

BIOLOGJA LEKARSKA

WYDAWANA POD KIERUNKIEM DR. S. OTOLSKIEGO

Rok X. — Nr. 2

Luty—Marzec 1931

JOD JAKO PIERWIASTEK ŻYCIOWY.

podał

PROF. DR. WŁ. LINDEMAN.

Chemiczny skład żywych ustrojów wyraźnie różni się ilościowo i jakościowo od martwego ich otoczenia. Z 92 znanych pierwiastków chemicznych, nieznaczna tylko część (12) tworzy główną masę ustroju zwierzęcego. Sześć pierwiastków (O, C, H, N, Ca, P) znajduje się w ilościach większych od 1%, tworząc przeszło 99% całości, następne 6 pierwiastków (K, S, Cl, Na, Mg, Fe) tworzy razem tylko 0,75%, niektóre inne pierwiastki spotyka się w jeszcze mniejszych ilościach. W ustroju zwierzęcym są to najczęściej: jod, fluor, brom i krzem *). Ustalona również została obecność znikomych śladów manganu, litu i arsenu. W ustroju roślin mamy mniej więcej ten sam stosunek, z tą różnicą, że skład pierwiastków, znajdujących się w małych ilościach nie jest jednostajny, że obok omówionych pierwiastków występują zwykle, jako przypadkowe składniki, zależne od obecności ich w glebie, niektóre inne pierwiastki (Ba, Zn, Cu, Al) oraz, że w pewnych przypadkach mogą gromadzić się w dość znacznych ilościach takie pierwiastki, które spotykają się zwykle w postaci śladów *). Te ostatnie dają się zauważyć u niektórych gatunków zwierząt, u pewnych bezkręgowców, u pierwotniaka (*Radiolaria*) *Acanthometra*, którego szkielet zawiera strą, gąbki rogowe (*Ceratospongiae*), do których należy i zwykła gąbka

*) W ilości śladów, których obecność ustalono tylko w pojedynczych przypadkach w ustroju zwierzęcym, znaleziono również: ces, rubid, rad, złoto (?), metale rzadkich ziem (cer, lantan i dydym), selen (?), bor oraz szlachetne gazy. (Hackh J. *of gen. Phys.* 1919).

grecka (*Euspongia officinalis*), jak również niektóre korale (np. *Gorgonia Cavolini*) zawierają duże ilości jodu (do 14% suchej substancji), wydzieliny barwne niektórych mięczaków morskich (*Murex*, *Purpura*), z których wyrabiano słynną purpurę starożytnych narodów, zawierają brom. Obecność bromu w ustroju ssaków lądowych, została ustalona w roku 1898 przez Baldi'ego, który znalazł brom razem z jodem w tarczycy. Znalezione go obecnie w postaci śladów we krwi zwierząt, zatrutych preparatami tarczycy (Baldauf i Pinkussohn 1930), a następnie jako stały składnik krwi zwierząt i człowieka. Brom występuje w ilościach tworzących 70 — 110% obecnego we krwi jodu. We krwi znacznej ilości raków morskich oraz mięczaków morskich i wód słodkich, a nawet gatunków lądowych, znajdujemy miedź, który to pierwiastek, zgodnie z najnowszymi danymi, posiada wybitny wpływ na proces tworzenia się krwi nawet u ssaków (doświadczenia Elvehjem'a i Hart'a na szczurach i kurczętach). Wyjątki te są jednak tak nieliczne, że nie są w stanie obalić zasadniczego wniosku, że głównymi składnikami ustrojów jest tylko sześć zasadniczych pierwiastków, z których dwa ostatnie (Ca i P) odsuwają się na plan dalszy. Ciekawem jest, że pierwiastki te posiadają najlżejszy ciężar atomowy i zajmują pierwsze miejsca w szeregu układu periodycznego pierwiastków (H-1; C-6; O-8; N-7). Wogóle są to pierwiastki najwięcej rozpowszechnione w przyrodzie. Według najnowszych danych (Noddack), uzupełniających dane Clark'e'a (*Die Naturwissenschaften* 1930 Heft 35) stopień rozpowszechnienia tych pierwiastków jest następujący H - $8,8 \cdot 10^{-3}$; O - $4,942 \cdot 10^{-4}$; C - $8,710^{-4}$; N $3 \cdot 10^{-4}$ Ca $3,39 \cdot 10^{-2}$; P $1,2 \cdot 10^{-3}$. Liczby te oznaczają, jaką część kory ziemskiej tworzy dany pierwiastek. Stopień rozpowszechnienia pierwiastka nie jest miarodajnym dla przyznania mu roli pierwiastka życiowego, niezbędnego składnika żywego ustroju. Istnieją pierwiastki, należące do tych samych kategorii 10^{-1} — 10^{-4} , które nie wchodzą w skład żywej zarodki. Takiemi pierwiastkami są np. glin $7,51 \cdot 10^{-2}$, tytan $5,8 \cdot 10^{-4}$, wanad $1,6 \cdot 10^{-4}$. Krzem, który spotyka się w znacznie większych ilościach tylko w szkieletach niektórych gąbek, należy też do najpospolitszych pierwiastków otoczenia, zajmując drugie miejsce po tlenie (Si $2,575 \cdot 10^{-4}$).

Pierwiastki, z których składa się ustroj żywych istot, można podzielić na dwie zasadnicze grupy: pierwiastki życiowe, stałe i pierwiastki, które są składnikami przypadkowymi. Pierwiastkami życiowymi są takie składniki, bez których nie mogą istnieć przejawy życiowe, lub nie mogą istnieć normalne czynności ustroju. Przypadkowych składników może zupełnie brakować, bez jakichkolwiek szkodliwych następstw dla ustroju. Znajdują się one najczęściej w kościach szkieletu (rzadkie ziemie), lub mięśniach (bor). Znaczna liczba pierwiastków, spotykanych w znikomym małych ilościach, posiada jednak znaczenie pierwiastków życiowych, dzięki ich własnościom oligodynamicznym. Prawdopodobnie odgrywają one rolę katalizatorów. Brak ich lub niewystarczająca zawartość powoduje objawy chorobowe, niekiedy bardzo poważne. Wśród tych oligodynamicznych czynników specjalne miejsce zajmuje żelazo, jako niezbędny składnik hemoglobiny krwi i jod, stały składnik nie tylko tarczycy, lecz również prawie wszystkich innych narządów. Rola jodu jako pierwiastka życiowego była ustalona jeszcze w roku 1850 przez Chatin'a, lecz poglądy tego badacza nie były uznane za słuszne i dopiero praca Baumann'a (1895) zwróciła uwagę na ten pierwiastek, a okrycie Kendal'a, który ustalił, że hormon tarczycy, *tyroksyna* jest związkiem jodowym, wysunęło jod na pierwszy plan, jako niewątpliwy pierwiastek życiowy. Obecnie (p. Oppenheimer *Chem. Zeit.* 1929) zajmuje on wśród oligodynamicznych czynników ustroju, tak roślinnego jak i zwierzęcego miejsce poczesne.

Pierwiastki z ciężarem atomowym większym od 100 są wogóle bardzo rzadkie tak w otoczeniu jak i w żywych ustrojach i należą do kategorii 10^{-8} — 10^{-12} . Są one również mało rozpowszechnione i występują w postaci izolowanych ognisk. Wbrew temu prawu jod, chociaż zajmuje dość wysokie miejsce w szeregu pierwiastków (53) i posiada ciężar atomowy 125,91, jest jednym z najwięcej rozpowszechnionych składników naszego otoczenia. Tworzy on $6 \cdot 10^{-8}$ kory ziemskiej razem z atmosferą. Wykrycie znikomyma małych ilości jodu prawie wszędzie jest jednym z największych zdobyczy współczesnej chemii. Dla osiągnięcia takiego wyniku trzeba

było udoskonalić technikę analityczną do tego stopnia, że stało się możliwem wykrycie ilości mniejszych od 0,000001 grama. Ilość tę oznaczono grecką literą γ i we współczesnych analizach mamy często do czynienia nawet z ułamkami γ . Taką dokładność osiągnięto nie dla wszystkich pierwiastków, lecz dla jodu posiadamy już oddawna bardzo ściśle metody Winklera (1915) dla miareczkowania oraz R a b o u r d e n'a (1850) dla kolorymetrycznego określania. Metody te udoskonalił w ostatnich czasach v. F e l l e n b e r g (1923-1930). Dzięki tym udoskonaleniom udało się ustalić, że jod znajduje się we wszystkich czterech sferach naszego otoczenia; w litosferze, t. j. w korze globu ziemskiego, jako składnik wszystkich prawie minerałów, w hydrosferze, czyli w nagromadzeniach wody, w atmosferze i przedewszystkiem w biosferze, t. j. jako składnik żywych ustrojów. Zawartość jodu w tych środowiskach jest bardzo mała. Minerały, obfitujące w jod, są bardzo rzadkie i nigdy nie napotykanne w większych ilościach. Rzadkiemi, lecz obfitemi źródłami jodu są przede wszystkim pewne rudy srebrne, miedziane i rtęciowe (jodiryt Ag J ; jodobromit $2 \text{ Ag Cl Br} + \text{Ag J}$; jodoembolit Ag Cl Bz J ; miersit 4 Ag. J. CuJ Kuprojodoargyrit AgJ CuJ , marshit CuJ , kokcynit Hg J_2) oraz niektóre minerały, zawierające wapń, jak lautarit CaJ_2 (N o d d a c k 1930) i dietzeitit ($7 \text{ Ca(JO}_3)_2, 8 \text{ CaCrO}_4$). Tylko marshit spotyka się w nieco większych ilościach wkroplony w innych rudach miedzianych (kupryt i malachit) w Australji. We wszystkich innych przypadkach zawartość jodu nie przekracza kilku mg. na kilogram. Według obfitych i bardzo ścisłych danych F e l l e n b e r g'a, dotyczących Szwajcarii (*Erg. d. Phys.* 1929 B. 25), najmniejsza jest zawartość jodu w skałach wulkanicznego pochodzenia: granitach, porfirach i t. p. (380 — 440 γ) oraz w skałach krystalicznych (180 — 600 γ). Tylko kwarcyty zawierają nieco więcej jodu (1100 — 8850 γ). Znacznie większe ilości jodu znaleziono w niektórych minerałach, zawierających chlorowce. Tak np. pyromorfit $\text{ClPb}_3(\text{PO}_4)_3$ zawiera aż 10000 γ . Jeszcze większa jest zawartość jodu w niektórych rudach miedzianych, mianowicie kuprytach. Kupryt Kornwalijski zawiera 38000 γ , kupryt z Australji 38800 γ *).

*) Liczby powyższe oznaczają ilość jodu w 1 kg. materiału.

Praktyczne znaczenie posiada tylko przeciętną zawartość jodu w poszczególnych warstwach geologicznych. W triasie zawartość ta waha się od 250 do 1000 γ . W warstwach jurajskich—od 320 do 9200 γ , w kredzie— od 250 do 750 γ , w warstwach trzeciorzędowych — od 240 do 2300 γ i w warstwach czwartorzędowych (diluvium) — od 970 do 1380 γ (Fellenberg). Zawartość jodu w ostatnim przypadku jest zależna od ilości skamieniałych resztek ustrojów zwierzęcych, głównie mięczaków, jak to widać z wyników analizy poszczególnych prób z tego samego źródła, z których jedne próby są pozbawione tych skamieniałości, a inne w nie obfitują. Różnica wynosi w takich przypadkach 40 — 60%.

Jod zawarty w skałach, przy ich wietrzeniu i przetworzeniu w glebę podlega wyługowaniu i wyraźnej absorpcji. Ponieważ atmosfera jest stałym i bardzo obfitym źródłem jodu i każdy deszcz przynosi nowe jego ilości, przeto można powiedzieć, że jod gromadzi się w glebie i że gleba przeciętnie zawiera więcej jodu, niż skały, z których ona powstała. Wskutek tego spostrzega się powiększenie zawartości jodu w glebie 2,2 do 35,5 razy, niezależnie od czynności ustrojów.

Jod, znajdujący się w glebie w postaci rozpuszczalnych jodków, podlega jednocześnie wyługowaniu, wskutek czego jodki są zawsze obecne w każdej wodzie tak słodkiej, jak i słonej i każde nagromadzenie soli kuchennej zawiera zawsze domieszkę bromków i jodków. Przy ocenie zawartości bromu i jodu w soli, czy to będzie sól kamienna, czy sól wykryształizowana z wody morskiej, lub z salin, trzeba pamiętać, że rozpuszczalność chlorków jest znacznie mniejsza, niż bromków i jodków i dlatego jod pozostanie zawsze w roztworze pokrystalicznym.

Według Fellenberg'a w wodzie jednej saliny znaleziono 215 γ jodu na litr, w otrzymanej z tej wody soli 260 γ na kg., a w pozostałym roztworze pokrystalicznym 2150 γ na litr. Woda morska zawiera 13 — 20 γ jodu na litr w morzu Śródziemnym i około 40 γ jodu w oceanie Atlantyckim. Sól morska z południowego brzegu Francji zawiera 0 — 1,1 γ a z brzegów oceanu 15 γ na kg.

Stosownie do tego, sól jest mało wartościowem źródłem jodu dla ustrojów, a specjalnie dla człowieka i zawiera jego

nawet mniej od innych minerałów. Znacznie większe ilości jodu zawierają sole, odgrywające rolę nawozów sztucznych i pochodzące właśnie z roztworów pokrystalicznych. Tak np. kainit zawiera aż 400 γ jodu na kg. Najobfitszym źródłem jest saletra Chilijska z 49000 — 152000 γ jodu na kg. Roztwór pokrystaliczny, otrzymany przy oczyszczaniu tej saletry zawiera ponad 2 $\frac{0}{00}$ J. i służy jako materiał do fabrykacji jodu krystalicznego na większą skalę. Sól kuchenna, otrzymana przy takiej fabrykacji, jako produkt poboczny, zawiera zawsze znaczne ilości jodu (do 15.800 γ) i zapewne dlatego posiada znaczenie lecznicze. (Fellenberg).

