie roślinnym. Powiększenie komórki wywołane tu zostaje zwiększeniem ilości chromosomów w jej jądrze.

W związku z zagadnieniem partenogenezy geograficznej dwie kwestje pozostają do wyjaśnienia: 1. sposób powstawania tego rodzaju ras partenogenetycznych i 2. przyczyny ich szczególnego rozmieszczenia geograficznego. Próby wyjaśnienia kwestji pierwszej znajdujemy tak w pracach Vandel'a, jak i Artom'a.

Vandel przypuszcza, że punktem wyjścia jest wytworzenie się jądra poliploidalnego wskutek zlania się gamet przypadkowo niezredukowanych (26). (Jak o tem będzie jeszcze później mowa, przyczyny tego początkowego zahamowania redukcji Vandel szuka w działaniu pewnych czynników zewnętrznych). Następstwem powstania jądra poliploidalnego byłoby stałe zahamowanie redukcji chromosomów i ustalenie się w obrębie nowego pokolenia rozrodu partenogenetycznego. Zjawisko to według Vandel'a ma charakter mutacji nagłej. Porównywa on je do pewnego stopnia z powstawaniem mutantów u *Oenothera lamarckiana*. Twierdzenie to opiera na fakcie, że u *Trichoniscus provisorius* brak zupełnie form przejściowych między rasami biseksualną i partenogenetyczną. Jajo rasy biseksualnej amfigonicznej nie wykazuje nawet śladów t. zw. partenogenezy zaczątkowej; rozwój jaja niezapłodnionego u tej rasy zatrzymuje się na stadjum metafazy pierwszego podziału dojrzwania¹⁾.

Artom powstanie poliploidalności (tetraploidalności) u *Artemia salina* tłumaczy bądźto zlanie się dwóch gamet niezredukowanych, bądźteż zespoleniem pronucleus jaja z pierwszym ciałkiem kierunkowym (8, 9). Na podstawie jego badań nad *A. salina* powstawanie rasy partenogenetycznej nie miałyby jednak tak skokowego charakteru, jak według Vandel'a.

Najnowsza jego praca (1931, 11) przynosi wynik badań nad *A. salina* z Villeroy, miejscowości położonej w pobliżu nadmorskiej stacji francuskiej Cette. Artom stwierdził, że żyjąca tam *Artemia* stanowi odrębną rasę, diploidalną a rozradzającą się partenogenetycznie. Ilość samców jest u niej znikoma, podobnie jak u *Artemia* z Capodistria. Partenogeneza tej rasy ma jednak inny charakter niż tetraploidalnych ras z Capodistria i Odessy. W czasie dojrzwania jaja zachodzą typowe objawy synapsis i redukcji, poczem na drodze różnych procesów cytologicznych, m. i. przez zlanie się drugiego ciałka kierunkowego z pronucleus jaja, zostaje zrestytuowana pierwotna ilość

¹⁾ Vandel w swych dawniejszych pracach przypuszczał, że partenogeneza u *Trichoniscus* nie powstała odrazu drogą mutacji, ale drogą stopniowego doskonalenia się. Przytoczone jednak powyżej fakty rozwojowe skłoniły go do zmiany poglądu.

chromosomów. Rasa ta przedstawia zatem typ bliższy rasie amfigonicznej z Cagliari niż rasa z Capodistria.

Na podstawie wyników tych najnowszych badań Artom wyprowadza ogólny wniosek, że wszystkie dotychczas poznane rasy *Artemia salina* stanowią jeden zbiorowy gatunek, w obrębie którego można wyróżnić szereg biotypów związanych genetycznie. Jako biotyp pierwotny przyjąć należy amfigoniczną i diploidalną rasę z Cagliari. Z niej wytworzyła się również diploidalna rasa partenogenetyczna z Villeroy, która w procesie dojrzewania zdradza jeszcze swe niedawne pochodzenie od rasy biseksualnej charakterystycznymi dla tej ostatniej zjawiskami synapsis i redukcji. Jednym z dalszych pochodnych biotypów jest szeroko rozprzestrzeniona tetraploidalna rasa partenogenetyczna (m. i. w Capodistria i Odesie), stanowiąca biotyp bardziej ustalony od poprzedniego.

U *Artemia salina* zatem powstawanie rasy partenogenetycznej poliploidalnej odbywałoby się, jak wynika z tych badań, nie drogą nagłej mutacji, ale raczej jako proces ciągły, poprzez stadja przejściowe.

Próby wytłumaczenia drugiej części niniejszego zagadnienia, mianowicie przyczyn rozszedlenia geograficznego ras partenogenetycznych, znajdujemy w pracach Vandel'a (26). Dla *Artemia salina*, u której niema prawidłowości w rozszedleniu geograficznym tych ras, kwestja ta nie jest aktualna. Aby natomiast wytłumaczyć to zjawisko u *Trichoniscus provisorius*, Vandel cofa się do stosunków, które panowały w ubiegłych epokach geologicznych. Według hipotezy Vandel'a mianowicie w okresie trzeciorzędowym istniała na obszarze Europy tylko rasa amfigoniczna *Trichoniscus provisorius*; wyparta później najściem lądolodu z północy, zachowała się tylko w obszarze śródziemnomorskim; po ustąpieniu lodowców dyluwjalnych z nastaniem epoki cieplejszej, na początku t. zw. okresu holocenicznego, rozpoczęła się migracja *Tr. provisorius* ku północy.

Równocześnie z tą migracją odbywał się u *Tr. provisorius* proces przemian mutacyjnych, którego wynikiem było powstawanie rasy poliploidalnej partenogenetycznej. Na proces ten wpływały według Vandel'a dwie okoliczności: po pierwsze stan wzmózonej wrażliwości na działanie czynników zewnętrznych,

który nastaje u gatunków, będących w toku migracji, po drugie działanie właśnie w tym czasie niższej temperatury, na które był wystawiony migrujący gatunek w posuwaniu się na północ. Niższa temperatura otoczenia, jak Vandel przypuszcza, działając zwalniająco na wszelkie objawy życiowe zwierzęcia, spowodować może również zahamowanie procesu redukcji w dojrzewającym jaju. Im dłużej trwała migracja tego gatunku, tem dłużej trwał u niego okres mutacyjny i tem większy procent osobników przekształcał się w rasę partenogenetyczną. Dlatego najdalej na północy rasa ta dosięga 100%. Okres wrażliwości u *Trichoniscus provisorius* minął wraz z ustaniem migracji i obecnie niska temperatura nie wywiera już wpływu na rasę amfigoniczną. Dlatego np. w Pirenejach, dokąd *Tr. provisorius* migrował bardzo krótko, rasa partenogenetyczna mimo panującego tam chłodniejszego klimatu nie miała czasu się wytworzyć.

W ostatnim dziesiętku lat odkryto u skorupiaków jeszcze jeden szczególny przykład partenogenezy geograficznej. A. M. Banta stwierdził istnienie w Stanach Zjednoczonych kolonij jednej z bardzo pospolitych wioślarek *Daphnia pulex*, składających się wyłącznie ze samic i rozmnażających się drogą partenogenezy (12). *D. pulex*, rozmnażająca się, podobnie jak wszystkie wioślarki, drogą partenogenezy cyklicznej, może w pewnych warunkach laboratoryjnych okazywać niemal nieograniczoną partenogenezę, trwającą szeregi lat i setki pokoleń, produkuje jednak wtedy tylko t. zw. jaja letnie, które także w warunkach naturalnych rozwijają się stale partenogenetycznie. Jaja natomiast trwałe (t. zw. zimowe), o ile się kiedy pojawiają, mogą się rozwijać tylko po zapłodnieniu. Nowość w spostrzeżeniach Banta stanowi fakt, że u badanej rasy także jaja trwałe rozwijają się bez zapłodnienia. Jaja tego rodzaju zostały nazwane pseudoseksualnemi a rozmnażanie się za ich pośrednictwem rozrodem pseudoseksualnym. Badania cytologiczne, przeprowadzone przez Fr. Schrader'a (18) nad temi jajami, wykazały, że w przeciwieństwie do jaj trwałych ras zwyczajnych *D. pulex* jaja pseudoseksualne w czasie dojrzewania wydzielają tylko jedno ciało kierunkowe i redukcji chromosomów nie przechodzą; zachowują się więc pod tym względem jak jaja t. zw. letnie. Jaja tak letnie jak i zimowe tej rasy zawierają 24 chromosomów, są zatem heksa-

ploidalne w stosunku do rasy zwykłej *D. pulex*, które zawierają 8 chromosomów, a po redukcji (tylko u jaj zimowych) 4 chromosomy. Jakkolwiek rasa odkryta przez Banta wywodzi się zapewne nie wprost od rasy amfigonicznej (jak w poprzednio omówionych przykładach), tylko od rasy o partenogenezie cyklicznej, jednak pod względem zasadniczych właściwości zbliża się wybitnie do ras partenogenetycznych *Artemia* i *Trichoniscus*. Jest to rasa partenogenetyczna telytokiczna i poliploidalna. Z jej poliploidalnością łączą się, jak u *Artemia* i *Trichoniscus*, większe wymiary ciała niż u rasy pierwotnej. Dodać tu jeszcze należy, że rasę tę znaleziono także na Szpicbergu a więc na najdalej na północ wysuniętym stanowisku gatunku *Daphnia pulex* (Olofsson O.) (15).

Przyczyny powstawania ras partenogenetycznych, jak wynika z tego, co poprzednio było powiedziane, nie są dotychczas wyjaśnione w sposób dostateczny.

Przypuszczenie Vandel'a o wpływie obniżenia temperatury środowiska na zahamowanie redukcji, tłumaczące do pewnego stopnia stosunki u *Trichoniscus provisorius*, nie wystarcza do wyjaśnienia objawów analogicznych u tych gatunków, które nie wykazują wzmaganania się procentowego rasy partenogenetycznej w kierunku ku północy. Tak samo nie jest jeszcze rozstrzygnięta kwestja, czy powstawanie tych ras odbywa się drogą naglej mutacji, czy też stopniowego przekształcania się typu amfigonicznego w partenogenetyczny. Może u różnych form proces ten odbywa się rozmaicie. W każdym razie partenogeneza ta ma charakter telitokicznej, nieograniczonej. Partenogeneza ta wiąże się ponadto przyczynowo z poliploidalnością i chociaż zdarzyć się może także rasa nie poliploidalna, jak rasa *Artemia salina* z Villeroy, ma ona jednak charakter biotypu nieustalonego, będącego prawdopodobnie przejściem do rasy poliploidalnej.

Partenogeneza tego typu, jak już było zaznaczone, występuje jako zjawisko odosobnione u pewnych form lub ściśle ograniczonych grup form bardzo blisko ze sobą spokrewnionych, podczas gdy ogół pokrewnych gatunków danej grupy zwierząt nie wykazuje ani śladu tych objawów. Np. z pomiędzy 28 znanych gatunków rodzaju *Trichoniscus*, należących do podrodzaju *Spiloniscus*, znana jest partenogeneza tylko u dwóch

gatunków *Trichoniscus (Spiloniscus) provisorius* i *Tr. (Sp.) biformatus* (u tego ostatniego mniej zbadana). Vandel uważa partenogenezę geograficzną wogóle za zjawisko świeżej daty, które nie zdążyło jeszcze ogarnąć większych grup zwierząt. Sądzi, że pojawia się ona u form, znajdujących się w okresie pewnego braku równowagi, będących właśnie w toku ewolucji. Jak niedawne jest pochodzenie formy partenogenetycznej z biseksualnej, może świadczyć np. zachowanie się u samic rasy partenogenetycznej *Trichoniscus* zupełnie normalnego *receptaculum seminis*, które, jak badania wykazały, jest dla nich bez znaczenia biologicznego.

Vandel na podstawie studjów nad *Trichoniscus* sądzi, że pojawianie się rasy partenogenetycznej jest pierwszym stopniem do powstania nowego gatunku. Pierwotna rasa biseksualna i pochodząca od niej partenogenetyczna pod względem morfologicznym nie różnią się wcale albo tylko bardzo nieznacznie, pomijając różnice w rozmiarach ciała i w rozmiarach komórek. Ponieważ jednak między temi rasami skrzyżowanie nie dochodzi do skutku i powstanie form przejściowych nie jest możliwe, muszą one odbywać dalszą ewolucję w kierunkach rozbieżnych i po upływie pewnego czasu wytworzyć nowe gatunki.

Zagadnienie partenogenezy geograficznej pozostaje zatem w ściślejszym związku z ogólnem zagadnieniem ewolucji gatunków. Powstawanie nowych ras partenogenetycznych, podobnie jak powstawanie mutantów amfigonicznie się rozradzających, stanowi jedną z dróg, po których odbywa się proces tej ewolucji.

Z Zakładu Zoologii Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie.