Oprócz wylugowania, gleba ciągle traci swój jod, wskutek rozszczepienia jodków pod wpływem katalitycznego działania pewnych mineralnych składników tej gleby i wyparowywania jodu w stanie pierwiastka. Proces ten jest całkiem niezależny tak od drobnoustrojów gleby, jak też od roślin wegetujących na niej. Czynniki te działają odwrotnie, powodując zatrzymanie parowania jodu, który bywa pochłonięty przez ustroje. Takie są losy jodu litosfery.

Hydrosfera zawiera również duże ilości jodu, skutkiem dodatnich czynników wylugowania gleby, z której zbiera się woda rzek i strumieni oraz znacznego dopływu jodu razem z deszczem, rosą i śniegiem, zabierającymi jod z atmosfery. Ujemnym czynnikiem jest przemiana jodu w organiczne jego połączenia w ciele rozmaitych żyjących w wodzie ustrojów tak roślinnych, jak i zwierzęcych. Zawartość jodu w wodzie jest tem mniejsza, im obfitsza jest w niej roślinność. Pierwszorzędnym czynnikiem jest skład tych warstw, przez które musi prze-dostać się woda danego źródła. Skały pochodzenia wulkanicznego, bardzo odporne i zawierające małe ilości jodu, dają wodę ze znikomą małą zawartością jodu, jak to mamy np. w niektórych miejscowościach Szwajcarii (Bern z 0,03—0,33 γ w litrze. W innych miejscowościach, gdzie woda wychodzi z warstw jurajskich, zawartość jodu podnosi się do 2—3 γ na litr i wyżej. W niektórych źródłach mineralnych, gdzie woda dostaje się do złogów soli, resztek byłego morza, zawartość jodu może osiągnąć nadzwyczajne liczby (do 424.000 γ w Krankenheiler Jodlaugę w Tölz). Zawartość jodu jest zwykle bardzo zmienna, waha się w szero-

kich granicach i obniża się niekiedy do 2 — 4 γ t. j. do tych liczb, które spotykamy w każdej dobrej wodzie do picia.

Woda rzek zawiera zwykle mniej J od wody źródlanej, zależnie od obecności większej ilości roślin. Zwykle zawartość jodu waha się w rzekach od 0,5 do 2 γ na litr, w zależności od pory roku, t. j. stopnia rozwoju roślin wodnych. Fellenberg przytacza dla rzeki Aar następujące liczby: w jesieni 0,38 w zimie 1,32 γ . Woda morska zawiera wogóle więcej jodu, niż woda rzek, lecz znacznie mniej, niż można byłoby sądzić ze stopnia nagromadzenia innych rozpuszczalnych soli. Jest to również skutkiem nagromadzenia jodu w żywych ustrojach morskich, przedewszystkiem wodorostach. Woda zamkniętych mórz, do których dopływają duże rzeki zawiera, jak wiadomo, mniej soli i również mniej jodu, niż woda oceanu (39 γ w Biarritz, 13,1 u brzegów Capri (Fellenberg).

Obok rozpraszania znacznych ilości rozpuszczonego w wodzie jodu, wskutek czynności żywych ustrojów, mamy również do czynienia z ciągłą jego stratą, zależną od ulatniania się razem z parami wody. Ilość jodu ginącego w ten sposób jest zależna przedewszystkiem od odczynu wody, t. j. od jej pH. Przy odczynie alkalicznym ulatnianie jodu jest małe, przy odczynie obojętnym ($\text{pH} = 7$) jest ono dość znaczne, przy obecności śladów kwasów (woda deszczowa) ulatnianie to jest tak wyraźne, że może spowodować całkowitą stratę jodu. Według Fellenberg'a, w doświadczeniach z wodą deszczową, spostrzegano przy początkowej zawartości 1,4 γ jodu, po 33 dniach stratę 100%; przy zawartości 2,95 γ jodu—31%; w ciągu tego samego czasu w doświadczeniu z wody śniegowej z pierwotną zawartością 3,1 γ po 27 dniach wyparowało 57% J. Nieco alkaliczna woda morska ($\text{pH}=7,5$) oddaje znacznie mniej jodu. Woda morska, wzięta u brzegów Capri, z zawartością 13,1 γ J na 1 litr po 21 dniach straciła 0,6 γ , a po dalszych 26 dniach—jeszcze 0,4 γ J. Mimo takiego powolnego parowania, morze jest najważniejszym źródłem jodu. Jod związany w wodzie w postaci nierozpuszczalnych związków organicznych w żywych ustrojach, po ich śmierci opada na dno morskie i tworzy stały składnik mułu, a następnie warstw osadowych pochodzenia morskiego

i powraca w ten sposób znowu do litosfery, żeby kiedyś w zmienionych warunkach rozpocząć swój obieg w przyrodzie.

Pary jodu, jako pierwiastka i lotnych jego związków (HJ) dostają się, jak już wzmiankowano, z litosfery i z hydrosfery do powietrza i tworzą stały składnik atmosfery. Ilość jodu, zawarta w powietrzu jest, biorąc pod uwagę stężenie, znikomo mała, lecz licząc się z olbrzymią masą powietrza — dość duża. Zawartość ta waha się w znacznych granicach w zależności od wysokości danej miejscowości nad poziomem morza, oraz zależnie od wysokości miejsca pobierania próby od poziomu terenu. Powietrze nie pozostaje w tym samym miejscu, lecz znajduje się w ciągłym ruchu i dlatego skład jego tylko nieznacznie różni się w poszczególnych miejscowościach znajdujących się na tej samej wysokości nad poziomem morza. Zależność stężenia J od wysokości przy stałym źródle dostarczania jodu, daje się

obliczyć z teoretycznego wzoru $\lg P = \lg P_0 - \frac{h}{H} 0,43429$,

gdzie P jest częściowe ciśnienie jodu w danych warunkach, P_0 częściowe ciśnienie przy temperaturze 0° i ciśnieniu 760 mm. Hg, h wysokość danego punktu nad poziomem morza i H wysokość atmosfery jednolitej, t. j. słupa gazu lub pary, który równoważy

ciśnienie 760 mm Hg. ($H = s. b. \frac{22,3}{\text{cięż. drobinowy}}$), gdzie s ozna-

cza ciężar gatunkowy rtęci, b dane ciśnienie barometryczne. Stosunek parcjalego ciśnienia do ciśnienia barometrycznego, pomnożony przez 100, daje objętościowe odsetki pary danej substancji w powietrzu. (F e l l e n b e r g).

$$\frac{p \cdot 100}{b}$$

Przyjmując zawartość jodu na powierzchni morza równą 100, mamy dla większych wysokości następujące liczby (F e l l e n b e r g):

	Na poziomie morza	100	J.
50 M	nad poziomem morza	94,8	„
100 M	„	„	90,3 „
250 M	„	„	78,1 „
500 M	„	„	61,1 „

1000 M	nad	poziomem	morza	37,5 J.
1500 M	"	"	"	22,9 "
2000 M	"	"	"	14,0 "
3000 M	"	"	"	5,3 "
3500 M	"	"	"	3,2 "
4000 M	"	"	"	2,0 "
4500 M	"	"	"	1,2 "
5000 M	"	"	"	0,7 "

Absolutne liczby, wykazujące zawartość jodu w powietrzu, są bardzo małe i dlatego zawartość ta daje się określić tylko za pomocą przedmuchiwanie dużych ilości powietrza przez specjalny aparat, zbudowany przez F e l l e n b e r g'a. Zasadniczą częścią tego przyrządu jest pochłaniacz, który składa się ze szklanego naczynia z tubusem na dole, rozciętego na dwie części nieco poniżej górnego otworu. We wnętrzu naczynia znajduje się kilkanaście kółek z płytek celulozoidu; dolne koło jest takiej wysokości, że górny jego brzeg znajduje się powyżej otworu tubusa dolnego. Inne koła mogą być niżej. Na każdym kołku jest umocowana gaza bawełniana, przepojona 0,5% roztworem węglanu potasu (K_2CO_3), który znajduje się również i na spodzie naczynia. Dwie części naczynia łączą się za pomocą naklejonego z zewnątrz paska papieru. Powietrze przechodzi przez ten aparat z dołu do góry. Prąd powietrza otrzymuje się za pomocą miecha, dającego przy każdym ruchu 2,5 litra powietrza. Wobec małej zawartości jodu, należy przepuścić kilkanaście metrów sześciennych powietrza, co wymaga kilku godzin pracy.

Kółka razem z gazą gotuje się w roztworze węglanu potasu i jod określa się w otrzymanym w ten sposób roztworze wodnym.

Zawartość jodu jest w znacznym stopniu zależna od tego, na jakiej wysokości nad poziomem terenu i o jakiej porze dnia robiono doświadczenia. Para jodu jest 8,65 razy cięższa od powietrza i, powstając w znacznej części przez parowanie jodu z gleby, gromadzi się przede wszystkim w najniższych warstwach powietrza przy samej ziemi. Umieszczenie rurki, zbierającej powietrze, na wysokości głowy człowieka, obniża zawartość 3 — 4 razy. Umieszczenie przyrządu na balkonie, na wysokości 4,6 m.

lub na wieży (68 m.) powoduje jeszcze większe obniżenie zawartości jodu w danej próbce.

Drugim miarodajnym czynnikiem, jest działanie powstających osadów atmosferycznych. Trwały deszcz lub śnieg może usunąć jod z powietrza prawie całkowicie. Tworzenie się rosy, zawierającej według doświadczeń F e l l e n b e r g'a 4,8 — 7,1 γ J na litr, oraz szronu (z 2,8 — 8,35 γ), jest główną przyczyną wyraźnych wahań zawartości jodu w powietrzu w ciągu doby. Rankiem dolne warstwy zawierają znacznie większe ilości jodu, niż w godzinach popołudniowych. Wogóle w tej samej miejscowości, w szeregu doświadczeń wykonanych codziennie, zawartości jodu, określone w omówiony sposób wahały się od 0,09 do 2,54 γ (B e r n).

Od zawartości jodu w powietrzu jest zależna i jego zawartość w wodzie deszczowej i śniegu, która to zawartość może być do pewnego stopnia miernikiem jego zawartości w atmosferze danej miejscowości wogóle. Jednak trzeba pamiętać, że jod znika z powietrza bardzo szybko i dlatego pomiędzy pierwszymi, a późniejszymi próbami jego zawartości w osadach atmosferycznych mogą powstać duże różnice. Bardzo ważne są również wpływy odległości danej miejscowości od morza oraz kierunek wiatru. W Bernie (Szwajcaria) zawartość jodu w wodzie deszczowej i śniegu waha się od 0 do 2,5 γ J na litr, podczas gdy w Holandji nie spada nigdy poniżej 1 γ J i osiąga, w sprzyjających warunkach (400 m. od brzegu i wietrze od morza), do 16 γ J.

W powietrzu, w glebie i w wodzie jod występuje w dwóch zasadniczych postaciach: w postaci związków nieorganicznych oraz w postaci połączeń organicznych.

Wszystkie organiczne połączenia jodu, spotykane w ustrojach roślinnych, są nierozpuszczalne w wodzie i w alkoholu i nie odszczepiają jodu przy działaniu na nie kwasu azotawego, natomiast jodki i jodany łatwo dają ten odczyn i są rozpuszczalne w wodzie i alkoholu. Powstanie organicznych połączeń nie jest związane z przejawami życiowymi wzrostu i mnożeniem się żywych ustrojów. W obecności molekularnego jodu i pewnych katalizatorów, odgrywających rolę również w procesie jego powstania z jodków, (związków żelaza i manganu), łatwo podlegają jodo-

waniu prawie wszystkie ciała organiczne i dlatego żyzna gleba jest jednym z najmocniejszych czynników pochłaniania jodu z przeciekającej przez nią wody. Według Fellenberga 25 — 52% jodu, zawartego w wodzie deszczowej, znajduje się w postaci połączenia organicznego.

Lecz prawdziwym miejscem nagromadzenia organicznych połączeń jodu jest biosfera — żywe ustroje roślinne i zwierzęce. Ścisłe analizy, wykonane według współczesnych, nadzwyczaj czułych metod dowiodły, że jod nie jest przypadkowym składnikiem ustrojów, że nie jest on składnikiem wyjątkowym, swoistym dla specjalnych gatunków istot, lecz, że jest on składnikiem stałym i że każdy żywy ustrój posiada zdolność gromadzenia jodu w ilościach większych od przeciętnego stężenia tego pierwiastka w otoczeniu.

Zawartość jodu w pokarmach roślinnych w większej ilości przypadków jest nieznaczna i waha się zwykle w granicach od 10 do 100 γ na kilogram. Pewien wpływ na zawartość jodu posiada pochodzenie pokarmu; tak więc dla zboża (pszenica) mamy najwyższą zawartość jodu w próbach, pochodzących ze Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej (64 γ) i Kanady (56 γ), najmniejszą — w zbożach niektórych miejscowości Szwajcarii (Bern 12 γ). W tych samych granicach waha się zawartość jodu w innych nieoleistych nasionach. Z nasion oleistych zwraca na siebie uwagę duża zawartość jodu w nasionach orzecha chińskiego (*Arachis hypogaea*), w którym znaleziono 200 γ J. Oleje roślinne zawierają od 30 γ (olej sezamowy) do 5 γ J (tłuszcz kokosowy) na kilogram. Warzywa, korzenie i owoce w stanie suszonym zawierają od 5 do 30 γ J. na kilogram, za wyjątkiem pewnych gatunków sałaty, gdzie zawartość J. podnosi się aż do 50 γ . Suszone pokarmy roślinne zawierają więcej jodu: suszone śliwki do 100 γ J., korzeń kozłka lekarskiego (*Valeriana officinalis*) do 232 γ J., mech islandski do 310 γ J. Ciekawa jest mała zawartość jodu (5 γ) w daktylach (bez pestek).

Pokarmy pochodzenia zwierzęcego zawierają J w granicach od 20 — 30 γ na kg. (mleko, jaja, mięso, wątroba, ryba rzeczna). Ryba morska zawiera znacznie większe ilości jodu, zależnie od gatunku od 300 γ (*Scomber scombrus*) do 2000 γ

śledź (*Clinpea Harengus*). Konserwy z ryby zawierają mniej niż materiał świeży (sardynki 163 γ). Tłuszcze pochodzenia zwierzęcego zawierają tylko nieznaczne ilości jodu (słonina wieprzowa 17 γ). Specjalne miejsce zajmuje tran, zawierający 3500 — 7200 γ J., owolecytyna, zawierająca 630 — 1700 γ J. oraz t. zw. olej jajeczny, zawierający 360 — 420 γ J., podczas gdy same jaja zawierają tylko 12 — 80 γ J. na kilogram.

Na specjalną uwagę zasługuje zawartość jodu w mleku. Według Fellenberg'a mleko zawiera przeciętnie 40 — 70 γ jodu w 1 kilogramie. Nowsze badania wykazały, że liczba ta podlega znacznym wahaniom w warunkach fizjologicznych. Tak więc młodziwo (*colostrum*) zawiera zawsze więcej J., niż prawdziwe mleko, równoległe do podniesionej zawartości jodu we krwi przy końcu ciąży, osiągając 100% nadwyżki w porównaniu z normą (Maurer). Zwierzęta (krowy, kozy i owce) otrzymujące pokarm obfitujący w jod, zwłaszcza w jodki nieorganiczne, dają mleko z zawartością jodu o 40 — 100% większą od normy. Domieszka jodu do pokarmu zwierząt powoduje, według doświadczeń Sharrer'a (*Handb. d. Biochemie v. Oppenheimer Erg. Bd. 1930*), znaczne podniesienie ilości wydzielanego mleka. Jod w takim mleku jest w znacznej części zawarty w tłuszczu. Wydzielanie jodu z mlekiem stwierdzono również i u ludzi.

Nieliczne dane, z badań nad pokarmami roślinnymi, pozwalają przypuszczać, że istnieje zależność zawartości jodu od swoistej własności gatunku roślin, oraz, że zawartość jodu łączy się ze sprawą otoczenia. Bourcet (1899), badając 28 gatunków roślin lądowych, zebranych z gleby, zawierającej 870 γ J. na kg., znalazł: dla psiankowatych (*Solanaceae*) 0,70 γ J., dla dyniowatych (*Cucurbitaceae*) 0,17 γ J., dla krzyżowych (*Cruciferae*) 0,240 γ J., dla komosowatych (*Chenopodiaceae*) 21,380 γ J., dla motylkowatych (*Leguminosae*) 13-320 γ J., dla liljowatych (*Liliaceae*) 120-940 γ J., dla rdestowatych (*Polygonaceae*) 47 γ J., dla baldaszkowatych (*Umbeliferae*) 0-140 γ J., dla *Synanthereae* — 0-96 γ J.

Skrytopłciowe rośliny lądowe zawierają stosunkowo duże ilości jodu, większe od jego zawartości w otoczeniu (Fellenberg). Glon zielony (*Protococcus viridis*), zebrany na

pniach bukowych, zawierał w trzech próbach: 980, 1560 i 2420 γ J. (Bern). Porosty rozmaitych gatunków, zebrane na skałach i drzewach, zawierały od 140 γ (czarny porost ze skał gneisowych) do 500 γ J. (zielonkawy porost z gałęzi świerku).

Bezhlorofilowe rośliny skrytopłciowe (grzyby) zawierają bardzo mało jodu. Hodowle pleśni *Aspergillus niger* zawierały tylko 11 γ J., grzyb *Boletus subtomentosus* — tylko 6 γ J.

Jako dowód zależności zawartości jodu w roślinach, lub częściach tych roślin, od warunków otoczenia można przytoczyć, obok omówionej zmiennej zawartości jodu w zbożu, ciekawe wyniki badań Heyman'a, wykonanych na morskiem wybrzeżu holenderskim, będącem najobfitszym źródłem jodu w przyrodzie. Rośliny z wybrzeża holenderskiego zawierają wogóle znacznie więcej J. niż to odpowiada danym Fellenberg'a i Bourceta. Dane Heyman'a odnoszą się do trzech gatunków roślin: wydmuszycy piaskowej (*Elymus arenarius*), pokrzywy (*Urtica dioica*) i paproci (*Pteris aquilina*). Zawartość jodu wahała się, zależnie od odległości od morza: dla wydmuszycy od 800 do 1300 γ J., dla pokrzywy od 500 do 2600 γ J., a dla paproci dosięgała 900 γ J.

Jod, zawarty w glebie i w powietrzu, znajduje się przeważnie w postaci trudno rozpuszczalnych związków organicznych, lub również nierozpuszczalnych połączeń zespolonych (w minerałach). Inne są stosunki w wodzie, gdzie zawsze pewna część jodu znajduje się w postaci łatwo rozpuszczalnych jodków i jodanów. Dlatego też rośliny żyjące w wodzie słodkiej, zawierają więcej jodu, niż rośliny lądowe tej samej okolicy. Według Fellenberg'a w Bernie, gdzie zawartość J w wodzie Aary waha się od 0,33 do 1,39 γ , a woda do picia ze strumieni górskich zawiera tylko 0,03 — 0,38 γ , rzeżucha wodna (*Nasturtium aquaticum*) zawiera aż 4448 γ J. Suszone glony z wody słodkiej (z Aary) zawierają aż 7300 — 8350 γ J. na kilogram. Jeszcze większa jest zawartość jodu w glonach (wodorostach) morskich, których popiół jest najważniejszym źródłem otrzymywania jodu. Najobfitszym źródłem są gatunki rodzaju *Laminaria*. *Laminaria digitata* zawiera od 84.000 do 94.000 γ J. *Laminaria stenophylla* — 61.000 — 64.000 γ J. Mniejsza jest

zawartość w bardzo rozpowszechnionych gatunkach rodzaju morskich: *Fucus vesiculosus* — 10.000 γ J., *F. nodosus* — 26.000 γ J., *F. Serratus* — 18.000 γ J. Niektóre z tych glonów odgrywają w Japonii rolę produktów spożywczych. Z nich glon *Nori* (suszony) zawiera 5870 γ J., glon *Kombu* (suszony) 2645000 γ J., chilijski glon jadalny *Luche* zawiera tylko 1000 γ J.

Zawartość jodu w ustrojach zwierząt wodnych nie została jeszcze w wystarczającym stopniu zbadana. Kręgowce wód słodkich (ryby) zawierają mniej więcej tyleż jodu, co i zwierzęta lądowe (20 — 80 γ). Bezkręgowce nie są jeszcze pod tym względem zbadane. Z fauny morskiej wyróżniają się gąbki, z zawartością jodu aż do 3870000 γ (*Euspongia*) i niektóre korale. Mięczaki *Mytilus edulis* — 1900 γ J., *Litorina litorea* — 750 γ J. i raki (*Crangon vulgaris* — 700 γ J.). Zawartość jodu w organizmie zwierząt morskich jest większa od zawartości tego pierwiastka w otoczeniu i dlatego istoty morskie, obok roślin, tworzą zbiorniki jodu, który zwracają litosferze.

Na podstawie przytoczonych danych możemy teraz nakreślić całokształt obiegu jodu w przyrodzie.

W okresie powstawania ziemi, jod mógł znajdować się wyłącznie w atmosferze, stosownie do swego dość niskiego punktu wrzenia i znacznej lotności (p. wrz. 184,35°). Nieco później, część jego została absorbowana przez roztopione krzemiany, które tworzą obecnie skały pochodzenia pierwotnego, druga, znaczniejsza część, w okresie powstania płynnej wody dostała się do morza, z którego mogła w odpowiednich warunkach parować, jak paruje obecnie, i przy wietrzeniu kamieni pierwotnych wzbogacać się kosztem jodu litosfery lub zmniejszać się wskutek zjawisk absorpcji i tworzenia się połączeń nierozpuszczalnych w powstającej z tych kamieni glebie. Ten ostatni proces trwa do chwili obecnej i jest niezależny od życia. Od powstania życia, do tej zasadniczej postaci obiegu dołączyły się nowe szczegóły.

Żywe ustroje, jak i wytwarzane przez nie ciała organiczne, ich wydzieliny i zwłoki, są zbiornikami jodu. Obok czynnych połączeń nieorganicznych, występują połączenia bierne, dość trwałe, pochodne organiczne jodowane, które tylko bardzo

powoli powracają do pierwotnej postaci elementarnego jodu lub jego związków nieorganicznych.

Jaka jest to trwałość, świadczy zawartość jodu w skałach, resztkach żyjących istot odległych okresów geologicznych. Żywe istoty pobierają jod z gleby — (czynność korzeni roślin i drobnoustrojów gleby) z wody, z powietrza i gromadzą go w swoim ustroju. Wreszcie w ten lub inny sposób jod dostaje się do morza, gdzie znowu przechodzi do żywych ustrojów, lub zostaje wyparowany, przechodząc powtórnie do atmosfery, albo w postaci zwłok żywych istot opuszcza się na dno morza, żeby w dalekiej przyszłości, po skończonej mineralizacji, wystąpić jako składnik warstw osadowych, których los nie różni się od losu skał pierwotnych.

Rola żywych ustrojów w tym złożonym obiegu jest bardzo wyraźna. Jakie znaczenie posiada jednak ten proces stałego przepływu jodu przez ustrój dla żywych istot? Przekonał się, że nawet w razie maksymalnych zawartości jodu w żywych tkankach nigdy nie występuje on w takich ilościach, jak np. siarka, fosfor lub chlor. Zawsze mamy do czynienia ze znikomymi ilościami jodu, zwykle z milionowymi częściami grama. Czy obecność jodu w ustroju jest skutkiem szerokiego jego rozpowszechnienia w przyrodzie i jego nadzwyczajnej zdolności łączenia się z każdym ciałem organicznym? Czy nie posiada on jakiegoś specjalnego znaczenia, jako niezbędny, zasadniczy czynnik życiowy? Tego rodzaju czynniki są dobrze znane, jako katalizatory i antykatalizatory w całym szeregu odczynów chemicznych, jako zaczyny wewnątrz i zewnątrz komórkowe, jako oligodynamiczne czynniki w procesach życiowych. Do takich oligodynamicznych czynników należy prawdopodobnie i jod, który jest niezbędnym dla życia i odgrywa istotnie rolę pierwiastka życiowego. Przy dokładniejszym badaniu tego zagadnienia okazuje się, że jest ono więcej złożone, niż to się wydaje na pierwszy rzut oka.

Przedewszystkiem nasuwa się pytanie, jakie są losy jodu w żywym ustroju? Czy działa on, jako taki, będąc dość mocnym odczynnikiem utleniającym? Czy konieczne jest powstanie złożonych połączeń organicznych, odgrywających rolę czynników

oligodynamicznych? Jakie jest rozmieszczenie pochodnych jodu w organizmie i jakie są ich dalsze losy? Czy jod gromadzi się tylko w ustroju, czy jest on równocześnie usuwany z organizmu, aby zachować swoistą dla każdego organizmu równowagę jego przemiany?

Jeszcze nie jesteśmy w stanie dać ścisłej odpowiedzi na te pytania, chociaż ostatnie czasy dostarczyły nam sporo ciekawych faktów, pozwalających na pewne zorientowanie się w tem zagadnieniu.

Rozpocznijmy od losów jodu w ustroju roślin. Z omówionych danych wnioskujemy, że poszczególne gatunki roślin tak lądowych, jak i wodnych, w tej liczbie i roślin morskich, będąc w jednakowych warunkach, zawierają niejednakową ilość jodu. Ilość ta tylko do pewnego stopnia jest zależna od zawartości jodu w otoczeniu i zależność ta, jest cechą właśnie roślin lądowych, zawierających wogóle tylko nieznaczne jego ilości. Dla roślin obfitujących w jod, jak np. glony morskie, zauważono niezależność zawartości jodu w roślinie od zawartości tego pierwiastka w wodzie morskiej. Zawartość jodu w morskazynie (*Fucus sp.*) jest mniej więcej taka sama w oceanie Atlantyckim, jak i w morzu Bałtyckim, posiadającym prawie słodką wodę. W jaki sposób i w jakiej postaci dostaje się jod do ustroju roślin? Najobfitszym źródłem jest woda. Dla glonów morskich i słodkowodnych, jest to jedyne źródło. Dla roślin lądowych ustalono, że szybko pochłaniają one jod z kropelek, znajdujących się na powierzchni liści, a zawierających jodek potasu. Wobec nierozpuszczalności w wodzie przeważnej części znajdujących się w glebie, wodzie i nawet w powietrzu związków organicznych jodu, należy przypuścić, że w przemianie materji roślin biorą udział przede wszystkim jodki zasad i ziem alkalicznych, a w znacznie mniejszym stopniu jodany.