Już po oddaniu do druku niniejszego artykułu, ogłoszone zostały nowe spostrzeżenia A. Vandel'a dotyczące gatunku *Trichoniscus provisorius* Racovitza (29 i 30). Ten ostatni, t. j. jego rasa biseksualna, ma się składać mianowicie z dwóch bardzo zbliżonych, jednakowoż odrębnych gatunków: *Trichoniscus provisorius* s. str. i *Tr. elisabethae*. Różnice morfologiczne między temi gatunkami występują tylko u samców w budowie exopoditu na odnóżach pływnych I pary. Poprzednio zaś opisana rasa partenogenetyczna byłaby rasą gatunku

Tr. elisabethae (wedł. nowej nomenklatury), za czym przemawiałoby przede wszystkim to, że samice rasy partenogenetycznej niekiedy oprócz samic produkują w niewielkiej ilości samce. Samce te nie różnią się w niczem od samców *Tr. elisabethae* nie tylko pod względem morfologicznym, ale i pod względem cytologicznym, stanowiąc, podobnie jak te ostatnie, formę diploidalną o 16 chromosomach w jądrach komórek somatycznych, podczas gdy samice partenogenetyczne, od których te samce pochodzą, mają ilość chromosomów tak w jądrach komórek somatycznych, jak i jajowych równą 24.

Wyżej przytoczone nowe spostrzeżenia zmieniałyby nasz stan wiadomości o stosunkach rozrodu u skorupiaka *Trichoniscus*, że głównie pod tym względem rasa partenogenetyczna triploidalna (obecnie zaliczana do gatunku *Tr. elisabethae*) jest jeszcze typem niezupełnie ustalonym, w którego garniturze chromosomowym mogą (wedł. Vandel'a), zachodzić wypadki rozszczepienia, a wynikiem tego rozszczepienia jest powstawanie samców diploidalnych.

Dalsze badania w tym kierunku wyjaśnią może ostatecznie sprawę stosunku obu tych ras biologicznych. Z dotychczasowego przedstawienia rzeczy przez Vandel'a wynikałoby, że w obrębie rodzaju *Trichoniscus* mamy w dalszym ciągu do czynienia z gatunkiem, obejmującym dwie rasy: diploidalną biseksualną oraz triploidalną partenogenetyczną, przyczem ta ostatnia jest typem jeszcze niezupełnie ustalonym.

Te stosunki u *Trichoniscus* przypominałyby opisane w poprzednich ustępach artykułu stosunki u *Artemia salina*, gdzie rasa partenogenetyczna poliploidalna również nie jest typem bezwzględnie wyodrębnionym od rasy biseksualnej i jest prawdopodobnie w możności produkować samce, jak na to wskazywałyby dane odnośnie tak do rasy partenogenetycznej z Capodistria, jak i do rasy partenogenetycznej z Odessy.]

Hipoteza nagłego, mutacyjnego powstawania ras partenogenetycznych nie zyskuje jednak przez te fakty poparcia; występowanie form partenogenetycznych jeszcze niezupełnie ustalonych, wykazujących pewną łączność biologiczną z typem biseksualnym, przemawiałoby raczej za prawdopodobieństwem stopniowego wykształcania się i ustalania tych ras w obrębie różnych, oddalonych nieraz w systemie zwierzęcym gatunków.

LITERATURA.

1. Anikin W. P. Einige biologische Beobachtungen über die Crustaceen der Gattung *Artemia*. Mitth. Kais. Univ. Tomsk. T. XIV. (ref. przez N. Adelung'a w Zool. Centr. VI, 1899).
2. Artom C. Ricerche sperimentali sul modo di riprodursi dell' *Artemia salina* L. di Cagliari. Biol. Centr. XXVI, 1905.
3. Artom C. Il numero dei cromosomi e la maturazione dell' uovo dell' *Artemia* partenogenetica di Capodistria e dell' *Artemia* sessuata di Cagliari. Biologica. Vol. 1, 1906.
4. Artom C. Analisi comparativa della sostanza cromatica nelle mitosi di maturazione e nelle mitosi di segmentazione dell' uovo dell' *Artemia* sessuata di Cagliari e dell' uovo dell' *Artemia* partenogenetica di Capodistria. Arch. f. Zellf. VII, 1911.
5. Artom C. Le basi citologiche di una nuova sistematica del genere *Artemia*. Arch. f. Zellf. IX, 1913.
6. Artom C. Nuovi fatti e nuovi problemi sulla biologia e sulla sistematica del genere *Artemia*. Atti della R. Accad. Naz. Lincei. Rendiconti Clas. Fiz. Mat. Nat. Ser. V. Vol. XXIX, 1920.
7. Artom C. Dati citologici sul tetraploidismo dell' *Artemia salina* di Margharita di Savoia (Puglia), ibidem Vol. XXX, 1921.
8. Artom C. Il tetraploidismo dei maschi dell' *Artemia salina* di Odessa, ibidem Vol. XXXII, 1924.
9. Artom C. Ancora dell' tetraploidismo dei maschi dell' *Artemia salina* di Odessa, ibidem Vol. XXXIII, 1924.
10. Artom C. Tetraploidismo e Gigantismo. Int. Rev. ges. Hydrobiol. u. Hydrographie. Bd. XVI, 1926.
11. Artom C. L'origine e l'evoluzione della partenogenesi attraverso i differenti biotipi di una specie collettiva (*Artemia salina* L.) con speciale riferimento al biotipo diploide partenogenetico di Sète. Memoria delle Reale Accad. d'Italia. Clas. Sc. Fiz. Mat. Nat. Vol. II. (Biologia Nr. 1), 1931.
12. Banta A. M. A Thelytokous Race of Cladocera in which Pseudo-Sexual Reproduction occurs. Ztschr. f. ind. Abst. u. Vererb. lehre. XL, 1926.
13. Brauer A. Zur Kenntnis der Reifung des partenogenetischen Eies von *Artemia salina*. Arch. mikr. Anat. 43, 1893.
14. Müller G. W. Ostracoda. Kükenthal-Krumbach Handb. d. Zoologie. Bd. III, 1926—27.
15. Olofsson O. Studien über die Süßwasserfauna Spitzbergens. Zool. Bidrag. VI, 1918.
16. Schmankewitsch Wl. Zur Kenntniss des Einflusses der äusseren Lebensbedingungen auf die Organisation der Thiere. Ztschr. f. wiss. Zool. XXIX, 1877.
17. Siebold C. Über die Parthenogenese der *Artemia salina*. Sitz. Ber. d. math.-phys. Clas. k. b. Akad. Wiss. München. Bd. III, 1873.

18. Schrader Fr. The Cytology of Pseudo-Sexual Eggs in a Species of *Daphnia*. Ztschr. f. ind. Abst. u. Vererb.-Lehre. XL, 1926.

19. Vandel A. La Spanandrie (disette de mâle) géographique chez un Isopode terrestre. C. R. Acad. Sc. Paris. Tome CLXXIV, 1922.

20. Vandel A. L'Existence et les conditions de la Parthénogenèse chez un Isopode terrestre, *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *provisorius* Racovitza, ibidem T. CLXXVII, 1923.

21. Vandel A. La Spanandrie (disette de mâles) géographique chez un Crustacé branchiopode: *Lepidurus apus* (L.) Ibidem. T. CLXXVIII, 1924.

22. Vandel A. Triploïdie et Parténogenèse chez l'Isopode, *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *provisorius* Racovitza, ibidem T. CLXXXIII, 1926.

23. Vandel A. La Cytologie de la Parthénogenèse Naturelle. Bull. Biol. France-Belgique T. LXI, 1927.

24. Vandel A. Gigantisme et Triploïdie chez l'Isopode *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *provisorius* Racovitza. C. R. Soc. Biol. XCVII, 1927.

25. Vandel A. La Parthénogenèse Géographique. Bull. Biol. France-Belgique. T. LXII, 1928.

26. Vandel A. La Parthénogenèse Géographique. X-e Congrès International de Zoologie à Budapest 1927 (1929).

27. Vandel A. La Parthénogenèse. Encyclop. Scient. Paris, 1931.

28. Wohlgemuth R. Biologie der Süßwasser-Ostracoden. Int. Rev. d. ges. Hydrobiologie u. Hydrographie. Bd. 6. Suppl. 1914.

29. Vandel A. Sur l'existence de deux espèces de *Trichoniscus* de sous-genre *Spiloniscus* (Crustacés, Isopodes) jusqu'ici confondues et sur leurs rapports réciproques. C. R. Acad. Sc. Paris. T. CXIII, 1931.

30. Vandel A. Sur l'existence de mâles L'origine parthénogénétique et sur la constitution génotypique des femelles parthénogénétiques de *Trichoniscus* (*Spiloniscus*) *Elisabethae* Herold (Crustacés, Isopodes). Ibidem. T. CXIII, 1931.

O kierunku ogólnym reakcyj geochemicznych.

Każde spostrzeżenie, nawet nieumiejętne, powierzchowne, dorywcze, dokonane nad temi ciałami, z których się składają dostępne nam bezpośrednio części powłoki ziemskiej, niezwłocznie doprowadza nas do wniosku, że wszystkie te ciała są wynikiem reakcyj chemicznych i że pomiędzy nimi również zachodzą reakcje chemiczne. W świeżych jamach, wykopanych do wydobywania gliny na wyrób cegły, widzimy często glinę zielonawą lub sinawą, która po kilku dniach leżenia na powierzchni brunatnieje. Gdzie obok wapieni są tereny piaszczyste lub gliniaste, na wapieniu widzimy glebę zupełnie odmienną od tej, która tuż obok leży na glinie lub piasku. Wszędzie, gdziekolwiek zwrócimy uwagę na jakąś skałę, rzuca nam się w oczy różnica pomiędzy jej powierzchnią i jej częściami zewnętrznymi a jej wnętrzem, odsłoniętem np. w kamieniołomach. Czy miasto się kanalizuje, czy układa się nowy gościniec, czy buduje się drogę żelazną, wszędzie dostrzegamy różne odmienne od siebie zespoły mineralne, które nasuwają nam przekonanie, że jeżeli każdy z nich jest odmienny, to powstał z czegoś innego, na drodze odrębnych przemian i przeistoczeń odrębnych. Wiadomo każdemu, że w Inowrocławiu, Wieliczce, Bochni, Stebniku, Kałuszu jest sól, że w Zagłębiu Krakowskim i Dąbrowskim jest węgiel, że w Olkuszu są kruszce cynku i ołowiu i że w innych miejscowościach tych ciał niema. Stąd wnosimy, że w każdej z tych miejscowości zachodziły jakieś reakcje chemiczne, których wynikiem są ciała rzeczone,

że jeżeli w każdej z tych miejscowości powstał inny związek chemiczny, to zachodziła tam reakcja, odmienna od reakcji zaszłej w miejscowości innej.

Jednym słowem o zachodzeniu reakcyj chemicznych w powłoce ziemskiej jesteśmy przekonani oddawna. Wiele z tych reakcyj wyjaśniono, niejedną nawet odtworzono, to jest wywołano, przeprowadzono i sprawdzono w pracowniach naukowych tak, iż obecnie coraz częściej słyszymy o „geochemji“, jako o nauce ujmującej wszelkie reakcje, zachodzące w powłoce ziemskiej. Właściwie mówiąc, nie jest to nauka nowa, jest to jedynie nowa nazwa, obejmująca dotychczasową mineralogję, t. j. naukę o minerałach, czyli o substancjach ziemskich, petrografję czyli naukę o skalnych zespołach minerałów, pokładoznawstwo czyli naukę o złożach rudnych, kruszcowych i solnych, oraz niektóre działy geologii, oceanografji i meteorologii od czasu, gdy te umiejętności wyszły ze stanu nauk opisowych i wstąpiły w stadjum głębszego wnikania w istotę ciał i zjawisk ziemskich.

Jeżeli więc poznaliśmy już nieco reakcyj geochemicznych, to wypada zastanowić się, czy reakcje te są zbiorem zjawisk odrębnych, nie wykazujących jakiejś łączności, nie dających się ująć w jakąś myśl ogólną, czy też przeciwnie w ich biegu daje się dostrzec jakiś jeden prąd wspólny.

Już choćby z tytułu, jakim opatrzone artykuł niniejszy, czytelnik może wnioskować, że nauka współczesna doszła do pewnych uogólnień, stwierdzających istnienie wspólnej drogi, wspólnego niejako celu, do którego zdąża przebieg reakcyj geochemicznych. Jeżeli pozwolimy sobie na wyrażenie obrazowe, przenośne, to możemy powiedzieć, że bieg ogólny reakcyj geochemicznych jest niejako ożywiony duchem przejścia od jednorodności do dyferencjacji i koncentracji, że mianowicie widzimy w nim dążenie do tego, aby każde ciało doszło do jaknajwiększej prostoty składu, oraz aby się wyodrębniło z pośród innych i zebrało się w jeden zespół, w jedną masę.

Rzeczą artykułu niniejszego jest przytoczenie dowodów prawdziwości tego twierdzenia powołaniem się na różne reakcje geochemiczne, które dotychczas wyjaśniono. Zanim jednak przystąpimy do tego, musimy przedtem podać nieco wiadomości podstawowych, koniecznych do zrozumienia rzeczy.