Możliwem jest, że pewną rolę odgrywa rozpuszczony w wodzie pierwiastek jod, gdyż ustalono ciągłe jego parowanie tak na powierzchni morza, jak i wód słodkich. Pary jodu, znajdujące się w powietrzu są poważnem źródłem dla roślin lądowych, a według H e y m a n n'a nawet źródłem dominującym. Miejszem pochłaniania jodu z atmosfery są przeważnie zielone części roślin, więc przede wszystkim liście. Zaródź roślinna w obecności

kwasu węglowego i chlorofilu posiada zdolność do rozszczepiania jodków według ogólnego wzoru (Binz 1878 r.):



Kwas jodowodorowy podlega łatwo utlenieniu, nawet pod wpływem tlenu powietrza według wzoru:



Jod, zawarty w ustroju roślinnym pod postacią łatwo rozpuszczalnych połączeń nieorganicznych, jest związkiem bardzo krótkotrwałym i w tej postaci może być nagromadzony tylko w wyjątkowych przypadkach, (np. japoński glon jadalny *Kombu*, zawierający 85% nieorganicznych związków jodu). Wogóle rośliny są bardzo czułe na nadmiar jodków i nieco oporniejsze są tylko glony, które są w stanie wytrzymać nawet 0,5% rozczynu KJ. Dla roślin lądowych już znacznie słabsze stężenia są zabójcze.

Odporniejszymi na jod są pewne halofity, rośliny przystosowane do dużych zawartości soli w glebie; rośliny te są zdolne do gromadzenia jodu w większych ilościach, niż inne rośliny. Do tego rodzaju roślin należą, między innymi, liczne *Chenopodiaceae*, a w ich liczbie szpinak i buraki. Stosownie do tego, w przypadkach sztucznego podniesienia zawartości J w glebie, mogą one gromadzić jod w bardzo dużych ilościach. Zawartość jodu w szpinaku można powiększyć 10 razy (z 330 γ do 3460 γ) (Scharrer 1927).

W warunkach laboratoryjnych takie gromadzenie jodu daje się stwierdzić i u innych gatunków roślin, nie należących do halofitów. Przy dodawaniu do płynu odżywczego 0,001 gr., względnie 0,002 gr. jodu (w postaci KJ), ustalono powiększenie zawartości jodu dla owsa 3-krotne (nasiona) i 2-krotne (słoma), dla grochu 1½ i 2-krotne, dla koniczyny 2-wzgl. 3-krotne.

Zjawiskiem łatwego przystosowania się roślin do trujących własności jodu, jest zdolność szybkiego przetwarzania nieorganicznych związków jodu w nieszkodliwe pochodne organiczne, które w przeważnej ilości przypadków są bardzo trwałe i nie-

rozpuszczalne w wodzie. Skutkiem takich stosunków występuje niejednakowa zawartość jodu w poszczególnych częściach tej samej rośliny, niejednakowa zawartość tego pierwiastka w tych samych narządach (liściach). Zależnie od warunków pochodzenia, daje się zauważyć stopniowe nagromadzenie jodu, wzrastające z biegiem wegetacji i znaczna jego zawartość w obumarłych, nawet rozkładających się, częściach roślin.

Dobłą ilustracją niejednakowej zawartości jodu w poszczególnych narządach jest doświadczenie Fellenberga, wykonane z bulwą (*Helianthus tuberosus*) i słonecznikiem (*Helianthus annuus*), znajdujących się w tych samych warunkach. Dla bulwy otrzymano następujące wyniki: w liściach — 2-9 γ J. na kg., w białkach — 3 γ J., w korzeniach — 22 γ J., w młodych bulwach — 12 γ J. Dla słonecznika: w liściach — 77 γ J., w białkach — 8 γ J., w korzeniach — 68 γ J., w nasionach — 42 γ J., w świeżych kwiatach — 14 γ J., w resztkach obumarłych kwiatów nad dojrzałymi nasionami — 210 γ J. i w resztkach, pozostałych od kwiatów, po usunięciu nasion — 72 γ J. Zależność ilości jodu od warunków pochłaniania jego z atmosfery wynika z badań liści tej samej rośliny żywotnika wschodniego (*Thuja orientalis*), wziętych na wysokości 0,3 m. i 5 m. Na dole znaleziono 280 γ J., a na górze 111 γ J. Glon *Protococcus viridis*, na pniu buku zawierał na wysokości 0,5 — 0,8 m. — 1560 γ J., na wysokości 2 m. tylko 980 γ J. Nagromadzenie jodu zależy od długości wegetacji wykazują następujące wyniki analiz bulwy w rozmaitych porach roku. We wrześniu (13.IX) — (maximum rozwoju) na 1 kg. suszonych liści: 125 γ J., w grudniu (4.XII) — (koniec wegetacji) — 715 γ J., w marcu (3.III) — martwe zeszłoroczne liście — 445 γ J. Analogiczne dane otrzymano też dla liści buku (12.V) — 13 γ J.; (16.VIII) — 138 γ J.; zeszłoroczne opadłe liście, leżące na ziemi — 107 γ J. Duża zawartość jodu w zwieędniętych liściach wskazuje na trwałość tych organicznych połączeń i na trudność ich wyługowania.

O ile można wnioskować z tych bardzo jeszcze nielicznych danych, jod zostaje zatrzymany prawie w miejscu wejścia i dlatego właśnie najobfitsze jego ilości spotykamy w liściach i korzeniach. Nasiona zawierają nieznaczne tylko ilości jodu. Można więc przypuścić, że powstanie trwałych

nierozpuszczalnych związków organicznych ma znaczenie przysposobienia ochronnego: unieruchomienia i unieszkodliwienia trującej substancji. Stosownie do tego zwykle przeważna część zawartego w roślinach jodu tworzy właśnie te połączenia organiczne, w każdym razie substancje w wodzie nierozpuszczalne.

Co do stosunku pomiędzy organicznie i nieorganicznie związanym jodem w roślinach, to z badań, spotykanych w piśmiennictwie, wynika, że przewaga jest po stronie organicznie związanego jodu.

	Jod połączeń organ.	Jod pod postacią nieorgan.	Ogólna zaw.
Roszpanka warzywna (<i>Valerianella</i>)	15,9 γ J.	3,8 γ J.	19,7 γ J.
Rzeżucha wodna (<i>Nasturtium aquaticum</i>)	416,6 γ J.	21,5 γ J.	438,1 γ J.
Japoński jadalny glon (<i>Kombu</i>)	445.000 γ J.	2.645.000 γ J.	3090.000 γ J.

U innych glonów przeważa jednak organicznie związany jod (Eschle, Weiss). Według japońskich badaczy Okuda i Eto, w glonach morskich jod znajduje się nawet w postaci organicznych rozpuszczalnych w wodzie połączeń, a więc połączeń innego rodzaju, niż spotykane w roślinach lądowych.

Własności tych organicznych połączeń, są jeszcze bardzo mało znane. Obok trwałych, nierozpuszczalnych związków, istnieją również bardzo niestale, które łatwo rozkładają się, podobnie do jodków, pod wpływem kwasu azotawego lub nawet samodzielnie. Takie związki znaleziono w specjalnych komórkach młodych pędów niektórych *Florideae*. Dodawanie azotynów i kwasu siarkowego powoduje odszczepienie jodu w wodniczках wszystkich komórek tych roślin (Golenkin).

Czy takie organiczne połączenia jodu, obok omówionego znaczenia ochronnego — zabezpieczenie się od zatrucia, posiadają również charakter regulatorów przemiany materji, jest jeszcze nie ustalone. Istnieją jednak wskazówki, że nieznaczna domieszka jodu podnosi urodzajność gleby, a niektórzy autorowie twierdzą, że obecność jodu dla pewnych roślin jest koniecznym warunkiem istnienia. Taką rośliną jest, według M a z e

kukurydza. Sprawa dodatniego wpływu większych ilości jodu na urodzaj jest jeszcze w okresie opracowania i wyniki są bardzo niejednolite. Dodatkowo wyniki otrzymali Suzuki, Stoklaza i Loess.

O regulowaniu zawartości jodu w roślinach przy pomocy wydzielania bądź pod postacią pary, bądź pod postacią roztworów wodnych, nie posiadamy narazie żadnych danych.

Obieg jodu w ustroju zwierzęcym, a przede wszystkim w ustroju kręgowców jest lepiej zbadany, niż u roślin.

Przeciętna zawartość jodu w ustroju zwierząt lądowych oraz ryb słodkowodnych waha się około 100 γ J. na kilogram, jest więc wyższa od zawartości jodu w wodzie, służącej do picia i w otaczającym powietrzu, odgrywających, jako źródła jodu, prawdopodobnie tylko drugorzędną rolę, chociaż gwarantują one dopływ pewnej minimalnej ilości J nawet w wypadku głodzenia. Płuca pochłaniają z łatwością parę jodu i wprowadzony do dróg oddechowych jodek potasowy. Zawartość jodu w produktach spożywczych, będących najważniejszym źródłem jodu, waha się w znacznych granicach. Wśród zwierząt przedstawiciele fauny morskiej zawierają znacznie większe ilości jodu: od 300 do 2400 γ , a w niektórych specjalnych przypadkach nawet jeszcze więcej. Nie posiadamy, niestety, ścisłych danych, dotyczących zawartości jodu w planktonie, najważniejszym materiale spożywczym istot wodnych. Dane Gautier'a z r. 1899, otrzymane przy badaniu zawartości jodu w wodzie morskiej na rozmaitej głębokości w Atlantyku, są następujące:

	Zaw. J w planktonie	J pod post. organicznych połączeń	J pod post. nieorgan. związk.	S
Na powierzchni	286 γ J.	1960 γ J.	0 γ J.	2246 γ
880 metr. pod pow. morza	100 γ J.	2130 γ J.	150 γ J.	2380 γ
980 metr. „ „ „	65 γ J.	1890 γ J.	305 γ J.	2260 γ

Dla większości ustrojów morskich, źródłem jodu, gromadzącego się w ich tkankach jest pośrednio, czy bezpośrednio właśnie ten plankton.

Podobnie do tego co spostrzegaliśmy u roślin, zawartość jodu w poszczególnych narządach zwierząt jest niejednakowa.

Występuje to w najprostszej postaci przy porównaniu zawartości J w mięśniach, szkieletie i wnętrznosciach ryb morskich. Fellenberg przytacza następujące dane dla *Merlangus carbonarius*: mięso—zawiera 900 γ J na 1 kg., wnętrznosci—2.400 γ J na 1 kg. Najobfitszym zbiornikiem J u ryb jest wątroba. Dla ryb żyjących w wodzie słodkiej mamy nieco dokładniejsze dane. U pstrąga znaleziono: mięśnie—22,3 γ J na 1 kg., wątroba—866 γ J na 1 kg., jajniki—1.030 γ J na 1 kg., tarczycza—2.000 γ J na 1 kg. U okonia (*Perca fluviatilis*): w mięśniach—20,4 γ J na 1 kg., w wątrobie—600 γ J na 1 kg., w jajnikach—124 γ J na 1 kg.

Podobne dane posiadamy dla królika i wołu. U królika samca z tarczyczą powiększoną (wole) znaleziono: tarczycza—7.130 γ J, śledzioną—900 γ J, jądra—280 γ J, wątroba—370 γ J, żółć—270 γ J. U królika samicy ze zdrową tarczyczą: w tarczycy—3400 γ J, w śledzionie—300 γ J, w jajnikach—800 γ J, w wątrobie—102 γ J, w żółci—1100 γ J. W organizmie trzech wołów znaleziono: w tarczycy—228000 γ J, 67200 γ J i 143000 γ J, w mięśniach—89 γ J i 53 γ J, w mięśniu sercowym—73 γ J, we krwi—63 γ J i 64 γ J, w wątrobie—57 γ J, 87 γ J i 46 γ J, w płucach—0, w śledzionie—140 γ J, w nadnerczu—0, w tłuszczu—65 γ J i 69 γ J, w jądrach—55 γ J.

Nowsze badania Sturm'a (1928) wykonane na zwłokach ludzkich i na psach, odpowiadają następującemu rozmieszczeniu jodu w organizmie: 1) człowiek: ogólna zawartość—51.000 γ J, z tego mięśnie—25.150 γ J (50%), tarczycza—10.234 γ J (20%), skóra 5.250 γ J (10%), szkielet 3.000 γ J (5,9%); 2) pies: ogólna zawartość—2.500 γ J, z tego mięśnie—1.390 γ J (55%), szkielet—300 γ J (12,5%), tarczycza—180 γ J (7%), skóra—179 γ J (7%) (*Handb. d. nor. u pat. Phys.* XVI Bd. 1930).

Tak jak w roślinach przeważna część jodu znajduje się w ustroju zwierzęcym w postaci połączeń organicznych. Nawet w płynach ustroju, we krwi i w mleku, nieorganicznie związany jod tworzy tylko 17% ogólnej jego zawartości. Zasadnicza różnica w losach jodu w ustroju zwierzęcym i roślinnym polega na tem, że ustrój zwierzęcy szybko pozbawia się nadmiaru nieorganicznych związków jodu, dzięki temu, że wydzielają się one przez wszystkie gruczoły i dlatego związki te, zawarte w do-

syć dużych stężeniach w moczu, ślinie, żółci, pocie, mleku w każdym przypadku nadmiernego ich wprowadzenia do ustroju, względnie tworzenia się ich przy rozkładzie połączeń organicznych, zostają szybko wydalone z ustroju.

Najskuteczniej wydziela się jod z moczem. U zwierząt i u człowieka, do 80% jodu wydziela się z moczem już w ciągu pierwszej doby. Tak np. u człowieka po pobraniu 20,0 gr. KJ., wydzieliło się w ciągu pierwszej doby 15,3 gr. J., w ciągu drugiej doby 3,27 gr. J. (K u n k e l), w ciągu następnych dni wydzielały się ślady jodu. Nagromadzenie jodu w organizmie zwierzęcym natrafia na więcej trudności, niż nagromadzenie w tkankach roślin i tyczy się prawdopodobnie tylko nieznacznych jego ilości, które mogą w ciągu tego czasu przybrać postać jodu elementarnego. Jod gromadzi się w organizmie zwierzęcym we wszystkich prawie narządach i w tym większych ilościach, im więcej może się go dostawać do ustroju w odpowiedniej postaci. Dlatego wprowadzenie małych dawek jodu w postaci KJ, lub żywienie pokarmem, zawierającym większe ilości organicznie związanego jodu (np. obfitująca w jod rzeżucha wodna) powoduje wyraźne podniesienie zawartości jodu we wszystkich narządach. Badania F e l l e n b e r g'a trzech świnek morskich, z których jedną żywiono zwykłym pokarmem, bez jodu (Nr. 1), a dwie inne z dodatkiem 600 γ jodu (w postaci KJ) codziennie w ciągu 6 dni, dały następujące wyniki: jedną ze świnek (Nr. 2), które otrzymywały jod, zabito po upływie 3-ch godzin, drugą (Nr. 3) po 51 godzinie po ostatnim wprowadzeniu jodu. W organizmie świnki Nr. 1 znaleziono przeciętną zawartość 33,8 γ J. na 1 kg., w organizmie świnki Nr. 2 (zabitej po 3-ch godz.) — 134,4 γ J., a u świnki Nr. 3 (zabitej po 51 godz.) — 49,84 γ J. Mamy więc szybkie nagromadzenie i również szybkie wydzielenie się jodu z organizmu. W postaci nieorganicznej jod znaleziono tylko w szkieletcie świnki Nr. 1 (77. γ J. na 1 kg. kości), (szkielety świnek Nr. 2 i 3 nie były badane) i we krwi świnki Nr. 2 (na 136 γ J. ogólnej zawartości na 1 kg. — 78 γ J. w postaci jodku). Powstające więc związki organiczne podlegają szybkiemu rozkładowi. Zmiana zawartości J w poszczególnych narządach pod wpływem wprowadzenia jodu wykazała następujące ilości jodu: w tarzczyce świnki Nr. 1 było 4.500 γ J na 1 kg., świnki Nr. 2 — 41.800 γ J

na 1 kg. i świnki Nr. 3—2540 γ J na 1 kg. We krwi świnki Nr. 1—67 γ J, świnki Nr. 2—136 γ J, świnki Nr. 3—67 γ J; w płucach świnki Nr. 1—12 γ J, świnki Nr. 2—3.140 γ J, świnki Nr. 3—114 γ J; w mięśniach świnki Nr. 1—36 γ J, świnki Nr. 2—107 γ J, świnki Nr. 3—160 γ J; w szkieletcie świnki Nr. 1—227 γ J, świnki Nr. 2—280 γ J, świnki Nr. 3—620 γ J; w śledzionie świnki Nr. 1—2050 γ J, świnki Nr. 2—5400 γ J, świnki Nr. 3—1070 γ J; w mózgu świnki Nr. 1—18 γ J, świnki Nr. 2—870 γ J, świnki Nr. 3—38 γ J. W innych narządach zmiany były mniej wyraźne.

U królików (samic), które otrzymały po 10 γ KJ na 1 kg. wagi żywej i były zabite następnie w 24 (B), względnie 96 godzin (C), Maurer i Ducrue (1930) znaleźli w porównaniu z normalnymi zwierzętami (A) następujące ilości J:

	Grupa królików A	Grupa królików B	Grupa królików C
Tarczycza	15800 γ J	57000 γ J	30500 γ J
Jajnik	700 " "	260 " "	134 " "
Szerść	30 " "	15 " "	7 " "
Śledzioną	70 " "	160 " "	125 " "
Wątroba	14 " "	140 " "	8 " "
Skóra	9 " "	1330 " "	7 " "
Mózg	8 " "	15 " "	2 " "
Krew	30 " "	382 " "	37 " "
Płuca	9 " "	205 " "	35 " "
Tłuszcz	3 " "	80 " "	— " "

Przeprowadzenie doświadczenia z absolutnym głodem jodowym jest rzeczą niewykonalną, ponieważ zawsze pozostaje jako nieusuwalne źródło, jod powietrza. Człowiek przepuszcza przez swoje płuca około 8 m.³ powietrza na dobę, co przy przeciętnej zawartości 1,5 γ J w 1 m.³ tworzy 12 γ J na dobę. Stosownie do tego organizm zawsze jest w stanie gromadzić w minimalnych ilościach niezbędny dla niego pierwiastek.

W warunkach nadmiernego dopływu jodu mamy ciągle jego wydzielanie się z ustroju odpowiadające pewnej równowadze, — ilość wydzielonego jodu odpowiada dość ściśle ilości wprowadzanego do ustroju, przy istnieniu złogów w postaci jodu nagromadzonego w pewnych narządach. Według badań Fellen-

berg'a nad przemianą jodu w niektórych miejscowościach Szwajcarii, gdzie panuje endemia wola, ilość jodu, zabezpieczająca taką równowagę u człowieka, równa się 17 — 19 γ J. Jest to minimum, przy którym zawartość jodu w organizmie musi być niezmienna i ilość wprowadzonego J musi być równa tejże ilości 17 — 19 γ J. W razie wprowadzenia większych ilości, nie cały nadmiar zostaje wydzielony, lecz pewna ilość J zostaje zatrzymana, powodując wzrost rezerwy jodowej. Rezerwa ta składa się, według Fellenberg'a z dwóch części: rezerwy nietrwałej, która znika już w ciągu paru dni po wstrzymaniu nadmiernego dopływu J i rezerwy stałej, zawartej w pewnych narządach, nawet w przypadku wstrzymania nowego dopływu J. Powstanie nietrwałej rezerwy i jej zanik występuje w omówionych doświadczeniach na świnkach i królikach. W normalnych warunkach wynosi ona przeciętnie $\frac{1}{3}$ ilości jodu wprowadzonego do organizmu w nadmiarze. Jako miejsce rezerwy stałej uważano dotychczas (Fellenberg, 1926) wyłącznie tarczycę, lecz ostatnio ustalono, że niemniejszą rolę odgrywają też i inne narządy, przede wszystkim narządy wydzielania wewnętrznego, zwłaszcza jajniki.

Zgodnie z tym schematem należy uznać, że przemiana jodu w organizmie zwierzęcym przebiega w sposób następujący:

1. rezorbcja ciał, zawierających jod, względnie pobieranie jodu, jako pierwiastka.
2. tworzenie się przejściowych, niestałych, połączeń organicznych, z których składa się rezerwa niestała i, względnie, ich wydzielanie.
3. tworzenie się składników rezerwy stałej,
4. mineralizacja organicznych połączeń jodu w ustroju, t. j. tworzenie się związków nieorganicznych.

Jod metaliczny, rozpuszczalny w wodzie w stosunku 0,2 gr. na litr, jak i bardzo łatwo rozpuszczalne jodki metali zasadowych i metali ziem zasadowych, rezorbują się z łatwością w przewodzie pokarmowym i w płucach. Nieorganiczne związki, podlegające jonizacji rozpuszczalne w cieczach organizmu nie różnią się od poprzednich. nierozpuszczalne związki

podlegają w organizmie powolnemu rozkładowi i stają się źródłem związków rozpuszczalnych.

Organiczne pochodne należy omówić dokładniej. Z punktu widzenia fizjologii związku jodowe musimy podzielić na 4 grupy:

a) organiczne związki, w których jod znajduje się w roślinach;

b) organiczne związki, bliżej nieokreślone, znajdujące się w produktach spożywczych pochodzenia zwierzęcego, względnie w tkankach samego ustroju;

c) organiczne ciała, odgrywające rolę swoistych składników złożeń stałych, przede wszystkim swoiste składniki tarczycy;

d) organiczne połączenia jodu, otrzymane na drodze syntezy, używane jako środki lecznicze lub wprowadzone do organizmu dla celów doświadczalnych.

Chemiczny skład i własności organicznych ciał, w których jod znajduje się w roślinach, są prawie nieznanne. Dlatego jesteśmy zmuszeni do badania tych roślin jako takich, licząc się z ogólną zawartością jodu w ich popiele i wnioskując o stopniu ich rezerwacji, ze zmian zawartości jodu w wydzielinach i wydalinach żywionych temi roślinami ludzi, względnie zwierząt. Tak więc w jednym z doświadczeń Fellenberg'a przy żywieniu sałatą z obfitującej w J rzeżuchy wodnej, zawierającej 488 γ J na 1 kg., (u człowieka) tylko 64,8% J zostało wessane, 35,2% znaleziono w moczu; 2,9 w wydalinach skórnych; 46,2% pozostało w kale. Przy karmieniu krów burakami i liśćmi buraczanami, pochodzącymi z gleby, w której w sposób sztuczny podniesiono zawartość J do 27.000 γ na 1 kg., co w wyniku podniosło zawartości J w liściach do 1120 γ , a w korzeniach do 290 γ na 1 kg. suchej substancji (na zwykłej glebie 124 γ i 112 γ) zauważono, że przeważna część jodu pozostała w kale (48% i 52%). Prawdopodobnie organiczne połączenia jodu, znajdujące się w roślinach, podlegają w przewodzie pokarmowym głębokim zmianom, idącym aż do odszczepienia jodu na jony. Same te substancje są nierozpuszczalne ani w wodzie, ani w alkoholu.

Co do połączeń jodowych, spotykanych u zwierząt, to stwierdzenie ich obecności w poszczególnych narządach, poza

tarczycą, oraz prawidłowa ocena znaczenia jodu dla organizmu kręgowców jest wynikiem prac ostatnich lat. Jeszcze niedawno myślano, że jedynym związkiem, zawierającym jod, jest czynny składnik tarczycy. Obecnie wiemy, że takich ciał jest spora ilość i że związki nieorganiczne stanowią tylko znikomą część połączeń jodowych, znajdujących się w organizmie. Tylko niewielką ilość tych organicznych połączeń udało się wydzielić w stanie czystym; są to przeważnie połączenia, nie posiadające dla nas wielkiego znaczenia, gdyż wchodzi w skład tylko nielicznych gatunków istot morskich. Do tego rodzaju połączeń należy zaliczyć *sponginę* gąbek i *gorgoninę* koralów. Są to połączenia nierozpuszczalne w wodzie, które przy gotowaniu z rozcieńczonym kwasem siarkowym lub wodorotlenkiem baru dają prostsze produkty hydrolizy: jodosponginę $C_{50}H_{87}I N_{10}S_2$ i kwas jodogorgonowy diiodotyrosynę—($C_9H_{11}I_2O_3$). Spongina przy dalszej hydrolizie wydziela 54,33% swego jodu w postaci kwasu jodowodorowego. Czysta spongina zawiera tylko 1,5% jodu, podczas gdy sucha substancja pewnych gatunków gąbek zawiera aż 14% J. Muszą więc istnieć jeszcze inne składniki bardziej obfitujące w jod.

Organiczne połączenia jodu, znajdujące się w dużych stosunkowo ilościach w organizmie ryb (zwłaszcza w wątrobie) oraz jajnikach innych kręgowców i w małych ilościach (do 100 γ we wszystkich prawie tkankach ustroju zwierzęcego, różnią się od trwałych skeletinów swoją nadzwyczajną niestałością. Są one łatwo rozpuszczalne w wodzie, względnie w wodnych roztworach soli. Tak np. przy gotowaniu mięsa z wodą, pozostaje w postaci związku nierozpuszczalnego tylko 38% ogólnej zawartości jodu. Niektóre z tych związków są rozpuszczalne w tłuszczach lub są same tłuszczami względnie lipidami. Do nich należą składniki tranu, zawierające jod, niektóre gatunki owolecytyny, olej jajeczny i prawdopodobnie pewne składniki wątroby, jajników i szpiku kostnego. Są to ciała ulegające łatwo resorpcji i pochłaniane jako takie bez wstępnego rozkładu z powstaniem jonów J. lub elementarnego jodu w przewodzie pokarmowym. Zależnie od tego mogą one być też wykryte w niezmiennym stanie w wydzielinach skórnych. Człowiek, któremu podawano w ciągu 6-ciu dni tran w ilości 8,0 g. dziennie, wydzielił w gorącej łaźni powietrz-

nej — 1,2 kg. potu (równoważnik utraconej wagi ciała). Pot ten zawierał 13 γ J na 1 kg. z czego 3,1 γ J stanowiły związki nieorganiczne, 2,6 γ J — związki rozpuszczalne w eterze (lipoidy) i 7,3 γ J związki w eterze nierozpuszczalne (Fellenberg). Zdolność do resorpcji (względnie odsetek zatrzymany w kale) jest dla składnika tranu nawet większa, niż dla KJ, mianowicie 93,4% (dla KJ 89,5%). Również większy odsetek dostaje się w tym przypadku do złogów, czyli rezerwy, mianowicie 47,4% (dla KJ 34,4%). Mniej wyraźne są wyniki żywienia sardynkami (380,0 g. w ciągu 2 dni). Przy użyciu sardynek razem z oliwą mamy resorpcję 83,1%, zatrzymanie w postaci rezerwy 24,5%; przy użyciu samych sardynek bez oliwy: resorpcję 88,2%, zatrzymanie w postaci rezerwy tylko 9%. (Fellenberg).