Pomiarami trzęsień ziemi oraz całokształtem spostrzeżeń i rozważań nad ziemią, jako całością, geofizycy stwierdzają, że niewątpliwie na głębokości jednej setnej promienia ziemi zachodzi zasadnicza zmiana we własnościach naszej planety. Innymi słowy uznają oni, że wewnątrz ziemi jest czemś odrębnym od jej „skorupy“. Skorupa ta wszakże nie w całej grubości jest dostępna badaniom naszym. Odsłania się nam ona jedynie w obnażeniach, czyli w przekrojach, t. j. w odkrywkach geologicznych, tam mianowicie, gdzie wcięły się w nią głębokie jary i doliny lub gdzie połamała się ona lub pofałdowała, pogięła i mniej lub więcej wypiętrzyła. Jedne z tych odsłoneń pozwalają nam głęboko wejrzeć w skorupę ziemi, inne płytko zaledwie. Średnia głębokość bezpośrednio dostępnych części skorupy ziemskiej wynosi mniej więcej około jednej trzechsetnej części promienia ziemskiego. Tę więc zewnętrzną część skorupy ziemskiej, dostępną nam bezpośrednio, której przeto badanie chemiczne jest możliwe, nazywamy „powłoką“ ziemi i o niej wyłącznie rozprawiamy w geochemji. Powłoka ziemska, jako bezpośrednio nam dostępna, jest przedmiotem nie tylko badania chemicznego, ale i historycznego. Studjując stosunki przestrzenne mas odrębnych, stanowiących powłokę ziemską, oraz zachowane w nich zmineralizowane szczątki organizmów wygasłych, geolodzy ustalili, że jedne z tych mas są dawniejsze, inne powstały później i na zasadzie porównania tych mas na całej ziemi nakreślili bieg dziejów powłoki ziemskiej, zawarty w tak zwanej geologii historycznej.

Gdy porównujemy treść chemiczną, substancjonalną, mas różnego wieku geologicznego, to dochodzimy nasamprzód do jednego z najważniejszych wyników geochemicznych. Z porównania tego okazuje się mianowicie, że ogólny bieg i charakter zjawisk geochemicznych nie podlegał zmianom w czasie. W przeszłości powłoki ziemskiej reakcje geochemiczne były te same i takie same, jak te, których wyniki obserwujemy obecnie. Jak daleko możemy sięgnąć w przeszłość powłoki ziemskiej, zawsze i wszędzie w jednakowych warunkach znajdujemy powstawanie tych samych połączeń chemicznych, skojarzonych w te same zespoły. Najdawniejsze osady, o ile nie znalazły się w sferze działania warunków metamorfizacji, są zespo-

łami takich samych minerałów, jak te, które widzimy w analogicznych osadach najmłodszych. Najdawniejsze skały, powstałe z masy ognistociekłej, istotą chemiczną nie różnią się od law wulkanów obecnie czynnych. Tworzenie się zespołów jednakowych chemicznie zarówno pod względem jakościowym jak ilościowym dowodzi, że charakter procesów geochemicznych nie zmienił się w ciągu długiego ciągu epok geologicznych, których pozostałości są dostępne badaniu naszemu. Spostrzeżenia te dowodzą również, że ogólny skład ilościowy powłoki ziemskiej pozostawał niezmienny, gdyby bowiem się zmieniał, to zmiany jego niechybnie wyrażałyby się powstawaniem odmiennych zespołów mineralnych podczas każdej zmiany i po niej. Ta niezmiennosc jakościowa i ilościowa ogólnego składu chemicznego powłoki ziemskiej przez cały czas jej historii geologicznej jest dowodem, że tylko powłoka ziemska jest ośrodkiem zjawisk geochemicznych, że wewnątrz ziemi nie miało w nich udziału. Wszelkie więc uogólnienia, do jakich możemy dojść na zasadzie zjawisk współczesnych, możemy również uważać za słuszne w każdej dobie z przeszłości dostępnej badaniu historii geologicznej.

Ten wynik geochemiczny jest zgodny z ogólnymi wynikami badań wygasłego świata organizmów zwierzęcych i roślinnych. Mianowicie, pomimo bardzo wielu i bardzo urozmaiconych zmian morfologicznych, istota ogólna organizacji zwierząt i roślin pozostaje ta sama, ta sama zależność od warunków, jednakowy sposób przystosowywania się do nich, a więc jedno tło procesów biochemicznych. A ponieważ świat organiczny jest w jaknajściślejszej łączności z historią powłoki ziemskiej, więc jeżeli procesy życiowe zawsze były te same, to musimy wnosić, że ustosunkowanie się warunków ciepła, stężenia gazów, roztworów wodnych i t. p. nie odbiegały znacznie i zasadniczo od tych warunków, w których obecnie żyjemy. Nie wiemy, dlaczego jedne grupy zwierząt i roślin zanikały a pojawiały się inne, nie wiemy, czy przyczyny ewolucji organizmów kryją się w samej istocie procesów życiowych, czy też leżą poza nimi, jednak widzimy, że zmiany świata organicznego nie ogarniają tła ogólnego procesów życiowych. Morfologia zwierząt i roślin się zmieniała, ale przez wszystkie epoki dostępnych nam dziejów powłoki ziemskiej powstawały osady

wapienne ze szkieletów koralii, mięczaków i otwornic, węgle z bu-
twiejących roślin, osady krzemionkowe ze szkieletów wodo-
rostów i t. p.

Czynnikiem zasadniczym, główną przyczyną zjawisk che-
micznych, zachodzących w jakimś środowisku, jest elemen-
tarny skład chemiczny tego środowiska. Podstawą więc sądu
o zjawiskach geochemicznych jest poznanie ryczałtowego, su-
marycznego składu powłoki ziemskiej jako całości. Wobec róż-
norodności składu i budowy tej powłoki oznaczenie jej składu
ogólnego nie jest to bynajmniej zagadnienie proste i łatwe.
Na rozwiązanie tego zagadnienia złożyły się prace wielu ty-
sięcy geologów, petrografów, mineralogów i chemików całego
stulecia, a opracowywanie materiałów naukowych do rozwią-
zania tego zagadnienia potrzebnych, które zdobyły te grona
badaczy, też zgórą już sto lat się odbywa.

Myśl obliczenia ryczałtowego składu ilościowego powłoki
ziemskiej powstała w Anglii na początku stulecia dziewiętna-
stego. Mianowicie W. Phillips (1817) pierwszy obliczył pro-
centową zawartość pierwiastków chemicznych najpospolitszych
w powłoce ziemskiej. W roku 1830 H. de la Beeche starał
się dokładniej wyrachować te liczby z analiz skał i z map geo-
logicznych. W czwartym dziesięcioleciu wieku dziewiętnastego
rozwiązanie zagadnienia omawianego posunął naprzód słynny
geolog francuski Elié de Beaumont. Podstawą tych obliczeń
był zasób ówczesnych, jeszcze dość szczupłych, wiadomości geo-
logicznych i chemicznych, więc liczby otrzymane wtedy były
tylko pierwszym przybliżeniem. W miarę wszakże, jak rozwój
nauk przyrodniczych pociągał ku badaniom ziemi coraz większe
zastępy różnych specjalistów we wszystkich krajach cywilizo-
wanych, zasób wiadomości zawartych w publikacjach przy-
rodniczych wzrastał, rzecz można, kolosalnie. Stan faktyczny
wiadomości o skałach ziemskich stał się tak zasobny i różno-
rodny, iż można było myśleć o dojściu do wyników dokład-
nych. Do opracowania tego materiału w sensie obliczenia ry-
czałtowego składu chemicznego powłoki ziemskiej zabrał się ame-
rykanin Frank Wigglesworth Clarke. Zarazem w kie-
runku rozwiązania tego zagadnienia wpłynął on na zorganizowanie
odpowiednie pracy geologów, petrografów, mineralogów
i chemików państwowego instytutu geologicznego Stanów Zje-

dnoczonych Ameryki Północnej, słynnego i zasłużonego „Geological Survey U. S. A.“

Sposób wykonania tej pracy w zarysach najogólniejszych jest taki. W celu obliczenia ryczałtowego składu chemicznego powłoki ziemskiej dzieli się powierzchnię ziemi na odpowiednie regjony. Z mapy geologicznej każdego regjonu oznacza się jego budowę geologiczną i petrograficzną do umówionej głębokości szesnastu kilometrów (dziesięciu mil angielskich) jako średniej grubości odsłoneń geologicznych. Wylicza się następnie objętość każdego z osobna utworu skalnego, każdej jednostki geologicznej w opracowywanym regjonie. Z analizy chemicznej każdej skały, z jej gęstości i z objętości, jaką ona zajmuje w regjonie, oblicza się zasób każdego pierwiastka chemicznego, znajdujący się w tym regjonie. Potem sumuje się dane obliczone z każdej skały opracowywanego regjonu i otrzymuje się jego ilościowy skład chemiczny, a wreszcie sumuje się regjony i otrzymuje się skład całej powłoki ziemskiej.

F. W. Clarke ogłosił pierwsze wyniki swych obliczeń w roku 1880, ale pracuje on dalej niezmiernie, wprowadzając do rachunku dane nowe i korygując niemi wyniki dawniej otrzymane. W roku 1890 J. Vogt, mineralog norweski, również przedsięwziął tę pracę. Doszedł on do wyników liczbowych takich samych, jak F. W. Clarke. Później sprawą tą zajął się również amerykańnin H. Washington. Obecnie pracuje on i ogłasza wyniki obliczeń wspólnie z F. W. Clarkem.

Jeden z wyników tych obliczeń szczególnie jest godzien uwagi. Okazuje się mianowicie, że ryczałtowy skład chemiczny jednego jakiegoś regjonu, nawet niezbyt rozległego, jak np. Wielka Brytania, naogół mało się różni od składu chemicznego całej powłoki ziemskiej. Skład chemiczny tej powłoki, obliczony na obszarze Europy, okazał się też prawie taki sam, jak na obszarze Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej. Z tej zgodności wysnuwamy dwa wnioski. Po pierwsze sądzimy, że w przyszłości dokładniejsze badania terenów znanych oraz materiały nowe z obszarów dotychczas niezbadanych zasadniczo nie zmienią już wyników obliczeń dotychczasowych. Powtóre wnosimy, że pomimo zróżniczkowania się powłoki ziemskiej na różne minerały i różnorodne ich zespoły, oraz pomimo uroz-

maicenia w jej składzie i budowie geologicznej, jako całość wszędzie naogół jest ona jednakowa.

W pierwszej chwili drugi z tych dwu wniosków wydaje się nieoczekiwany. Gdy jednak wnikiemy w rzecz nieco głębiej, okaże się on zupełnie naturalny. Z badań omawianych wynika między innymi to, że powłoka ziemska składa się przeważnie ze skał magmowych, t. j. z takich, które powstały zastygnięciem masy ognistociekłej. Ilościowy stosunek wielkich grup skalnych w powłoce ziemskiej jest mianowicie następujący:

Skały magmowe	95,00%
Osady ilaste.	4,00%
Piaskowce i piaski	0,75%
Wapienie	0,25%

Różnorodność skał widzimy na powierzchni ziemi i w jej bliskości. Głębiej w powłoce ziemskiej ciągnie się dość jednostajna strefa skał magmowych. Skały te tworzą wielkie jednostki geologiczne, jak np. płyta granitowa Wołyńsko-Ukraińska, która od Korca na wschód ciągnie się daleko w głąb państwa Rosyjskiego, na zachodzie i na północy zapada się pod osady i dopiero wyspy i dno Bałtyku oraz półwysep Skandynawski i Finlandja są jej dalszym ciągiem, widzialnym na powierzchni. A więc 95% powłoki ziemskiej jest dość jednostajną strefą skał magmowych, naogół blizkich sobie składem chemicznym, jako zespołów krzemianowych, a tylko 5% urozmaiconych skał osadowych okrywa z zewnątrz tę strefę jednostajną.

Jednostajność ta wszakże nie jest jednorodnością. Nasamprzód skały magmowe są to ciała niejednorodne, składają się bowiem z ziarn różnych minerałów, ale ponadto skały te między sobą różnią się składem chemicznym i mineralogicznym. Jedne są, jak mówimy potocznie, więcej „kwaśne“, t. j. zawierają więcej krzemionki SiO_2 , inne natomiast są bardziej „zasadowe“, t. j. mniej w nich krzemionki, a więcej tlenków magnezu, żelaza i wapnia. Jednostajność omawiana może nasuwać przypuszczenie, że powłoka ziemska pierwotnie była tak jednorodna, jak ocean lub atmosfera. Tego jednak przypuszczenia nie bierzmy w danym razie pod uwagę. Wprowadziłoby nas ono w rozważania kosmogeniczne, czego bynajmniej nie mamy na względzie. Celem artykułu niniejszego jest danie poglądu na ogólny charakter przebiegu zjawisk geochemicznych w czasie i w ciałach

bezpośrednio nam znanych, a więc jedynie w obrębie znanej nam historii geologicznej, o której mamy sąd z materiału skalnego i zawartych w nim zabytków, dokumentów dziejowych: skamieniałości oraz struktury i składu zespołów skalnych nie zawierających skamieniałości. Stwierdzamy więc, że od najdawniejszych czasów geologicznych z głębszych stref skorupy ziemskiej w powłokę wdzierały się masy magmowe, ognistociekłe, lub wylewały się na powierzchnię ziemi tak, że powłoka ziemska składa się z nich w dziewięćdziesięciu pięciu procentach, jak zaznaczono wyżej.