Z ciał, tworzących złogi stałe, dotychczas znane są składniki tarczycy, zawierające jod. Wykrycie jodu w tarczycy przez Bauman'a w r. 1895, stworzyło rozległe piśmiennictwo dotyczące tego zagadnienia. Tem nie mniej sprawa ta posiada jeszcze wiele zagadnień niewyjaśnionych, a zwłaszcza zagadkową jest rolę, jaką tarczyca odgrywa w obiegu jodu w organizmie. Obecnie zostały obalone poglądy, według których tarczycę uważano za jedyny lub najobfitszy zbiornik jodu w organizmie i przypisywano jej rolę zasadniczego regulatora tej przemiany. Czynność tarczycy, jako narządu inkrecyjnego, będącego źródłem bardzo czynnego hormonu, wydaje się być niezależną od ogólnej zawartości w niej jodu i prawdopodobnie nie tylko istnieją inne miejsca nagromadzenia stałych rezerw jodu poza tarczycą, lecz w samej tarczycy istnieje nie jedno ciało czynne, zawierające jod, ale cały szereg ciał, posiadających niejednakową wartość i znaczenie. W przypadkach zwiększonej czynności tarczycy, w chorobie Basedowa, spostrzeżono nawet obniżenie ogólnej zawartości jodu w tym narządzie (Burgi, Abelin).

Liczne badania ustaliły, że obok gruczołów przytarczycowych i, w niektórych poszczególnych przypadkach, jajników, tarczyca zawiera największy odsetek jodu z pośród wszystkich narządów kręgowców. Zawartość jodu nie jest stała, i waha się nie tylko w granicach danego gatunku, lecz różna jest nawet dla tej samej jednostki. Duża ilość analiz wykazuje przedewszystkiem, że u poszczególnych gatunków zwierząt zawar-

tość jodu może być różna w zależności od rodzaju pokarmu. Z omówionych wyżej danych o zawartości jodu w poszczególnych narządach i zależności tej zawartości od ilości jodu wprowadzonego do organizmu, moglibyśmy się już przekonać, że zawartość jodu w tarczycy jest bardzo zmienna. Tarczyca drapieżników zawiera stosunkowo mniej jodu niż tarczyca roślinożernych, a wszystkożerne, jak i człowiek, mają liczby pośrednie. Zawartość jodu w tarczycy jest prawdopodobnie zależna od jego zawartości w otoczeniu.

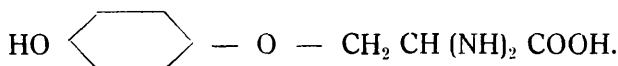
Zawartość jodu w tarczycy zwierząt roślinożernych jest zależna od pory roku (obfitość pokarmu zielonego, największego źródła jodu). W zimie daje się stwierdzić wyraźne obniżenie zawartości jodu, a w lecie — podniesienie. Według spostrzeżeń Seidell'a i Fenger'a średnie liczby zawartości jodu, oparte na olbrzymim materiale rzeźni w Chicago, wynoszą:

	od czerwca do listopada	od listopada do maja
bydło rogate	0.43 ⁰ / ₀ J	0.04 ⁰ / ₀ J
owce	0.26 — 0.28 ⁰ / ₀ „	0.04 — 0.06 ⁰ / ₀ „
świnie	0.47 — 0.38 ⁰ / ₀ „	0.17 — 0.15 ⁰ / ₀ „

Podobne dane przytacza Kendel dla tarczycy świń, przyczem daje również cenne wskazówki co do niejednakowego składu tych tarczyc w stosunku do zawartości jodu w poszczególnych produktach otrzymanych z tarczycy, zawierających jod. Rozróżnia on ciała nierozpuszczalne w roztworze wodorotlenku baru, ciała nierozpuszczalne w kwasach po wykonanej hydrolizie i wreszcie ciała, zawierające tyroksynę — hormon tarczycy. Zmiany zawartości jodu w tych poszczególnych ciałach nie zawsze są równoległe.

Wahania zawartości jodu, zależnie od pory roku dochodzą do 300% i są najmniejsze dla ciał, zawierających tyroksynę. Z 45 kg. gruczołów tarczycowych, użytych do każdego doświadczenia, otrzymano, zależnie od pory roku, 0,8 — 1,6 g. J, w postaci nieczystej toksyny, 0,8 — 4,8 g. J w postaci strątu nierozpuszczalnego w wodorotlenku baru i 6,4 — 19,2 g. J. w postaci nierozpuszczalnej reszty po hydrolizie kwasem siarkowym. Tyroksyna według nowszych danych (B a r g e r i H a r r i n g t o n, 1926),

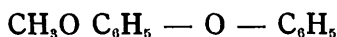
nie jest pochodną indolową (kwas trójhidrotrój jodoooksyindolopropionowy), jak to przypuszczał K e n d e l, lecz jest tetrajodopochodną estru oksyfenylotyrozyny, ze wzorem:



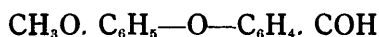
Jest to krystaliczne ciało, nierozpuszczalne w wodzie i rozpuszczalne w alkoholu w obecności kwasów lub zasad. Tyroksyna jest związkiem optycznie czynnym (lewoskrętnym).

Skład innych ciał, zawartych w innych omówionych wyżej frakcjach, zawierających jod, jest jeszcze zupełnie nieznan. Według R e i d H u n t'a tarczycza zawiera 50% ciał, posiadających jod i rozpuszczalnych w kwasach oraz 50% ciał nierozpuszczalnych.

Szybki wzrost zawartości jodu w tarczycy przy wprowadzeniu nadmiaru jego do ustroju oraz szybkie obniżenie tej zawartości już w ciągu kilku dni po wstrzymaniu dopływu jodu nasuwają przypuszczenie, że tylko część wprowadzonego jodu tworzy rezerwę stałą, a znacznie większa część podlega temu samemu losowi, jak inne złogi jodu w ustroju. W każdym razie tyroksyna zawiera mniejszą część (5 — 6%) ogólnej ilości J, znajdującego się w tarczycy. Obecnie tyroksynę otrzymuje się również na drodze syntetycznej. Synteza tyroksyny została wykonana przez H a r r i n g t o n'a w sposób następujący: przez działanie w obecności miedzi, jako katalizatora, fenolanu potasu na parabromanizol ($\text{CH}_3\text{OC}_6\text{H}_4\text{Br}$) otrzymuje się eter



Przez dołączenia HCN (G a t t e r m a n n i K o c h) związek ten przetwarza się w aldehyd



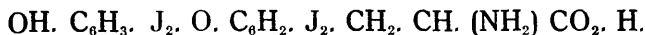
Dalsze połączenie z glikokolem $\text{CH}_2\text{NH}_2 \text{CO}_2\text{H}$ daje:



Przez redukcję tego związku i jednocześnie odszczepienie grupy metylowej anizolu otrzymuje się *dejodotyroksynę*, czyli *tyroninę*,



przy jodowaniu której powstaje *tyroksyna*



w postaci związku optycznie nieczynnego.

Zawartość tyroksyny w tarczycy świni osiąga, zależnie od stosowanej metody otrzymania, 0,001% (Kendel), względnie 0,025% (Harrington) wagi surowego materiału. Zawartość jodu, a zwłaszcza zawartość tyroksyny w tarczycy innych zwierząt, po za bydlętem rogatym, swinia i owcą, nie mogła być zbadana dokładnie.

Zawartość ta waha się w bardzo znacznych granicach, dochodząc w niektórych przypadkach do 0. Bardzo niską zawartość ustalono w tarczycy zarodków i noworodków, w tarczycy których pierwsi autorowie (Baumann, Müller) nie mogli zupełnie wykryć jodu. Dokładniejsze współczesne badania obaliły to przekonanie tak dla zarodków zwierząt, jak też dla zarodków i noworodków ludzkich. Według danych Fellenberg'a, Schmitt'a, Mormann'a, Thomas'a i Dalhousne'a tarczyca noworodków ludzkich zawiera 4—5 γ J na 1,0, a Maurer i Palassow znaleźli nawet 138 γ J na 1,0. W tarczycy jednostek dorosłych uderza wyraźny wpływ jodu z otoczenia. Glinim w Gdańsku znalazł u zarodków 8 — 11 γ J na 1,0, podczas gdy Abelin w Bernie obserwował przeciętną zawartość tylko 3,8 γ J na 1,0. Tarczyca zarodków bydła rogatego zawiera stosunkowo większe ilości jodu. Z zestawienia Abelin'a (*Hand. d. norm. u. path. Phys. Bd. XVI 1. 1930*) wynika, że zawartość jodu w gruczole tarczycowym u dorosłych ludzi waha się w bardzo znacznych granicach zależnie od miejscowości: od 0,0115 γ J na 100,0 suchego gruczołu w miejscowości, gdzie spotyka się wole endemicznie (*Chamberg* w południowej Francji) do 0,588 γ J w niektórych miejscowościach Ameryki Północnej.

Swoiste składniki tarczycy są bardzo trwałe. Działają one w sposób swoisty jako hormony na ustrój nawet w przypadku wprowadzenia ich do przewodu pokarmowego, nie przetwarzają się więc w związki nieorganiczne. Powstanie trwałej rezerwy jodu w ustroju odbywa się, według przypuszczenia Fellenberg'a, dzięki syntetycznej czynności tarczycy. Dlatego też wyjaśnienie sprawy losów tych substancji w ustroju, a zwłaszcza ich roli w ogólnym obiegu jodu jest bardzo ważne. Niestety, dotychczas nie posiadamy odpowiednich danych, gdy dotychczasowe wiadomości (doświadczenia Fellenberg'a z karmieniem tarczycą wołową, oraz doświadczenia Vella i Sturm'a ze stosowaniem tabletek tyreoidyny) dotyczą wydzielania wprowadzonego jodu. Ustalono, że wydziela się tylko 3,5 — 28,5% J, zawartego w tarczycy i że J wydziela się w postaci nieorganicznej (16—72%), oraz organicznej (28—84%). Dotychczas nie wiadomo, jaka część jodu podlega resorpcji. Wydzielona z moczem ilość J tworzy 3,5% do 28,6% ilości wprowadzonej w postaci składników tarczycy.

Inne preparaty, otrzymane z tarczycy poza tyroksyną, mianowicie jodothyryna Bauman'a i thyreoglobulina Oswald'a posiadają obecnie znaczenie raczej historyczne. Są to mieszaniny produktów daleko posuniętego rozkładu (thyreojodina) lub rozmaitych ciał białkowych tarczycy (thyreoglobulina), zawierające w poszczególnych przypadkach bardzo niejednakowe ilości jodu.

Co się tyczy sztucznie otrzymanych organicznych połączeń jodu, posiadających ściśle określony skład, to losy ich w ustroju są dość dokładnie zbadane. Połączenia te możemy podzielić na dwie zasadnicze grupy: a) związki, podlegające szybkiemu rozkładowi, będące źródłem jonów jodu, których losy w organizmie nie różnią się od związków nieorganicznych i b) związki, ulegające wchłanianiu i posiadające *wyraźny neuro i lipotropizm*. Być może, że w niedalekiej przyszłości do tych dwóch dobrze ustalonych grup dołączy się jeszcze trzecia — sztuczne surogaty tyroksyny. W każdym razie stwierdzono, że znaczna część toksykologicznych oraz hormonalnych własności tyroksyny spotyka się również u innych jodowych pochodnych tryptofanu i tyrozyny.

Z punktu widzenia praktycznego używane obecnie sztuczne związki organiczne dają się podzielić na grupę jodoformu i za-

stępujących jego ciał, używanych dla celów miejscowego odkażenia i leczenia ran, oraz środki, służące do użytku wewnętrznego, zastępujące jodek potasu i sodu.

Lipo i neurotropizm występuje mniej lub więcej wyraźnie we wszystkich przypadkach, gdzie J jest połączony bezpośrednio z węglem, zarówno w pochodnych alifatycznych, jak i aromatycznych. Inne związki jodu zachowują się jak jodki nieorganiczne. Związki aromatyczne są trwalsze od alifatycznych. Zdolność organicznych pochodnych jodu do resorpcji jest w znacznym stopniu zależna od ich rozpuszczalności w wodzie i lipidach. Dla przeważnej części tych połączeń mamy pewne wskazówki co do zawartości jodu w moczu po ich zastosowaniu, lecz zwykle bez różniczkowania związków nieorganicznych (jodków) od organicznych i tem więcej bez oznaczenia organicznych związków rozpuszczalnych i nierozpuszczalnych w eterze.

Przy tego rodzaju badaniach trzeba również pamiętać, że odczyn jodowania odbywa się w ustroju nadzwyczaj łatwo i dlatego wykrycie organicznie związanego jodu, w żadnym razie nie dowodzi, że mamy do czynienia istotnie z wprowadzonym do ustroju związkiem w niezmienionym stanie, względnie z jego pochodniami. Już w samym moczu dodawanie roztworu Lugola lub nawet jodków powoduje jodowanie pewnych organicznych składników i przez to powstanie organicznie związanego jodu.

Drugim szczegółem w wydzielaniu się pochodnych jodowych jest zdolność wydzielania się ich nie tylko przez nerki, lecz również przez gruczoły przewodu pokarmowego, ślinę, sok żołądkowy i trzustkowy, a przede wszystkim — żółć. Wskutek tego, nawet w razie parenteralnego wprowadzenia, jod może być znaleziony w dużych ilościach w kale. Losy poszczególnego związku winny być zbadane bardzo dokładnie; ilościowe określenie jodu tylko w moczu jest zupełnie niewystarczające. Tem nie mniej zasługuje na pewną uwagę niejednokrotnie szybkość wydzielania jodu w przypadkach stosowania poszczególnych preparatów. Maksymalne stężenie jodu w moczu w razie stosowania jodków nieorganicznych bywa osiągnięte już po 3—4 godzinach i wydzielanie większych od normy ilości trwa 2 — 4 doby. Inne preparaty powodują znacznie dłuższe zwiększenie zawartości jodu w moczu, maksimum bywa osią-

gnięte znacznie później i jest stosunkowo niższe. Takie zachowanie się zauważono przede wszystkim dla jodowanych tłuszczów i jodowanych kwasów tłuszczowych. Bröking wykonał porównawcze próby z wydzielaniem jodu przy stosowaniu jodku potasu, jodivalu (jodoisovalerylo - mocznik), jodglidiny (jodowane białko), sajodyny i jodipiny (wapniowa sól kwasu monojodobenowego i jodowany olej sezamowy). Jodival jest środkiem łatwo odszczepiającym jon jodu. Preparaty te podawano trzy razy na dobę. Przy podawaniu jodku potasu znaleziono w moczu 80 % jodu (w ciągu 12 godz. wydzieliło się 75 %); w kale znaleziono tylko ślady. Jodival dał również 80 % J wydzielonego z moczem, lecz wydzielanie trwało dłużej i było więcej równomierne. W kale znaleziono 2 % wprowadzonego jodu. Jodglidina dała mniej więcej ten sam wynik, jak jodival, lecz w kale było już 3—4 % wprowadzonego jodu. Sajodyna i lipojodyna dały bardzo równomiernie podniesione wydzielanie jodu w ciągu 15 dni. Przy podawaniu sajodyny wydzieliło się wraz z moczem 35—50 % J, przy stosowaniu lipojodyny — 55—70 % J.