Magma, zawarta w najgłębszej strefie skorupy ziemskiej, znajduje się tam pod wielkim ciśnieniem. Pod tem ciśnieniem jest ona nasycona rozpuszczonemi w niej ciałami gazowemi: parą wodną, lotnemi połączeniami chlorowców, boru i t. p. W temperaturze wysokiej i pod wielkim ciśnieniem według wszelkiego prawdopodobieństwa jest ona jednorodna. Gdy wtłacza się ona w wyższe strefy powłoki ziemskiej, stygnie, a zarazem doznaje pierwszego stadjum rozdziału, czyli dyferencjacji, mianowicie rozdziela się na dwie niemieszające się ciecze: na stop siarczystych połączeń żelaza i metali ciężkich, oraz na stop krzemianów, glinokrzemianów i żelazikrzemianów. Stop siarczysty jest cięższy ale zarazem topliwszy od stopu krzemianowego. Gdy więc stop krzemianowy, lżejszy, już przechodzi w stan stały, krystalizuje się w zespoły mineralne, będące właśnie skałami magmowemi, stop siarczysty, cięższy, jeszcze pozostaje w stanie ciekłym. W wyjątkowych więc tylko warunkach, jak np. w zagłębieniu Sudbury (Kanada), stop połączeń siarczystych osiadł najniżej, a zatem jeszcze w ciekłej magmie, zaś nad nim skrzepły magmowe skały krzemianowe. W wielu innych występowaniach siarczysta część magmy, oddzieliwszy się od części krzemianowej, zastygła obok skał magmowych, wciśnięta pomiędzy skały otaczające.

Magma jest układem wieloskładnikowym. Gdy zastyga ona, to krzepnie na zespół przynajmniej dwu, a zwykle większej liczby minerałów. Jest ona przeto stopem, czyli roztworem wzajemnym dwu lub kilku wielorakich połączeń chemicznych. Wiadomo nam z chemji, że stop dwu lub większej liczby substancyj topi się w temperaturze niższej od temperatury topliwości każdej z tych substancyj z osobna. Wiadomo nam

również, że tylko mieszanina określonego składu ilościowego topi się w temperaturze najniższej. Jest to tak zwany stosunek eutektyczny. Właściwością stopu eutektycznego jest to, że ostudzony do właściwej mu temperatury krystalizuje się on cały, to jest krystalizują się jednocześnie wszystkie substancje w nim zawarte. Jeżeli stop nie jest składu eutektycznego, jeżeli innemi słowy zawiera on jakąś substancję w nadmiarze ponad stosunek eutektyczny, to gdy temperatura jego obniży się dostatecznie, rozpoczyna się krystalizacja tego nadmiaru, owo ciało w nadmiarze będące wydziela się dopóty, t. j. dopóty z cieczy się wyodrębnia i do stanu stałego się wycofuje, dopóki skład cieczy nie dojdzie do składu eutektycznego i dopiero gdy to następuje, krystalizują się naraz wszystkie substancje w eutektyce zawarte. Tego rodzaju zależność jest również przyczyną dyferencjacji magmowej. Tak np. w magmach, zawierających nadmiar żelazinu żelazawego $Fe^{II}Fe^{III}_2O_4$, krystalizacja rozpoczęła się od przechodzenia w stan stały tego właśnie nadmiaru. W ciekłej magmie tworzyły się czarne ciężkie ziarenka magnetytu $FeFe_2O_4$ i, osiadając, zbierały się w wielkie nieraz zespoły. A więc zachodziło oddzielanie się w stanie stałym minerału bezkrzemowego od stopu, który później zastygł na zespół krzemianowy. W taki sposób powstały liczne a wielkie złoża magnetytu, jak np. na półwyspie Skandynawskim w Szwecji północnej w miejscowościach Kiruna, Luossavara, Gellivare. Są to największe złoża rudy żelaza.

W wielu skałach pochodzenia magmowego dyferencjacja ujawnia się w tem, że części zewnętrzne tych mas obfitują w jeden z minerałów skałotwórczych. Jest go najwięcej tuż u powierzchni masy skalnej, a w głąb jej posuwając się, znajdujemy go coraz mniej. Tłómaczymy to w ten sposób, że gdy masa magmowa wtoczyła się pomiędzy skały, stygła ona najszybciej tam, gdzie stykała się z zimnem otoczeniem i że ku tym jej częściom dyfundowały połączenia chemiczne, których magmie brakło do składu eutektyki. Do części najwięcej narażonych na utratę ciepła magma niejako wsysa te związki chemiczne, które są niezbędne do tego, aby temperatura jej topliwości była najniższa, czyli aby najdłużej zachowała stan ciekły. Jeżeli zjawisko to miało warunki do pomyślnego przebiegu, gdy mianowicie ostygnięcie zachodziło bardzo powoli,

to do części zewnętrznych masywu magmowego przedyfundowało dużo jednego związku, co spowodowało, że w bardzo wielu przypadkach części zewnętrzne magmowych mas skalnych znacznie się różnią składem chemicznym i mineralogicznym od części wewnętrznych.

Z przyczyn dotychczas niewyjaśnionych magmowy stop krzemianowy rozdziela się samorzutnie na rodzaje stopów, różniących się składem chemicznym. Jest mu właściwa dążność do rozpadnięcia się na stop, zawierający dużo krzemionki, glinki i potasowców, oraz na stop o dużej zawartości połączeń żelaza, magnezu i wapnia. Tak np. przytoczone wyżej zagłębienie Sudbury wypełnia wielka masa magmowa, która w górnej części jest granitem, skałą składającą się z kwarcu SiO_2 i skalenia zawierającego dużo bezwodnika krzemowego $K_2Al_2Si_6O_{16}$, a która ku dołowi stopniowo zawiera coraz mniej krzemionki, glinki i potasowców, a coraz więcej tlenków żelaza, magnezu i wapnia. Stopniowo przechodzi tam kwaśny granit w skały coraz więcej zasadowe tak, iż wreszcie na spodzie tuż nad skupieniem kruszców siarczystych granitu niema, a jest natomiast noryt, skała złożona z metakrzemianu magnezu i żelaza: $MgSiO_3$ i $FeSiO_3$ oraz skalenia w krzemionkę ubogiego, zawierającego przeważnie połączenie składu $CaAl_2Si_2O_8$.

W roku 1874 w wybuchu wulkanu na wyspie Réunion na wschód od Madagaskaru, na wierzchołku wylewała się lawa o zawartości SiO_2 57,5%, a z bocznej szczeliny lawa zawierająca SiO_2 tylko 49%. Pierwsza zastygła w zespół skaleni i metakrzemianów, a z drugiej skryształizowało się skojarzenie metakrzemianów $RSiO_3$ i ortokrzemianów R_2SiO_4 .

W wielu miejscowościach są dużych wymiarów masywy magmowe średniego składu chemicznego, a obok nich znajdują się masywy mniejsze, jedne więcej zasadowe, inne kwaśniejsze tak, że skład masywu wielkiego jest średnią arytmetyczną skał towarzyszących, występujących obok w masywach mniejszych. Stwierdzono to! w okolicach Oslo, w Predazzo w Tyrolu, na Krymie i w wielu innych miejscowościach.

O tem, że magmie krzemianowej jest właściwe różniczkowanie się na cieczy różnego składu chemicznego, świadczy również istnienie tak zwanych prowincyj petrograficznych. Mianowicie skały magmowe pewnych mniej lub więcej rozległych

obszarów, powstałe w ciągu długiego czasu geologicznego, mają niektóre wspólne cechy chemiczne, które odróżniają się wyraźnie od skał analogicznych współcześnie z nimi powstałych w obszarach innych. Tak np. skały magmowe Czech zawierają znaczne ilości potasowców, na Węgrzech dużo wapnia, w okolicach Oslo dużo sodu, we Francji środkowej dużo magnezu. Cechy te, właściwe danej prowincji petrograficznej, widzimy zarówno w skałach kwaśnych, jak w średnich i zasadowych. Dotychczas wyodrębniono i ustalono trzy takie prowincjonalne typy skał magmowych, jeden szczególnie pospolity w częściach lądu przyległych do Oceanu Atlantyckiego, drugi w obszarze Oceanu Spokojnego, trzeci około morza Śródziemnego.

Znamy liczne skały magmowe, powstałe od szybkiego ostygnięcia magmy pod małym ciśnieniem, wylaniem się mianowicie magmy na powierzchnię ziemi. W bardzo wielu przypadkach skały takie są ustroju sferulitowego. Ustrój ten polega na tem, że skała składa się z kulek, zwanych sferulitami (*sphaerula* = kulka), widocznych w preparatach mikroskopowych tych skał, a często nawet okiem nieuzbrojonym. Gdy skały takie rozbijamy, rozpadają się one na bryłki kuliste. Powstawanie tego ustroju tłumaczymy w ten sposób, że stygnąca magma rozpadła się na dwa niemieszające się z sobą stopy krzemianowe i że jeden w drugim był zawieszony w postaci kulek. Przykładem tego zjawiska jest np. roztwór wzajemny wody i eteru, nasycony w temperaturze wysokiej. Gdy go raptownie ostudzimy, mętnieje on, ponieważ rozdziela się na dwa niemieszające się z sobą roztwory, na roztwór wodny nasycony eterem i roztwór eterowy nasycony wodą. Taka mętna ciecz pozostawiona czas dłuższy w temperaturze stałej, rozdziela się na dwie warstwy. Gdy skała magmowa zastygła szybko, nie miała czasu do rozdzielenia się na dwa ciekłe stopy, z których każdy skryształizowałby się w skałę odrębnego składu mineralogicznego, a więc pozostała skupieniem kulek zestalonych.

O tendencji magmy rozdzielania się na ciecze odrębnego składu świadczy również następująca rzecz ogólna wielkiej wagi.

W dotychczasowym piśmiennictwie naukowym mamy ponad 5.000 skał, wystudjowanych i opisanych dokładnie pod każdym względem, mianowicie pod względem ich ryczałtowego składu chemicznego, ustroju, budowy, składu mineralogicznego

i sposobu występowania w powłoce ziemskiej. Stanowią one szereg niemal ciągły od bardzo zasadowych do ogniw nader kwaśnych. Jednak rozpowszechnienie ich nie jest bynajmniej jednakowe. W powłoce ziemskiej najczęściej występują granity, t. j. skały średnio kwaśne i bazalty, skały średnio zasadowe. Skały przejściowe pomiędzy tymi dwoma rodzajami skał, oraz kwaśniejsze od średnich granitów i zasadowsze od średnich bazaltów, są znacznie mniej rozpowszechnione, przyczem im skład skały magmowej znacznie odbiega od jednego z tych dwu rodzajów, tem mniej znajdujemy jej występowania w powłoce ziemskiej. Nie poruszamy w danym razie pytania, czy magma granitowa i bazaltowa istnieje od pryncypów, od początku powłoki ziemskiej, czy też dwie te magmy są rezultatem rozdzielania się jakiejś jednej pryncypu. Stwierdzamy jedynie to, że jednostajna na ogół powłoka ziemska zawiera w przeważnej mierze wymienione dwa zespoły skalne. W jednym skoncentrowane są skalenie $K_2 Al_2 Si_6 O_{16}$, $Na_2 Al_2 Si_6 O_{16}$ i kwarc, w drugim skalenie o przewadze połączenia $Ca Al_2 Si_2 O_8$ z metakrzemianami i ortokrzemianami żelaza i magnezu.

Zważmy następnie, że magma jest cieczą pod ciśnieniem nasyconą ciałami gazowymi: parą wodną, lotnymi połączeniami haloidów, cyny, boru i t. p. Wnosimy o tem z law wulkanów czynnych, które obficie wyziewają ciała wymienione. Od magmy, stygnącej w głębi powłoki ziemskiej, oddzielają się ciała gazowe i roztwory wodne. Masom magmowym, zastygłym w głębi, towarzyszą złoża minerałów, odrębne od minerałów skałotwórczych. Na zewnętrznych częściach głębinowych masywów magmowych znajdujemy skupienia połączeń cyny, molibdenu, boru, litu, fluoru, których niema w głębinowych częściach tych masywów. Złoża te powstały za sprawą gazów magmowych i pary wodnej z magmy się wydzielającej. Tu więc znów widzimy oddzielanie się tych połączeń od związków skałotwórczych i skoncentrowanie się ich w odrębne zespoły a nie pozostawanie w rozproszeniu. Podobne wyodrębnianie się i koncentrację widzimy obok magmowych masywów głębinowych w postaci złóż rudnych lub kruszcowych, osadzonych roztworami magmowymi w skałach, otaczających owe masywy.

Połączenia fluoru, węglany, siarczany i kruszce siarczyste również w niezmiernie małej mierze są rozproszone jednostaj-

nie w skałach magmowych, koncentrują się one natomiast w żyłach, t. j. w szczelinach wypełnionych temi minerałami za sprawą roztworów gorących, które wydzielały się ze stygnącej magmy.

Podobne zjawiska wyodrębniania się osobnych związków chemicznych i skupiania się w zespoły mniej lub więcej jednostajne widzimy również w tych procesach geochemicznych, które się odbywają w zewnętrznych częściach powłoki ziemskiej i na jej powierzchni za sprawą wody i atmosfery.

Woda oceanu jest jednorodnym roztworem wodnym stężenia około 3,5% o dużej przewodze jonów, chloru i sodu, oraz o znacznie mniejszej zawartości anjonu siarczanowego i katjonów magnezu, wapnia i potasu. Zawiera ona ponadto niezmiernie drobne stężenia bardzo wielu innych pierwiastków. Gdzie łąd się wynurzał, a były ku temu pomyślne warunki klimatyczne, powstawały wysychające zatoki morskie. W miarę parowania wody z roztworu oceannego, nasamprzód krystalizowały się skupienia selenitu (dwuwodnego siarczanu wapniowego $CaSO_4 \cdot 2H_2O$), ponieważ z pośród kombinacyj różnych jonów, zawartych w wodzie oceannej, połączeniu anjonu SO_4 z katjonem Ca jest właściwa najmniejsza rozpuszczalność: mianowicie w temperaturze $+20^\circ C$ sto gramów czystej wody rozpuszcza zaledwie 0,26 g selenitu. Długo przebiegało parowanie, a więc długo powstawały złoża selenitu, aż z roztworu oceannego uszło do atmosfery tyle wody, że stężenie jonów sodu i chloru doszło do tego, iż rozpoczęła się krystalizacja halitu (soli kamiennej) $NaCl$, tej bowiem soli sto gramów wody rozpuszcza 35,86 g. Ponieważ jony pozostałe tworzą sole o rozpuszczalności bardzo wielkiej, pierwiastkowe ponadto ich stężenie jest nader małe, więc znów długo ciągnęło się parowanie wody i krystalizacja halitu, zanim stężenie jonów pozostałych zwiększyło się do tego stopnia, iż poczęła się krystalizacja chlorków i siarczanów potasu i magnezu oraz ich związków podwójnych. Jak widzimy, z powodu różnic rozpuszczalności, tu również zachodziło rozdzielanie się substancyj jednorodnie rozpuszczonych w wodzie oceannej na odrębne zespoły, z których każdy jest koncentracją jednej soli.

Owo koncentrowanie się w jeden zespół substancyj rozpuszczonych w oceanie zachodzi również na innej drodze, mia-

nowicie za sprawą procesów biochemicznych. Najważniejszym ilościowo procesem jest tu tworzenie się węglanu wapniowego. Ocean jest głównym siedliskiem życia organicznego. Niezmiernie liczne są w nim organizmy, którym jest właściwa zdolność asymilowania jonu wapniowego i wiązania go z anjonem CO_3 , wytwarzającym się w ich ciałach. Z powstałego w ten sposób węglanu wapniowego tworzą się szkielety owych organizmów, osiadające na dnie po ich zgonie. Osad ten tworzył się i tworzy przez cały ciąg dziejów powłoki ziemskiej. Z niego właśnie powstały tak powszechne, rozległe, w wielu miejscach nader grube warstwy wapieni, znane nam wszędzie na całym lądzie, w miejscach, które dawniej były dnem oceanu. Wielkie te koncentracje jednego związku chemicznego $CaCO_3$, jak wiemy, stanowią 0,25% powłoki ziemskiej.

W znacznie mniejszej mierze zachodzi koncentrowanie się również innych połączeń chemicznych, które w oceanie są w stężeniu niezmiernie małym, jak n. p. fosforanu wapniowego w postaci złożeń fosforytowych, za sprawą tych organizmów, których szkielety składają się z $Ca_3(PO_4)_2$ lub zawierają dużo tej soli.

Manganu w wodzie oceannej jest ilość mniejsza od dziesięciomiljonowej części procentu. A jednak za sprawą energii biochemicznej z tego tak subtelnego rozproszenia powstają wielkie złoża rud manganu, zawierające miliony tonn tlenków i wodorotlenków tego metalu, jak np. Cziaturi w Zakaukaziu. Również na drodze biochemicznej w wielu miejscach powstały koncentracje rud żelaza pochodzenia oceannego. Tak między innymi powstały wielkie złoża tych rud w Luksemburgu i w Ameryce Północnej, gdzie ciągną się one od stanu New York do stanów Alabama i Georgia. Istnieją bowiem organizmy, obdarzone zdolnością asymilowania wodorotlenków żelaza i tworzące z nich szkielety.

Na wielką skalę separacja i koncentracja odbywa się również na lądzie za sprawą procesów wietrzennych. Pod względem wyniku ilościowego najważniejsze jest wietrzenie granitów. Od działania atmosfery i wody skały granitowe, składające się głównie z kwarcu i skaleni, rozpadają się na osobne ziarenka, przyczem kwarc, jako twardy i chemicznie odporny, pozostaje, a skalenie przeobrażają się na kaolin

$H_2Al_2Si_2O_2 \cdot H_2O$. Kaolin wydziela się w postaci drobnitkiego pyłu, który niesiony wodami bieżącymi ostatecznie osiada na dnie jezior i w przybrzeżnej strefie morskiej. Ziarenka kwarcu natomiast, wodami bieżącymi zaokrąglone i ogładzone, pozostają na lądzie w postaci piasku, który stopniowo przetwarza się na piaskowce w ciągu epok geologicznych. Na każdym obszarze, który w ciągu długiego okresu geologicznego był lądem, po tym okresie pozostały wielkie warstwy piaskowców. Tak więc woda doprowadza granity do rozdzielania się na piaski i piaskowce, które stanowią 0,75% powłoki ziemskiej, i na osady ilaste, na które przypada 4% powłoki.

W procesach wietrzennych zachodzenie separacji omawianej widzimy na każdej parze pierwiastków chemicznych, pierwotnie jaknajściślej zespolonych w skałach magmowych. Tak np. dzieje się z żelazem i manganem. Ziarenka minerałów, będących związkami żelaza, w skałach magmowych są jednostajnie rozproszone, a w każdym z nich zawarta jest drobna ilość połączeń manganu izomorfnie w nim rozpuszczonych. W wietrzennej strefie powłoki ziemskiej, jak wiemy już, skalenie i niektóre inne glinokrzemiany przeobrażają się w kaolin, a minerały, zawierające żelazo: krzemiany żelaza i żelazikrzemiany potasowców, rozpadają się na osobne wodorotlenki, przy czym mangan w nich zawarty przechodzi do roztworów wodnych w postaci soli manganawych. Działaniem tlenu atmosferycznego sole te utleniają się daleko wolniej od soli żelazawych i rozpadają się na wolne wodorotlenki w roztworach daleko więcej rozcieńczonych niż sole żelazowe. Z tego więc powodu powstają osobne złoża rud żelaza i osobne rud manganu, jak tego dobitnym i charakterystycznym przykładem jest Glitrevand około Drammen w Norwegji Południowej. W dolinach, otoczonych wietrzącymi skałami magmowymi, w ich pobliżu leżą złoża wodorotlenków żelaza, a dalej do 2½ metra grubości pokłady wodorotlenków manganu. To samo na mniejszą skalę widzimy w każdym złożu rud żelaza, powstałych na drodze wodnej. Związki manganu w tych złożach nie są rozproszone jednostajnie, lecz tworzą osobne skupienia w postaci nacieków i powłok w szczelinach i próżniach.

Drugim przykładem pierwiastków ściśle zespolonych w utworach magmowych, a rozdzielonych procesami wietrzen-

nemi, jest nikiel i kobalt. Drobne ilości tych pierwiastków są rozproszone jednostajnie w oliwinach. Oliwiny są to kryształy mieszane, t. j. krystaliczne roztwory stałe ortokrzemianu magnezowego Mg_2SiO_4 i ortokrzemianu żelazawego Fe_2SiO_4 , z drobnymi ilościami analogicznych ortokrzemianów niklu i kobaltu. Gdy skały oliwinowe wietrzeją, t. j. gdy rozkładają się chemicznie działaniem atmosfery i wody, powstają z nich obok siebie odrębne złoża wodorotlenków żelaza, węgla magnezowego, wolnej krzemionki koloidalnych, hydrokrzemianów magnezowo-niklawych (garnierytu) i wodorotlenków kobaltu. Szczególnie wyraźnie widzieć się to daje w Nowej Kaledonii, gdzie kwitnie wielki przemysł górniczy niklowy i kobaltowy, gdzie mianowicie w rudach żelaza, powstałych od zwietrzenia skał oliwinowych, są wielkie złoża odrębne garnierytu, którym towarzyszą setkami tonn skupienia hydromanganinów kobaltawych.

Jednym słowem widzimy, że procesy tak różnorodne, jak różniczkowanie się magmy, krystalizacja w wysychających zatokach morskich, życie organizmów, hydroliza, utlenianie i t. p. wszystkie jednakowo prowadzą do wyniku wspólnego, mianowicie do rozdzielenia zespołów jednostajnych na skupienia osobne, z których każde składa się z jednego tylko połączenia chemicznego.

A więc bieg ogólny reakcyj geochemicznych najróżnorodniejszymi drogami prowadzi do jednego skutku: do separacji i do koncentracji.

Wpływ miękkich promieni Roentgena na bakterje.

Jak wiadomo, promienie Roentgena, zwane inaczej promieniami X, stanowią odcinek widma fal elektromagnetycznych, zawarty między falami o długości od $\lambda=0,1 \text{ \AA}$ do $\lambda=20 \text{ \AA}$. Wpływ fal elektromagnetycznych na bakterje jest jeszcze bardzo mało zbadany; badane były dotychczas tylko te części widma elektromagnetycznego, które najłatwiej jest otrzymać zapomocą prostych urządzeń, a więc promienie świetlne widzialne (3800—7600 \AA), ultrafioletowe (badane były tylko 2000—3000 \AA), promienie Roentgena i promienie γ pierwiastków promieniotwórczych. Zostało stwierdzone, że promienie Roentgena i ultrafioletowe działają na bakterje zabójczo. Promienie widzialne działają naogół również zabójczo; tu jednak występują duże różnice: niektórym bakterjom światło nie tylko nie szkodzi, ale służy do asymilacji dwutlenku węgla (bakterje purpurowe). Jeśli chodzi o promienie γ , to żaden wpływ ich na bakterje nie został zauważony.

Przed przystąpieniem do zagadnień, będących właściwą treścią tego referatu, dobrze będzie przypomnieć w kilku słowach poglądy fizyki współczesnej na budowę energii promienistej oraz sposób otrzymywania promieni Roentgena. Podobnie jak materja składa się z cząsteczek, czy też atomów, których tylko całkowite ilości mogą wchodzić w reakcje chemiczne, tak samo energia promienista składa się z kwantów lub fotonów, których tylko całkowite ilości mogą ulegać jakimkolwiek przemianom. Energia każdego kwantu równa się iloczynowi częstości drgań fali elektromagnetycznej ν przez

pewną stałą uniwersalną h , zwaną stałą Planck'a. Energia kwantu jest zatem tem większa, im większa jest ilość drgań na sekundę, im mniejsza jest długość fali.

Promienie X otrzymuje się zwykle zapomocą lamp Roentgena, których są dwa typy: lampy gazowe i Coolidge'a. Lampa gazowa jest to rura szklana lub z innego materiału, posiadająca zwykle pośrodku rozszerzenie, na końcach której wtopione są dwie elektrody: katoda i antykatoda. Powietrze z lampy jest prawie całkowicie wypompowane. Pomiędzy katodą i antykatodą utrzymywane jest wysokie napięcie. Z katody, mającej postać metalowej wklęsłej płytki, są uwalniane elektrony, prawdopodobnie wskutek uderzania w nią dodatnich jonów, wytworzonych w niewielkiej ilości gazu pozostawionego w lampie. Każdy uwolniony elektron, posiadający elementarny ładunek ujemny e , jest przyciągany przez antykatodę, mającą potencjał wyższy o V niż katoda, przytem jego energia potencjalna eV zostaje zamieniona na kinetyczną. Przy zderzeniu z antykatodą, którą jest płytka metalowa, umieszczona ukośnie względem osi lampy, energia kinetyczna elektronu zostaje całkowicie lub częściowo zamieniona na jeden kwant energii promienistej. Największa częstość drgań ν promieni, otrzymanych przy danem napięciu, daje się zatem obliczyć z równania

$$h\nu = eV$$

Najmniejszą długość fali λ w otrzymanej wiązce promieni można znaleźć, pamiętając, że $\nu \cdot \lambda = c$, gdzie c jest szybkością przenoszenia fal elektromagnetycznych, i podstawiając odpowiednie liczby na h , e i c :

$$\lambda = \frac{h \cdot c}{e \cdot V} = \frac{12350}{V}$$

Spółczynnik, znajdujący się w tem równaniu, jest obliczony w założeniu, że V jest wyrażone w Voltach, a λ w Ångströmach. Energia kinetyczna pewnej części elektronów zostaje częściowo pochłonięta przez atomy metalu antykatody, przeprowadzając je w stan pobudzony. Takie pobudzone atomy wydzielają własne promieniowanie o długościach fal charakterystycznych dla danego metalu, którego natężenie jest znacznie silniejsze niż promieni o innych długościach fal. Promienie prawie jednobarwne można otrzymać, stosując odpowiednio

dobrane filtry z cienkich blaszek metalowych. To, co było powiedziane o lampie gazowej, dotyczy również lamp Coolidge'a, tylko tu powietrze z lampy jest usunięte możliwie dokładnie, a katodą jest cienki drucik metalowy, który, rozżarzony prądem z baterji z boku włączonej, wydziela elektrony. Promienie X krótkofalowe, bardzo przenikliwe, są nazywane twardymi; promienie o fali dłuższej, miękkimi zwane, są znacznie mniej przenikliwe.