Wiadomości o rozmieszczeniu w ustroju jodu, wprowadzonego w postaci rozmaitych połączeń, posiadają większe teoretyczne i praktyczne znaczenie od badań moczu i kału. O. Loeb zbadał w ten sposób losy jodku potasu, jodoformu, jodku etylu i jodoaniliny.

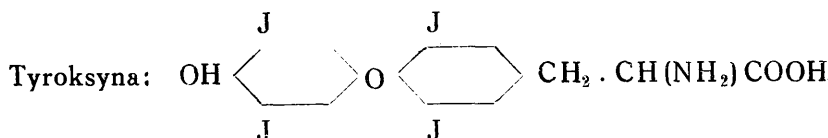
Wyniki doświadczeń z jodkiem potasu nie różnią się znacznie od omówionych wyżej wyników analiz Fellenberga i Sturma. Loeb nie znalazł zupełnie jodu w rdzeniu pacierzowym, tłuszczu i kościach i tylko niewielkie ilości w mózgu. Pewna ilość jodu była zawarta w jelitach, wątrobie, nerce, gruczołach śluzowych, żołądku (najwięcej), płucach, krwi i w tarczycy. Organiczne pochodne powodują odkładanie się jodu w tłuszczu i mózgu. Jodoetyl gromadzi się w większych ilościach w płucach, podczas gdy jodoanilina gromadzi się w ilościach nie większych od ilości spostrzeganych przy stosowaniu KJ. Jodoanilina posiada największy lipotropizm. Podobne doświadczenia, wykonane przez Labbe, Lort'a i Boulaire'a z jodopiną wykazały, że w tym przypadku jod gromadzi się w śledzionie, wątrobie, nerkach i płucach w większych ilościach, niż w razie stosowania jodku potasu lub jotionu (dijodooxypropanol ($C_3H_5I_2OH$)). Wyraźny

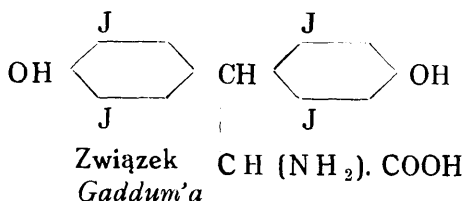
lipo i neurotropizm dla lipojodyny i jodostearyny ustalili L o e b i V. d. V e l d e n.

Pewne znaczenie, jako wskazówka na możliwość otrzymania w sposób sztuczny preparatów, powodujących znaczne podniesienie się rezerwy jodowej w ustroju, posiada badanie narządów wewnętrznych osobnika, zmarłego na przewlekłą zimnicę i leczonego uprzednio przez długi przeciąg czasu (3 tygodnie) barwnikiem akrydynowym, zawierającym jod (tryptoflawiną) w dawce 840 γ dziennie.

W narządach tego osobnika, które były przechowywane w alkoholu, kilka razy odnawianym, znaleziono następujące zawartości jodu: mózg 15,000 γ /kg., wątroba 3,800 γ /kg., nerka 15,600 γ /kg., śledziona 9,000 γ /kg., żołądek 11,800 γ /kg.

Specjalne znaczenie posiadają doświadczenia z syntetycznymi związkami, zbliżonymi do czynnego składnika tarczycy — tyroksyny. Ustalono, że nawet takie preparaty, jak jodotyryna B a u m a n n'a lub tyreoglandol L a R o c h e'a, które napewno nie zawierają tyroksyny, a tyreoglandol jest prawie pozbawiony jodu, są tem nie mniej w stanie zastąpić do pewnego stopnia brak tarczycy, względnie wywołać w ustroju zmiany analogiczne do działania samej tarczycy. Z drugiej strony pierwsze próby otrzymania syntetycznej tyroksyny, według wzoru ustalonego przez K e n d a l'a (który okazał się następnie mylnym), dały preparaty niepozbawione pewnych własności podobnych do własności prawdziwej tyroksyny. Synteza prawdziwej tyroksyny (H a r r i n g - t o n) wykazała, że mamy tutaj do czynienia z bardzo delikatnymi szczegółami charakteru strukturalnego. Tak więc związek izomeryczny z tyroksyną otrzymany przez G a d d u m'a (1927), w którym dwa pierścienie benzolowe są połączone nie przy pomocy O lecz grupą CH. R jest zupełnie nieczynny.





Jod tyroksyny może być zastąpiony przez inne chlorowce częściowo lub nawet w całości, bez straty niektórych swoistych właściwości toksycznych. W ten sposób powstaje np. czynna tetrabromtyroksyna (A b d e r h a l d e n).

Porównawcze badania wszystkich tych związków, wykonywano przede wszystkim za pomocą ustalenia wzmocnienia przemiany azotowej u zwierząt (psów). Obecnie, obok przyspieszenia przemiany gazowej (przeważnie u szczurów), stosuje się jako metoda zasadnicza tak zwany odczyn G u d e r n a t s h'a—przyspieszenie metamorfozy u poczwerek płazów (kijanek).

Sprawa ta posiada już rozległe piśmiennictwo. Metamorfoza kijanek jest zależna od obecności połączeń jodu, wyrabianych przez tarczycę. Metamorfoza rozpoczyna się od chwili, gdy nieczynna u kijanki tarczycza zaczyna być czynną, albo od chwili dostarczenia z zewnątrz (do jelit), czynnej substancji tarczycy. Oprócz tego niezbędna jest obecność przysadki mózgowej, bez której metamorfoza jest również niemożliwa. Usunięcie przysadki wywołuje powrót do stanu larwalnego nawet u poczwarki z rozpoczętą już metamorfozą. Najmocniejszym czynnikiem przyspieszającym metamorfozę kijanek żab i trytonów oraz neotonicznych postaci gadów, jak np. aksolotli jest tyroksyna, oraz rozmaite preparaty z tarczycy, względnie czynna tarczycza. Dlatego tarczycza zarodków i noworodków nie zawierająca jodu może okazać się zupełnie obojętną. Obojętną jest również pozbawiona jodu dejodotyroksyna, otrzymana przez działanie na tyroksynę metalicznego paladu (H a r r i n g t o n).

Własność przyspieszenia metamorfozy posiada szereg syntetycznych połączeń jodowych i występuje wyraźniej przy stosowaniu ciał powinowatych z tyroksyną. Do takich ciał należą dwujodotyramina, dwujodotyrozyna, dwupeptyd dwujodotyrozyny, oraz jodowane pochodne białek: jodokazeina, jodoalbacyd (produkt jodowania białka hydrolizowanego za

pomocą zasad) i inne. Nieorganiczne związki są czynne tylko w przypadku parenteralnego ich wprowadzenia, prawdopodobnie wskutek tworzenia się jodowanych białek w organizmie.

Całokształt faktów, dotyczących losu związków jodu w organizmie zmusza nas do wniosku, że organizm zwierzęcy jest przystosowany do znikomo małego dopływu jodu. Nadmiar jonizowanego jodu bywa prawie natychmiast wydalony i tylko stosunkowo nieznaczna część pozostaje zatrzymana we wszystkich prawie tkankach w postaci połączeń organicznych. W tej też postaci jod znajduje się również we krwi, gdzie zawartość jego jest stała. Ilość organicznie związanego jodu stale zmniejsza się we krwi natomiast zwiększa się w specjalnych narządach — tarczycy, jajnikach, gruczołach przytarczycowych, gdzie podlega prawdopodobnie dalszym zmianom. Najważniejsze są zmiany, odbywające się w tarczycy, gdzie pewna część tych połączeń jodowych zostaje przetworzona na swoisty hormon tyroksynę, względnie i inne czynne ciała. U niektórych bezkręgowców ważnym miejscem gromadzenia jodu jest szkielet, gdzie gromadzą się nierozpuszczalne i trwałe jego składniki - *skeletyny*. Organizm wyższych istot zwierzęcych jest tylko przejściowym miejscem gromadzenia się jodu w ciągu jego obiegu w przyrodzie.

Swoiste ciała, zawarte w tarczycy są produktami syntezy, której ostatnia tylko faza jest zadaniem tego narządu. Tworzenie się potrzebnego do tego materiału — organicznie związanego jodu — odbywa się prawdopodobnie i w innych narządach. Ciała te mogą dostawać się do ustroju nawet w stanie gotowym z pokarmami. Związki nieorganiczne są materiałem niezbędnym do tworzenia się organicznych pochodnych. Ponieważ synteza ich odbywa się bardzo wolno, przeto prawdziwą wartość w znaczeniu gromadzenia nietrwałej rezerwy jodu posiadają tylko znikomo małe ilości jonizowanego jodu, wprowadzane do organizmu przez dłuższy przeciąg czasu, lub wprowadzenie takich ciał, które mogą zatrzymać się w ustroju i być źródłem ciągłego i powolnego odszczepiania jonów jodu. Złożona czynność tarczycy, jako regulatora obiegu jodu w ustroju, nie jest jeszcze wyjaśniona, jest ona zależna napewno nie od samej tylko obecności nadmiaru jodu. Dotychczas ustalono znaczne wahania zawartości J w tar-

czyicy zależnie od pory roku, oraz od czynności narządów płciowych, okresu rozwoju (tarczycza nieczynna, nie zawierająca jodu, zarodków i kijanek przed okresem metamorfozy). Jednocześnie zauważono zanik lub obniżenie czynności tego gruczołu, jeżeli ciągle wprowadzanie jodu trwa za długo.

W łączności ze sprawą o rozmieszczeniu i dalszych losach jodu w organizmie zwierzęcym należy omówić również rolę krwi jako środowiska, przez które musi przejść cała ilość jodu obecna w ustroju. Jod dostaje się do krwi przez przewód pokarmowy wraz z pokarmem, jak również ze złogów istniejących w organizmie pod postacią rezerwy niestałej, oraz stałej. Rola tarczycy polega właśnie na regulowaniu zawartości jodu we krwi. Ustalono, że krew nie zawiera tyroksyny, lecz zawsze inne połączenia organiczne jodu i stąd należy wnioskować, że jod zostaje wydzielony przez tarczycę w innej postaci.

Zawartość jodu we krwi waha się w dość wąskich granicach nawet w różnych miejscowościach, co wskazuje na małe znaczenie jodu, wprowadzonego z pokarmem, w utrzymaniu równowagi jodowej. U człowieka zawartość jodu we krwi jest następująca (A belin): W Ameryce Północnej (wedł. K e n d a l'a) — 100 — 170 γ na 1 kg.; w Monachjum (S t u r m i i n n i) latem — 100 — 162 γ na 1 kg., w zimie — 42 — 83 γ na 1 kg.; w Norwegji — 110 — 160 γ na 1 kg. (L a u d e); w Szwajcarii — 135 γ na 1 kg., (Q u e r v a i n); W Gdańsku — 140 — 350 γ na 1 kg. (G l i n i n). W warunkach patologicznych mamy wyraźne obniżenie tej zawartości: w przypadkach myxoedemy — (44 — 57 γ 1 kg.) i kretynizmu — (21 — 68 γ na 1 kg.) oraz znaczne podniesienie w przypadku choroby Basedowa (320 — 510 γ 1 kg.) (F e l l e n b e r g). Zawartość jodu we krwi jest zależna od całego szeregu czynników fizjologicznych. Podnosi się ona w znacznym stopniu w czasie menstruacji i ciąży i, zarówno jak zawartość jodu w tarczycy, jest zależna od pory roku, obniża się w porze zimowej.

Jod zawarty we krwi znajduje się przeważnie (65%) w postaci połączeń nierozpuszczalnych w alkoholu. Reszta (35%) rozpuszczalnych w alkoholu połączeń, są to przeważnie związki nieorganiczne (jodki).

Zestawiając te dane musimy uznać, że zarówno organoterapia

przy pomocy preparatów tarczycy, jak i stosowanie rozmaitych produktów naturalnych, zawierających jod, głównie tranu, oraz szukanie odpowiednich sztucznych produktów, zdolnych do wzbogacenia rezerwy niestącej jodu w ustroju, posiada obecnie niewątpliwie podstawy naukowe.

Jod jako typowy czynnik oligodynamiczny może stać się przyczyną zjawisk chorobowych w razie niewystarczającej, jak i nadmiernej jego zawartości w ustroju.