Pierwsze prace, w których zwrócono uwagę na różnicę wpływu na bakterje promieni X miękkich i twardych, zjawily się w r. 1926. Prace te, wykonane przez Schepmann'a i Flecke'go oraz Trillat'a, wykazały, że promienie miękkie działają na bakterje o wiele silniej zabójczo, niż promienie twarde.

Trillat rozkładał wiązkę promieni X zapomocą spektrografu i z otrzymanego widma wydzielał prążek α serji K chromu ($\lambda = 2,23 \text{ \AA}$) zapomocą przesłon ołowianych. Kultury *Bacterium prodigiosum*, szczepione na agarze metodą „chmurek bakteryjnych“ (*nuages microbiens*), były poddawane działaniu promieni X i fotografowane po 24 godzinach, gdy bakterje powyrastały w kolonje, a ślad szpary, przez którą padały promienie, stał się widoczny. Jeśli naświetlenie trwało 1—2 godzin, ślad ten był zupełnie jałowy, po naświetleniu przez 15—45 minut były na nim nieliczne kolonje, a po naświetleniu krótszem niż przez 15 minut widoczny był tylko słabszy rozwój bakteryj niż w miejscach nienaświetlonych. Przy odpowiedniem oświetleniu dawał się zauważyć na brzegu miejsca naświetlonego jakby silniejszy wzrost bakteryj, co autor tłumaczy stymulującym działaniem tych niewielkich ilości promieni, które zostały rozproszone na boki przez naświetlony agar. Również Schepmann i Flecke zauważyli obok miejsc naświetlonych jasny pasek brzeżny, uznali to jednak za złudzenie optyczne. Możliwe, że i Trillat miał do czynienia z jakimś złudzeniem optycznem, albo też zaobserwowany silniejszy wzrost bakteryj mógł być skutkiem przenikania substancyj odżywczych z jałowego lub słabo zarośniętego miejsca naświetlonego, gdyż nikt z późniejszych badaczy żadnego wpływu stymulującego promieni X na rozmnażanie się bakteryj nie zauważył. Okazało się dalej, że promienie X działają bezpośrednio na bakterje, a nie

na podłoże, gdyż naświetlanie agaru przez 3 godziny nie zmieniło zupełnie jego własności, jako pożywki dla bakteryj. Poza tem Trillat stwierdził, że o ile naświetlenie promieniami miękkimi przez jedną godzinę całkowicie powstrzymuje wzrost bakteryj, o tyle taka sama doza promieni twardych, otrzymanych zapomocą lampy Coolidge'a przy napięciu 80000 Volt, zaledwie słabo wstrzymuje ich rozwój.

Schepmann i Flecke badali wpływ zabójczy promieni o długości fali $\lambda=1,29-1,54 \text{ \AA}$ na różne bakterje. Najodporniejszym okazał się *Bacillus mesentericus*, potem *Micrococcus pyogenes aureus*, *Bact. coli*, *Bact. pyocyaneum*; *Bact. prodigiosum* było najbardziej wrażliwe; endospory były odporniejsze niż komórki wegetatywne. Zostało dalej wykazane, że promienie X powstrzymują wzrost bakteryj, czy też je zabijają, ale poza tem nie wpływają na żadną ich funkcję fizjologiczną, oraz że promienie twarde działają znacznie słabiej niż miękkie.

Przypuszczenie, że w działaniu promieni X na bakterje może grać dużą rolę nieciągłość (kwantowość) energii, zostało wyrażone pierwszy raz w pracy Holweck'a i Lacassagne w roku 1928. Badali oni wpływ promieni o długości fali $\lambda=8 \text{ \AA}$ (serja K glinu) na kultury *Bact. pyocyaneum*. Naświetlenie przez 2 sek. wywoływało już pewien widoczny skutek, po naświetleniu przez 40 sek. wyrastało tylko kilka kolonij, a dla zupełnej sterylizacji trzeba było naświetlać 300 sek. Tak duże różnice czasu, potrzebnego dla zabicia różnych bakteryj jednej kultury, można było tłumaczyć albo wielkimi różnicami indywidualnej ich wrażliwości albo też uznać za skutek nieciągłości i zupełnej przypadkowości w pochłanianiu energii promienistej, co byłoby możliwe tylko wtedy, gdyby energia, potrzebna dla zabicia każdej bakterji, była równa jakiejś bardzo małej ilości kwantów. Holweck uznał to drugie przypuszczenie za prawdopodobiejsze i starał się wytłómaczyć, jakie zmiany może wywołać w komórce bakteryjnej pochłonięcie każdego kwantu. Autor powołał się na badania fizyków, z których wynika, że pochłanianie miękkich promieni X przez pierwiastki lekkie (jak np. węgiel) powoduje zjawisko fotoelektryczne złożone (wytrącenie fotoelektronów K i L). Wytrącone elektrony, posiadając pewną energję kinetyczną, jonizują cząsteczki, wchodzące w skład bakterji, uszkadzając ją w ten sposób.

Uwzględnienie kwantowej budowy energii promienistej pozwoliło stosować rachunek prawdopodobieństwa we wszystkich prawie późniejszych badaniach z tej dziedziny

W pracy, ogłoszonej w roku 1929 przez Holweck'a, Lacassagne i Curie, jest podany opis ulepszonej techniki bakterjologicznej oraz uzasadnienie wzoru matematycznego stosowanego do obliczania wyników. Curie zakłada wraz z Holweck'iem, że tylko te kwanty przyczyniają się do uszkodzenia komórki bakteryjnej, które zostaną pochłonięte w pewnej jej części, zwanej sferą wrażliwą, której objętość stanowi drobny ułamek objętości komórki. Jeśli sfera wrażliwa pochłonie pewną ilość progową S lub więcej kwantów, komórka zostaje zabita. Wprowadźmy następujące oznaczenia:

δ = powierzchnia sfery wrażliwej, wystawiona na działanie promieni,

a = grubość sfery wrażliwej,

μ = współczynnik pochłaniania promieni,

x = średnia ilość kwantów, która padła na jednostkę powierzchni.

Z definicji współczynnika pochłaniania wynika, że jeśli a jest bardzo małe, to iloczyn $a \cdot \mu$ wyraża stosunek energii pochłoniętej przez sferę wrażliwą do energii promienistej padającej na nią. Ponieważ na sferę wrażliwą padło (średnio) $\delta \cdot x$ kwantów, więc średnia ilość kwantów, pochłoniętych przez sferę wrażliwą każdej komórki, wynosi

$$N = \delta \cdot v \cdot a \cdot \mu = \mu u \cdot x \quad \dots \quad (1)$$

gdyż $\delta \cdot a = u$ jest objętością sfery wrażliwej. Nie jest przez to powiedziane, że sfera wrażliwa każdej komórki musi pochłoniąć jednakową ilość N kwantów, tem bardziej, że N może nie być liczbą całkowitą. Raczej przeciwnie: teoria matematyczna zjawisk, zachodzących masowo i zupełnie przypadkowo, przewiduje, że są tu możliwe wszystkie liczby całkowite (oczywiście nie większe od ogólnej ilości kwantów wypromieniowanych) a prawdopodobieństwo, że sfera wrażliwa jakiejś komórki pochłonięła n kwantów, wynosi

$$P_n = \frac{N^n}{n!} \cdot e^{-N} \quad \dots \quad (2)$$

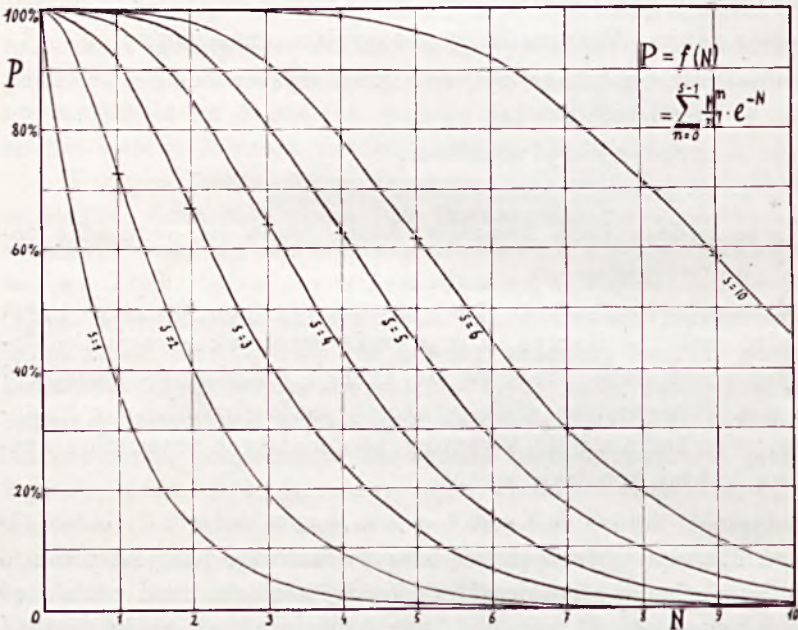
Stąd prawdopodobieństwo, że sfera wrażliwa jakiejś komórki pochłoneła mniej niż S kwantów, a zatem, że komórka nie została zabita, wynosi

$$P = e^{-N} \left(1 + \frac{N}{1} + \frac{N^2}{1 \cdot 2} + \frac{N^3}{1 \cdot 2 \cdot 3} + \dots + \frac{N^{S-1}}{(S-1)!} \right) \quad (3)$$

Wzór ten był już poprzednio stosowany w badaniach nad wpływem promieni X na różne drobne organizmy.

W najprostszym przypadku, gdy $S = 1$, mamy zwykłą funkcję wykładniczą

$$P = e^{-\mu \cdot u \cdot x} \quad (4)$$



Rys. 1.

Objętość sfery wrażliwej można z tego równania obliczyć, gdyż μ i x dają się oznaczyć metodami fizycznymi, a P równe jest stosunkowi ilości bakterij żywych po naświetleniu do ilości przed naświetleniem.

Jeśli $S > 1$ zagadnienie staje się bardziej skomplikowane, gdyż wykresy (rys. 1) $P = f(N)$ dla różnych $S > 1$ są do siebie podobne, wszystkie mają punkty przegięcia (zaznaczone na

rysunku kreseczkami). Chodziłoby tu o obliczenie dwóch wielkości nieznanych S i u . Curie wyprowadziła prosty wzór, pozwalający znaleźć S , odpowiadające krzywej, otrzymanej z doświadczenia:

$$x_1 \cdot \frac{dP}{dx_1} = -\sqrt{\frac{S-1}{2\pi}} \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (5)$$

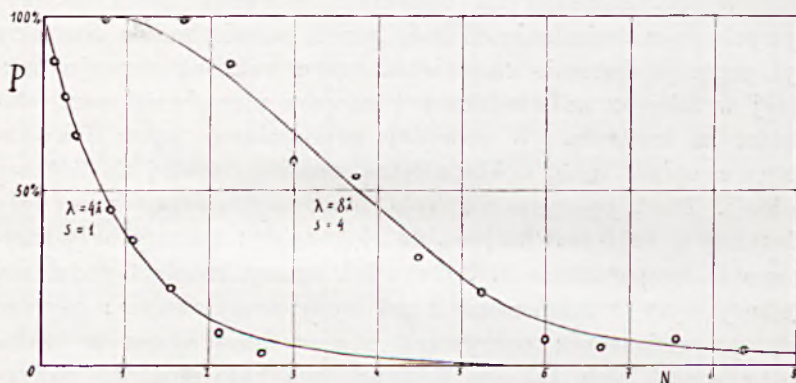
gdzie x_1 i $\frac{dP}{dx_1}$ oznaczają spólrzdną x oraz pochodną P względem x w punkcie przegięcia krzywej. Znając S , łatwo jest obliczyć u , gdyż można dowieść, że w punkcie przegięcia krzywej

$$\mu \cdot u \cdot x_1 = S - 1 \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \quad (6)$$

W dotychczasowych badaniach stosunek ilości bakterij żywych po naświetleniu do ilości przed naświetleniem oceniany był przez porównanie zmętnienia agaru wskutek rozwoju bakterij w miejscu naświetlonym i miejscu nienaświetlonym, służącym za kontrolę. W powyżej wspomnianej pracy Lacassagne opisał inną, dokładniejszą metodę, opartą na liczeniu kolonij. *Bact. pyocyaneum* było przeszczepiane oczkiem igły platynowej na 5 cm³ buljonu co 24 godziny; kultury były trzymane w temperaturze 37°. Dwie lub cztery krople 3-godzinnej kultury były rozcieńczane 2 cm³ wody destylowanej; płynem tym po zmieszaniu pokrywano powierzchnię agaru w szalce Petri'ego. Celem takiego postępowania było możliwie równomierne rozmieszczenie bakterij na powierzchni agaru i na tyle gęste, aby w miejscach, poddawanych naświetleniu (około 1 cm² powierzchni agaru), znajdowało się początkowo około 100 bakterij. Naświetlonych było kilka jednakowych pól na jednej i tej samej szalce przez różny przeciąg czasu w jednakowych warunkach, a więc przy jednakowym napięciu i natężeniu prądu w lampie i z jednakowej odległości, równej wysokości brzegu szalki (1 cm); nie trzeba chyba wspominać, że do naświetlania przykrywka z szalki była zdejmowana, gdyż szkło nie przepuszcza promieni miękkich. Po naświetleniu szalki były wstawiane do termostatu na tak długo, aby bakterje rozwinęły się w kolonje, które możnaby liczyć pod lupą. Wielkość P była oznaczana, jako stosunek ilości kolonij w miejscu naświetlonym do ilości kolonij na powierzchni tej samej wielkości w miejscu nienaświetlonym tej samej szalki.

Autor uważa za możliwe dwa źródła błędu. Po pierwsze, kolonie mogłyby pochodzić nie od jednej bakterji, ale od kilku razem zlepionych; jednak obserwacje mikroskopowe czy to w kropli wiszącej, czy też na preparatach barwionych wykazały, że przy użyciu opisanej techniki prawie wszystkie bakterje pływają pojedynczo. Po drugie, bakterje w czasie między szczepieniem a naświetleniem mogłyby rozmnożyć się; autor wykazał jednak, że naświetlając w jednakowy sposób bakterje na jednej szalce zaraz po szczepieniu, a na drugiej w pół godziny po szczepieniu, otrzymuje się wyniki zupełnie jednakowe.

Metodę, opisaną przez Lacassagne, zastosował Holweck do zbadania wpływu promieni serji K glinu ($\lambda = 8 \text{ \AA}$)



Rys. 2.

oraz serji L srebra ($\lambda = 4 \text{ \AA}$) na *Bact. pyocyaneum*. Do otrzymanych wyników stosowany był wzór (3). Do obliczenia S i u autor nie zastosował wzoru (5), ale narysował siatkę krzywych $P = f(N)$ dla różnych wartości S i próbował, na którą z nich dadzą się otrzymane przez niego wyniki nałożyć. Okazało się (rys. 2), że dla zabicia bakterji trzeba, aby jej sfera wrażliwa pochłonęła conajmniej jeden kwant promieni o długości fali $\lambda = 4 \text{ \AA}$ lub 4 kwanty promieni o długości fali $\lambda = 8 \text{ \AA}$. Średnica sfery wrażliwej w założeniu, że jest ona kulista, została obliczona z danych, otrzymanych dla promieni serji L srebra, jako równa $0,43 \mu$, a z badań nad promieniami serji K glinu wielkość jej wypadła równa $0,55 \mu$. Ponieważ Holweck podaje dla komórki *Bact. pyocyaneum* wymiary 4μ długości i $0,7 \mu$

grubości (wymiały te wydają się trochę za duże), więc objętość sfery wrażliwej stanowi około $\frac{1}{25}$ część objętości komórki. Autor powtarza tu poprzednio wspomniane wytłumaczenie działania miękkich promieni X zjawiskiem fotoelektrycznym i oblicza drogę wytraconego elektronu na $0,12 \mu$ gdy $\lambda = 4 \text{ \AA}$ albo $0,02 \mu$ gdy $\lambda = 8 \text{ \AA}$; są to zatem wielkości mniejsze od średnicy sfery wrażliwej. Przytoczone wyniki mogłyby się wydać dziwne, gdyż dla zabicia jednej bakterji powinna być pochłonięta przez sferę wrażliwą ilość energji dwa razy większa w postaci promieni miękkich ($\lambda = 8 \text{ \AA}$) niż w przypadku promieni twardszych ($\lambda = 4 \text{ \AA}$), podczas gdy poprzednio opisane badania wykazały, że promienie miękkie działają silniej niż twarde. Należy jednak pamiętać, że współczynnik pochłaniania promieni o $\lambda = 4 \text{ \AA}$ jest ośm razy mniejszy niż promieni o $\lambda = 8 \text{ \AA}$.

Zachodzi teraz pytanie, o ile interpretacja wyników w powyżej opisanych doświadczeniach jest słuszna. Jedno zdaje się nie ulegać wątpliwości, że uszkodzenie bakterji przez promienie X polega na jonizacji cząsteczek, wchodzących w skład komórki.

Przedewszystkiem, jak to słusznie zauważył autor amerykański Wyckoff, należy mówić nie o zabijaniu bakterji, a tylko o powstrzymaniu ich zdolności rozmnażania się. Ciż sami dwaj autorzy francuscy ogłosili w r. 1930 swoje badania nad wpływem promieni X na *Saccharomyces ellipsoideus*, z których wynika, że tylko długie naświetlenie wywołuje śmierć komórek, podczas gdy krótkie naświetlenie powstrzymuje ich rozmnażanie się na szereg godzin. Przytem śmierć komórek następuje zwykle dopiero po pierwszym podziale po naświetleniu; śmierć natychmiastową można wywołać tylko bardzo dużą dawką promieni. Jeśli chodzi o bakterje, to tylko Trillat zauważył, że miejsca na szalkach agarowych, szczepionych metodą chmurek bakteryjnych, naświetlone krócej niż 45 minut (w poprzednio opisanych doświadczeniach), na których po 24 godzinach było tylko kilka kolonij, zarastały po pewnym czasie, i to tem prędzej, im krótszy był czas naświetlenia. Doświadczenia, w których wpływ promieni X na bakterje były obserwowane pod mikroskopem, nie były przeprowadzone. Był natomiast obserwowany wpływ promieni α emanacji radu na bakterje (Sterling-Okuniewski i Kawecki, 1931 r.).

Zostało tu stwierdzone wstrzymanie podziału komórek a jednocześnie wytworzyły się formy inwolucyjne niezwyklej wielkości; krótkotrwałe nawet działanie emanacji radu okazało się wielokrotnie silniejszym niż jakichkolwiek innych czynników wywołujących powstanie form inwolucyjnych.

Wzory, wyprowadzone w założeniu, że wrażliwą jest tylko pewna niewielka część komórki, pochłaniająca ilości energii rzędu jednego lub kilku kwantów, zanim nastąpi śmierć, wykazują zadawalniającą zgodność z wynikami doświadczeń. Jak już było wyżej wspomniane, Holweck zwrócił uwagę na to, że obserwowane zjawiska można wytłumaczyć również zmiennością indywidualnej wrażliwości bakteryj, uważa to jednak za bardzo mało prawdopodobne. Do sprawy tej powrócił W y c k o f f w jednej ze swoich prac. Autor ten używał do badań albo promieni katodowych o dużej szybkości, albo też promieni X na tyle twardych, że jeden kwant mógł zabić bakterję, otrzymywał więc krzywe wykładnicze. Wyniki otrzymane zestawia on z krzywami śmiertelności bakteryj pod wpływem środków dezynfekcyjnych lub niekorzystnych warunków, które porównywano do przebiegu jednocząsteczkowej reakcji chemicznej albo też interpretowano jako skutek niejednakowej wrażliwości komórek. Autor tę ostatnią interpretację uważa za bardzo mało prawdopodobną i stara się to uzasadnić. Przypomina więc, że nie zawsze otrzymywano krzywe wykładnicze (Holweck i Lacassagne, Gates w badaniach nad wpływem promieni ultrafioletowych na bakterje) oraz że działanie promieni X jest prawie niezależne od wpływu warunków zewnętrznych, podczas gdy na zjawiska wrażliwości mają one duży wpływ (np. wrażliwość na działanie wyższych temperatur zależy od P_{II}). Co do pierwszego argumentu, to wydaje się możliwą interpretacją również i tych krzywych jako skutku niejednakowej wrażliwości; bardziej przekonującym jest fakt, że Holweck dla jednego gatunku bakterji otrzymał dwie krzywe, z których jedna jest wykładnicza, a druga nie jest (rys. 2). Jeśli chodzi o drugi argument, to autor powołał się na badania Gates'a (1929 rok), który stwierdził, że przy P_{II} od 4,5 do 7,5 działanie promieni ultrafioletowych na *Staphylococcus aureus* jest zupełnie jednakowe; dopiero przy $P_{II}=9$ i $P_{II}=10$ procent zabitych bakteryj jest trochę większy. Jest rzeczywiście bardzo

prawdopodobne, że wyniki te dałyby się rozciągnąć i na promienie X , których działanie jest napewno o wiele mniej skomplikowane niż promieni ultrafioletowych. W tym samym roku okazało się, że wrażliwość *Bact. prodigiosum* na promienie serji K żelaza ($\lambda = 2 \text{ \AA}$) jest znacznie mniejsza, jeżeli bakterje były poprzednio wystawione na działanie światła dziennego. Można tu wreszcie wspomnieć o pracy Dognon i Piffault (1931) z których wynika, że obecność pewnych substancyj chemicznych ma bardzo wyraźny wpływ na działanie promieni X na *Paramaecium*¹⁾. Pomimo to, że działanie promieni X na bakterje nie jest tak niezależne od różnych czynników, jakby chciał Wyckoff, można jednak badać je, stosując założenia i wzory rachunku prawdopodobieństwa, tembardziej, że Rahn stosował je, analizując działanie wysokiej temperatury, na które, jak wiadomo, mają duży wpływ różne czynniki.

Wprowadzenie przez Holweck'a pojęcia sfery wrażliwej było zastosowaniem do bakteryj poglądu, wyrażonego już dawniej przez badaczy (Crowther 1926), którzy zajmowali się wpływem promieni X na inne drobne organizmy, że dla zabicia ich koniecznym jest uszkodzenie pewnych struktur, stanowiących bardzo drobną część objętości komórki. Pogląd ten był koniecznym wnioskiem z zastosowania teorii kwantów do wyników doświadczeń. Założenie Holweck'a, że bakterja ma jedną sferę wrażliwą, nie jest jedynym możliwym, tłumaczącym otrzymane wyniki. Ostateczna forma równania (3) zupełnie się nie zmienia, jeśli przyjmiemy, że istnieje dużo drobnych sfer wrażliwych o objętościach $u_1, u_2, u_3, \dots, u_k$, przytem

$$u = u_1 + u_2 + u_3 + \dots + u_k \quad . \quad . \quad . \quad (7)$$

Bardzo ostrożnie postępuje Wyckoff, zakładając przy obliczaniu wyników, że wielkość u jest iloczynem objętości komórki bakteryjnej przez jakiś współczynnik, wyrażający stosunek ilości kwantów, które przyczyniły się do uszkodzenia

¹⁾ Dognon i Piffault zaznaczają, że te substancje chemiczne nie mogą być uważane za sensybilizatory, gdyż obecność ich w roztworze, w którym znajdują się naświetlane wymoczki nie jest konieczna w chwili naświetlenia: skutek będzie ten sam, gdy wymoczki zetkną się z roztworem danej substancji zaraz po naświetleniu. Jest raczej prawdopodobnem, że promienie Röntgena zmniejszają odporność komórki przez zwiększenie przepuszczalności błony jądrowej.

komórki do ogólnej ilości kwantów przez nią pochłoniętych. W dalszym ciągu autor wyraża przypuszczenie, że substancją wrażliwą bakterji mogłaby być chromatyna; należałoby wtedy przyjąć istnienie nie jednej, a wielu sfer wrażliwych.

Podobne przypuszczenie w zastosowaniu do *Polytoma uvella* wyrazili Holweck i Lacassagne (1931 r.). W wyniku tych doświadczeń udało się im wyróżnić kilka typów uszkodzeń wywołanych uderzeniem promieni α polonu w różne sfery wrażliwe. Autorzy starali się wykazać identyczność tych sfer wrażliwych z organoidami komórki, opierając się przytem na znalezionych ich wielkościach (a raczej wielkościach sfer działania cząsteczek α) oraz skutkach, wywołanych ich uszkodzeniem. Tak więc np. sfera o średnicy $2,3 \mu$ byłaby jądrem (najmniej 2 cząsteczki α powodują uszkodzenie), a sfera o średnicy $0,25 \mu$ byłaby centrozomem (najmniej 1 cząsteczka α wywołuje uszkodzenie) komórki, której długość wynosi od 14 do 20μ , a szerokość od 5 do 12μ .

Za przypuszczeniem, że sfera wrażliwa komórki drożdży jest skupiona w jednym miejscu mógłby przemawiać tylko jeden fakt, który podają Holweck i Lacassagne w pracy ogłoszonej w r. 1930. Badany był wpływ promieni X oraz promieni α polonu na drożdże. Ponieważ, jak wynika z obliczeń, cząsteczka α w warunkach doświadczenia, przechodząc przez ciało badanego organizmu, wytwarza wzdłuż swego toru około 5.000 par jonów na jeden mikron, zatem przejście pewnej progowej ich ilości przez powierzchnię przekroju sfery wrażliwej powinno spowodować dającą się zaobserwować reakcję komórki. Otóż Holweck zaznacza, że oznaczona stąd wielkość tej powierzchni zgadza się z oznaczeniami objętości sfery wrażliwej tylko wtedy, jeśli założymy, że kształt jej jest kulisty. Jednak autor nie podaje odpowiednich liczb, przez co trudno jest osądzić, o ile wnioski jego są słuszne. Zresztą, jeśli nawet sfera wrażliwa jest tylko jedna, kulista u drożdży, to jeszcze nie daje powodu do przypuszczeń, że to samo dotyczy bakteryj, tem bardziej, że w komórce bakterji dotychczas nie zdołano wykazać istnienia jakiegokolwiek pojedynczego elementu morfologicznego tak dużego, jak sfera wrażliwa.

W powyżej wspomnianej pracy nad drożdżami Holweck zwraca uwagę na to, że przy użyciu promieni twardszych

również fotoelektron, wytracony przez kwant pochłonięty poza sferą wrażliwą, może do niej przeniknąć i uszkodzić ją. Średnica sfery wrażliwej, obliczona w tych badaniach, okazała się rzeczywiście większa, gdy użyte były promienie serji *K* żelaza ($\lambda = 1,93 \text{ \AA}$) niż przy użyciu promieni serji *K* glinu ($\lambda = 8,32 \text{ \AA}$). Również Wyckoff wykazał, że z obliczeń wypada tem większa objętość substancji wrażliwej, im twardsze promienie były użyte. Badania jego mają tem większe znaczenie, że były przeprowadzone na bakterjach (*Bact. coli*) oraz że zabicie, względnie powstrzymanie podziału było wywołane pochłonięciem tylko jednego kwantu, co znacznie ułatwiało obliczenia i wpływało przez to dodatnio na dokładność wyników. Do obliczeń stosował autor wzór (4) w formie nieco zmienionej:

$$P = e^{-\alpha' t} \dots \dots \dots (8)$$

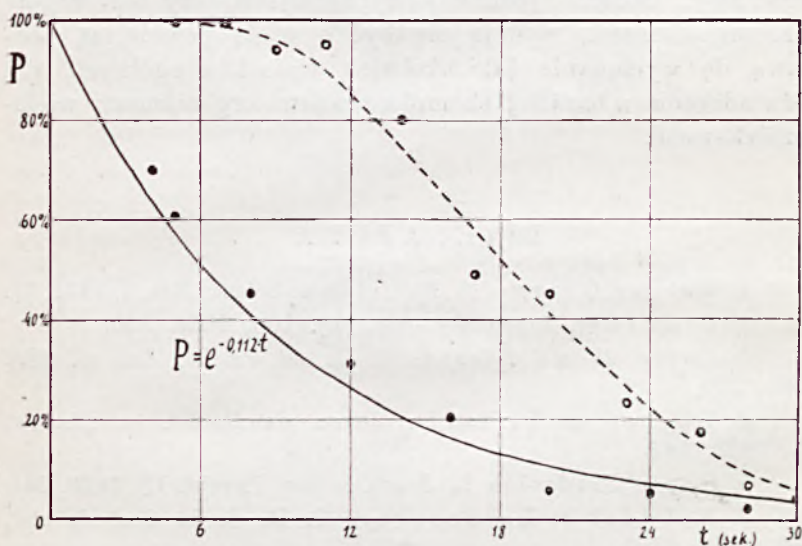
gdzie t oznacza czas naświetlenia, a α' odpowiedni współczynnik, którego wartość była obliczana na podstawie wielkości P , oznaczonych doświadczalnie dla różnych t . Mając natężenie promieni, zmierzone przy pomocy komory jonizacyjnej, znając objętość komórki bakteryjnej i zakładając, że jej współczynnik pochłaniania promieni, obliczony na jednostkę masy jest taki sam jak powietrza, autor obliczał, jaki byłby współczynnik α , gdyby pochłonięcie każdego kwantu było skuteczne. Stosunek $\frac{\alpha'}{\alpha}$ wyraża ułamek objętości komórki, w którym pochłonięcie kwantu jest skuteczne w rzeczywistości. Poniższa tablica przedstawia wyniki otrzymane przez Wyckoff'a.

Promienie (serja, metal)	<i>K Ag</i>	<i>K Mo</i>	<i>K Cu</i>	<i>K Cr</i>	<i>L Ag</i>
λ (Å)	0,564	0,710	1,537	2,29	3,98
α obliczone	0,079	0,126	0,527	1,220	1,108
α' obserwowane	0,0174	0,0167	0,0370	0,0413	0,0159
stosunek $\alpha':\alpha$	0,220	0,159	0,0702	0,0338	0,0144
ilość kwantów pochłoniętych na jeden zabijający	4,54	6,46	14,2	29,5	69,7

Jak wynika z liczb, podanych w tablicy, stosunek $\frac{\alpha'}{\alpha}$ zmienia się bardzo znacznie wraz ze zmianą długości fali. To też słusznie zaznacza autor, że stosunek ten jest raczej wskaźnikiem wielkości sfery działania kwantu, niż ilości substancji wrażliwej, która stanowi prawdopodobnie około 0,01 objętości komórki.

Zmiany długości fali wpływają nietylko na stosunek ilości kwantów skutecznych do ilości kwantów pochłoniętych przez komórkę. Jeszcze z badań Holweck'a i Lacassagne nad *Bact. pyocyaneum*, a następnie nad drożdżami wynika, że im mniejsze są użyte promienie, tem większa ilość kwantów musi być pochłonięta przez substancję wrażliwą dla wywołania obserwowanego skutku. Założenie, że uszkodzenie komórki jest skutkiem jonizacji jej substancji wrażliwej, zupełnie dobrze tłumaczy ten wynik. Otóż, aby to uszkodzenie wywołało dający się zaobserwować skutek (powstrzymanie podziału lub śmierć), ilość wytworzonych jonów musi być dostatecznie duża; jak wiadomo, im większa jest długość fali, tem mniejsza jest energia kwantu, tem mniej jonów wytwarza jego pochłonięcie, a więc tem więcej kwantów musi być pochłonięte przez substancję wrażliwą dla wytworzenia dostatecznej ilości jonów. Jak to już było wspomniane, obliczenia są mniej dokładne, gdy duża ilość kwantów musi być pochłonięta przez substancję wrażliwą, aby bakterja została zabita, gdyż, jak to można zauważyć na rys. 1, gdy S jest coraz większe, wykresy $P=f(N)$ stają się coraz podobniejsze do siebie i coraz trudniej jest rozstrzygnąć, który z nich najlepiej zgadza się z wynikami doświadczenia. Możliwe tu jest jeszcze jedno źródło błędu. Mianowicie krzywą, posiadającą punkt przegięcia, można otrzymać również wtedy, gdy $S=1$, jeśli naświetlane są nie pojedyncze bakterje, ale ich skupienia. Ilustrują to dobrze załączone wykresy (rys. 3) dwóch krzywych, sporządzone na podstawie liczb otrzymanych przez Wykoff'a i Rivers'a w badaniach, coprawda nie nad promieniami X , ale nad promieniami katodowymi, którym szybkość została nadana przez spadek potencjału równy 155000 Volt. Przy zastosowaniu zupełnie poprawnej techniki bakterjologicznej otrzymywane były dla *Bact. coli* krzywe wykładnicze. Gdy zaś szalki szczepione wstawione były na

pewien czas do termostatu przed poddaniem ich działaniu promieni, tak że bakterje, początkowo pojedynczo rozmieszczone, zdążyły odbyć parę podziałów, otrzymane wyniki leżały na krzywej esowatej. W tej samej pracy otrzymana została krzywa esowata dla *Staphylococcus pyogenes aureus*, czego przyczynę autorzy widzą w trudności porozdzielania komórek tej bakterji metodą, stosowaną z powodzeniem do *Bact. coli*. Napewno z przyczyny wyżej wymienionej autor amerykański Burger (1931) otrzymywał esowate krzywe śmiertelności bakteryj, chociaż stosował napięcia do 40000 Volt, używając antykatody



Rys. 3.

molibdenowej, srebrnej lub innej. Promienie X, otrzymywane tu, były napewno dość twarde, aby jeden kwant mógł zabić bakterję. Zresztą praca Burger'a jest pod każdym względem wykonana bardzo niestarannie. Autor nie tylko nie zastanawiał się nad poprawnością stosowanej techniki bakterjologicznej, ale wcale nie mierzył natężenia promieni X, nie zastanawiał się nad tem, jaka długość fali w nich przeważała (nie podaje nawet, kiedy używał antykatody molibdenowej, kiedy srebrnej, a kiedy innej), chociaż mógł znaleźć odpowiednie wskazówki w pracach poprzednio ogłoszonych, jak tego rodzaju badania prowadzić należy.

Najważniejsze zagadnienia, związane z wpływem promieni Roentgena na bakterje, zostały omówione. Badania nad promieniami miękkimi miały tu specjalne znaczenie, gdyż zwróciły uwagę na rolę kwantowej budowy energii promienistej w obserwowanych zjawiskach i dały możność rozwoju teorii substancji wrażliwej u bakterji. Jest bardzo prawdopodobnem, że teoria ta dałaby się zastosować również do badań nad wpływem promieni ultrafioletowych, niejonizujących, na bakterje. Omówione zagadnienia stanowią część o wiele obszerniejszej grupy zagadnień wpływu promieni Roentgena na organizmy. Badania jednak nad bakterjami, czy też wogóle mikroorganizmami, wydają się być o wiele pewniejszą podstawą do wyciągania jakichkolwiek wniosków ogólnych, niż doświadczenia z bardziej skomplikowanymi organizmami wielokomórkowemi.

L I T E R A T U R A.

1. Burger George N. Bull. of Basic Science Res. **3**, 1931, 71.
2. Crowther. Proc. Roy. Soc. (B). **100**, 1926, 390.
3. Curie M-me Pierre. C. R. de l'Acad. des sc. **188**, 1929, 202.
4. Dognon et Piffault. Journ. de Radiol. et Electrol. **15**, 1931, 442.
5. Gates Frederick L. Journ. of Gen. Physiol. **13**, 1929, 249.
6. Holweck et Lacassagne. C. R. de la Soc. de biol. **100**, 1929, 1101.
7. Holweck et Lacassagne. C. R. de la Soc. de biol. **103**, 1930, 60.
8. Holweck et Lacassagne. C. R. de la Soc. de biol. **107**, 1931, 812 et 814.
9. Holweck et Lacassagne. C. R. de l'Acad. des sc. **186**, 1928, 1316 et 1318.
10. Holweck et Lacassagne. C. R. de l'Acad. des sc. **188**, 1929, 197 et 200.
11. Holweck et Lacassagne. C. R. de l'Acad. des sc. **190**, 1930, 524 et 527.
12. Rahn Otto. Journ. of Gen. Physiol. **13**, 1929, 179.
13. Schepmann u. Flecke. Klinische Wochenschrift **5**, 1926, 1608.

14. Sterling-Okuniewski i Kawecki. Bull. Intern. de l'Ac. Pol. des Sc. Cl. de médecine 1931, 171.
 15. Trillat J. J. Comptes Rendus de l'Acad. des sc. **183**, 1926, 614.
 16. Wyckoff a. Rivers. Journ. of Exp. Med. **51**, 1930, 921.
 17. Wyckoff Ralph. W. G. Journ. of Exp. Med. **52**, 1930, 435.
 18. Wyckoff Ralph. W. G. Journ. of Exp. Med. **52**, 1930, 769.
-
-

Do p. z. Członków Towarzystwa!

Prezydjum Towarzystwa uprasza o regularne wpłacanie wkładek, stanowią one bowiem podstawę jego działalności.

Administracja czasopism prosi o niezwłoczne powiadomienie o każdej zmianie adresu.

KOSMOS

CZASOPISMO POLSKIEGO
TOWARZYSTWA PRZYRODNIKÓW
IM. KOPERNIKA

WYCHODZI W DWU SERJACH PO 4 ZESZYTY ROCZNIE
WE LWOWIE

SERJA A. ROZPRAWY:

Redaktor **Stanisław Kulczyński**, ul. św. Mikołaja 4.

SERJA B. PRZEGLĄD ZAGADNIENI NAUKOWYCH:

Redaktor **Dezydery Szymkiewicz**, ul. Nabelaka 22.

Administracja Serji A. Lwów, ul. Długosza 8.

„ „ B. „ ul. Nabelaka 22.

Członkowie Towarzystwa otrzymują „Kosmos“ bezpłatnie.

Dla nieczłonków prenumerata w księgarniach.

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

WSZECHŚWIAT

ORGAN POLSKIEGO TOWARZYSTWA
PRZYRODNIKÓW IMIENIA KOPERNIKA

wychodzi w 6 zeszytach rocznie w Warszawie

pod redakcją

JANA DEMBOWSKIEGO

Adres redakcji i administracji:

WARSZAWA, UL. POLNA 40, m. 10. — P. K. O. 21.650.

Prenumerata roczna 12 zł., półroczna 6 zł.

Członkowie Towarzystwa otrzymują „Wszechświat“ bezpłatnie.