Głód jodowy, wskutek obecności jodu w otoczeniu, może być tylko stosunkowy. Obecność jodu w powietrzu tworzy absolutny brak jodu, trudno osiągalny nawet w warunkach doświadczenia. Tym nie mniej tak człowiek jak i zwierzęta żyją w miejscowościach z bardzo niejednakowościami co do obfitości źródeł jodu i codzienne spostrzeżenia wykazują, że ta różnorodność warunków wpływa na zdrowotność tych miejscowości. Jeszcze w połowie zeszłego stulecia (jod był wogóle wykryty dopiero w r. 1812 przez C o u r t o i s w popiele z glonów morskich), P r e v o s t (1849) wystąpił z teorią, według której oddawna znane endemiczne choroby u ludności pewnych okolic (przeważnie górskich) — wole i kretynizm — są spowodowane brakiem jodu i bromu w wodzie, używanej do picia. Teoria ta była dokładnie opracowana przez C h a t i n'a (1850—1876) i energicznie dyskutowana przez bardzo licznych autorów. W miarę polepszenia i udoskonalenia metod badania, poglądy C h a t i n'a otrzymywały więcej realnych podstaw i obecnie dzięki pracom F e l l e n b e r g'a (1923 — 1926), można uznać, że rzeczywiście gleba, woda i produkty spożywcze pochodzenia roślinnego w miejscowościach, w których spotykają się w postaci endemicznej wyżej wymienione choroby, zawierają znacznie mniej jodu, niż w miejscowościach zdrowych, o czym mówiliśmy już wyżej. Dowodem słuszności takiego przypuszczenia jest również niejednakowa zawartość jodu w moczu ludności miejscowości zdrowych i niezdrowych, która to zawartość jest dobrym wskaźnikiem intensywności obiegu jodu. W Szwajcarii, w miejscowościach zdrowych z 1% chorych na wole, znaleziono w moczu od 90 — 108 γ J na dobę (u 7 osobników), w innej zaś miejscowości z 61,6% chorych na wole tylko 4 — 25 γ J na dobę.

Wole jest chorobowym powiększeniem gruczołu tarczycowego i zwiększenie to nie zawsze odpowiada zmianom anatomicznym i czynnościowym. Gruczoł tarczycowy przybiera odmienny wygląd przy badaniu mikroskopowym zależnie od jego czynności i stosownie do tego mamy różne postacie wola.

Nieczynny gruczoł, np. gruczoł zarodka, składa się z prawie pustych woreczków, z ledwie wyraźnym światłem, wysłanych nabłonkiem i otoczonych tkanką łączną, zawierającą sporą ilość naczyń krwionośnych i chłonnych. Rozpoczęcie czynności tarczycy powoduje pączkowanie tych woreczków, nieprawidłowe kształty światła, wskutek tworzenia się fałd i wyrostów nabłonka oraz powiększenia samych komórek nabłonkowych. Ilość wydzieliny wzrasta, jak również stopień unaczynienia i przekrwienia gruczołu. Wydzielina z początku dość płynna, staje się bardziej gęstą i przybiera następnie postać koloidu, co jest połączone z powiększeniem rozmiarów pęcherzyków. Przy obniżeniu czynności mamy albo stopniowy zanik gruczołu, albo gromadzenie się gęstego koloidu, zwykle zawierającego mniej jodu, niż w normie oraz zmniejszenie wysokości nabłonka. Pęcherzyki tarczycy stają się wtedy bardzo duże. Zawartość koloidu wzrasta nadmiernie. Powstaje wole zwane *Struma colloides*, którego czynność fizjologiczna jest obniżona w porównaniu z normalnym gruczołem. Przy podniesieniu czynności gruczołu, bądź w jego całości bądź ogniskowo powstają w pewnych pęcherzykach zmiany analogiczne do omówionych wyżej, jak typowe dla gruczołu czynnego. (*Struma basedowata i Adenoma toxicum*). Przy chorobie Basedowa, której treścią jest podniesiona czynność gruczołu, zmiany te sięgają szczytu. Czy skład wydzieliny w przypadku tej maksymalnej czynności pozostaje ten sam, czy też mamy równocześnie do czynienia z jakościowymi zmianami tego składu, sprawa ta jest jeszcze nierozwiązana.

W każdym razie głód jodowy powoduje albo całkowity zanik gruczołu tarczycowego (kretynizm lub wole) albo powstanie *Struma colloides*.

W miejscowościach, gdzie wole występuje nągminnie, rozmiary tarczycy są powiększone nawet u normalnych jednostek. Tak jak ludzie zachowują się i psy. U roślinożernych,

wole jest zjawiskiem mniej pospolitem, chociaż spostrzegano je u owiec w Ameryce Północnej jako chorobę nagminną. Dowodzi to, że normalny dopływ jodu jest koniecznym warunkiem dla prawidłowej czynności gruczołu tarczycowego, którego czynność, w razie braku jodu jest obniżoną. Czy brak jodu jest jedyną przyczyną powstania endemicznego wola i kretynizmu, jest jeszcze kwestią nierozwiązaną. Wole jest również pospolitą chorobą w miejscowościach, gdzie nie może być mowy o braku jodu np. w okolicach Gdańska, lecz nie mamy jeszcze dokładnych badań co do warunków powstania i charakteru tych przypadków wola.

Obniżenie czynności gruczołu tarczycowego może być wywołane, jak zaraz zobaczymy, w niektórych przypadkach również nadmiarem jodu.

Oddawna, bo od czasów, gdy nie wiedząc jeszcze o istnieniu jodu, stosowano do leczenia wola popiół ze spalonych gąbek, ustalono, że jodki nieorganiczne są najlepszym środkiem tak leczniczym, jak i zapobiegawczym dla zwalczania wola. Stosownie do tego, w zagrożonych miejscowościach Szwajcarii i Francji Południowej, a obecnie również w Ameryce Północnej wprowadzono jako środek zapobiegawczy domieszkę jodu sodu do soli kuchennej w ilości 0,005 na kg. Zabieg ten z wielkim powodzeniem stosuje się w Szwajcarii już od roku 1860.

Brak lub niewystarczający dopływ jodu, powoduje zaburzenia w czynności gruczołu tarczycowego. W wyniku tych zaburzeń powstaje obniżenie przemiany materji, zmniejszenie zdolności do pracy, zwłaszcza pracy umysłowej, karłowatość i nieprawidłowy rozrost szkieletu u dzieci oraz głuchotę. Zmiany te związane są z hypotyreoidizmem — obniżoną czynnością tarczycy. Czy jednak nie wpływa na nie również bezpośredni brak jodu? Sprawa ta jest bardzo trudna do rozwiązania, ponieważ brak jodu powoduje natychmiast zmiany w tarczycy.

Jod wprowadzony w niedużych ilościach do ustroju jest w wielu przypadkach czynnikiem dodatnim w przebiegu przemiany materji. Przy podawaniu KJ do pokarmu ciężarnych świń, waga prosiąt zwiększyła się o 40%. Prosięta te były w następstwie znacznie odporniejsze na choroby zakaźne (Weiser i Zajczek 1913). Podobne wyniki podaje Edward i Calber-

ston (1925), dla świń i Golf i Bernbach dla owiec. U kur, domieszka jodu powoduje zwiększenie nośności, u krów—mleczności o 10% (Wendt). Zauważono również zwiększenie się czynności płciowych.

Jakie są dla ustroju skutki nadmiernego wprowadzenia jodu? Jakie są toksykologiczne własności tego pierwiastka?

Musimy rozróżnić trzy zasadnicze sposoby działania jodu na ustrój: a) działanie jodu w postaci jonów, względnie jodu jako pierwiastka, b) swoiste toksyczne własności niektórych jego połączeń organicznych i c) objawy podniesionej czynności gruczołu tarczycowego, które może być spowodowane przez podrażnienie gruczołu tarczycowego nadmiarem jodu lub przez bezpośrednie wprowadzenie większej ilości swoistych składników tarczycy.

Jod w postaci pierwiastka, jak wszystkie chlorowce, jest wybitnym środkiem odkażającym, więc trucizną zarodzi. Na tej własności polega stosowanie Tinctura Jodi i roztworu Lugola oraz jodoformu i środków jego zastępujących w leczeniu ran. Ostre natychmiastowe działanie nie następuje jednak przy dożylnym wprowadzeniu nawet dużych dawek nie tylko jodku sodu, lecz nawet roztworu Lugola. Skutki takich zatruc są zawsze odległe i bardzo duże dawki Na J (0,7—0,8 g. na kg.) zabijają zwierzęta dopiero po upływie 12 — 36 godz. Do przewodu pokarmowego wprowadzano bez ciężkich następstw ludziom niewiarogodnie duże dawki (do 35,0 g. NaJ). Ostre zatrucie jodem wywołuje, po 6 — 8 godzinnym okresie inkubacyjnym, ogólną słabość, duszność, obrzęk płuc i wysięk w jamie piersiowej oraz uszkodzenie nerek (wałeczki, krew i białko w moczu), oraz ataki wymiotów. W zatruciu mniejszymi dawkami, których podawanie trwa dłużej występuje wyraźna przemiana tłuszczowa wątroby. Wszystkie te zjawiska dają się wytłumaczyć, jako działanie jodu jako pierwiastka na zaródz komórek. Swoiste działanie jodu na centralny układ nerwowy jest wątpliwe, ponieważ w postaci połączeń nieorganicznych nie posiada on właściwości neurotropowych.

Z organicznych związków jodu najlepiej jest zbadany, z punktu widzenia toksykologicznego - jodoform, który w odpowiednich warunkach posiada dość wyraźne własności trujące.

Wywołuje on ból głowy, przyspieszenie tętna, a nawet objawy obłądu. U zwierząt, w nieco większych dawkach, wywołuje on — podobnie do innych nasyconych jodowanych związków szeregu tłuszczowego, powoli występujące uspienie. Ciekawem jest, że gdy należący do jodowanych pochodnych gliceryny *alival* i przede wszystkim *jodotion* ($C_3H_5OH \cdot I_2$) są dość obojętnymi związkami, łagodniejszymi od jodyny (*Tinc. Jodi*), to izomeryczny związek: alkohol dwujodopropylowy, wywołuje ataki tężcowych skurczów i jest bardzo niebezpieczną trucizną. Jodowany aceton i jodowany octan etylu są wybitnymi środkami łzawiącymi, które były używane nawet, jako trucizny bojowe. Z szeregu związków tłuszczowych najbardziej jadowitymi są nienasycone węglowodory, w których wodór został zastąpiony przez jod. Tak więc jodoacetylen ($JC \equiv CJ$) jest bardzo niebezpieczną trucizną z wybitnie drażniącymi właściwościami. Dijodoacetylid ($J_2C \equiv C$) w dawce 3 mg. (w postaci pary) zabija mysz już w ciągu 15 sek. Aromatyczne pochodne jodowane w pierścieniu, są mało trujące, jodowane w bocznych łańcuchach są równie trujące jak związki tłuszczowego szeregu.

Połączenia, w których jod jest związany nie z węglem, lecz z innymi pierwiastkami, wchodzącymi w skład drobiny, nie różnią się co do działania od połączeń nieorganicznych. Jako przykład może posłużyć działanie *Jodiminy* — połączenia jodu z piperazyną (dwuetylenodwuimina), związku syntezowanego w bieżącym roku przez S. Otolskiego i zbadanego doświadczalnie przez I. Supniewskiego (*Rocz. Chemji* X. 3. i *Medycyna Warszawska* 1930. Nr. 5, 6).

W preparacie tym jod jest związany z azotem grupy iminowej, odpowiednio do budowy soli jodowodorowej piperazyny $NH(C_2H_4)_2NH \cdot HJ$. Jest to rozpuszczalny w wodzie związek, który zawiera 59% J i w terapii skutecznie może zastąpić jodki, będąc prawie pozbawionym własności toksycznych (Supniewski). W ustroju powstaje całkowite odszczepienie jonu J' i do 94% wprowadzonego w ten sposób jodu wydziela się z moczem, przyczem od 77 — 89% J wypada na pierwszą dobę.

Przewlekłe zatrucie związkami zawierającymi jod, powoduje objawy, znane pod nazwą jodizy, na którą składają się zapalne

zmiany śluzówek dróg oddechowych i spojówek oraz wysypka na skórze (Acne), oraz szereg ogólnych objawów ze strony ośrodkowego układu nerwowego, charłactwo, zaburzenia czynności narządów płciowych i czynności serca. Do tych objawów dołącza się objaw hipertyreoidizmu, dochodzący do choroby Basedowa, z powiększeniem gruczołu tarczycowego, wytrzeszczem gałek ocznych i przyspieszeniem tętna. Podobne objawy są typowe w zatruciach tyroksyną. Długotrwałe stosowanie preparatów jodu wywołuje niekiedy zanikowe zmiany w tarczycy i gruczołach płciowych.

Co do praktycznego stosowania jodu w celach leczniczych, to dodatnie wyniki doświadczeń na roślinach oraz zwierzętach, przedewszystkiem wpływ małych dawek na czynności mnożenia się i wzrostu, musimy uznać za racjonalne zabezpieczenie nieznacznego nadmiaru dopływu jodu z pokarmem. Źródłem tego nadmiaru mogą być naturalne produkty spożywcze, obfitujące w jod jak też sztuczne preparaty, w rodzaju jodowanych tłuszczów. Dotychczas zwracano jeszcze zamało uwagi na możność stosowania w tym celu roślin (przedewszystkiem halofitów), otrzymanych ze sztucznie wzbogaconej w J gleby, oraz preparatów otrzymanych z takich roślin. Możliwym jest, że dokładniejsze badania połączeń organicznych jodu w roślinach, przedewszystkiem glonach morskich i halofitach lądowych, dostarczy jeszcze nie jednego cennego środka leczniczego.

KOMUNIKAT IV-GO ZJAZDU POLSKIEGO TOWARZYSTWA GINEKOLOGÓW.

Krakowskie Towarzystwo Ginekologiczne donosi, że miejscowy Komitet urządzenia IV-go Zjazdu Pol. Tow. Gin. zorganizował się definitywnie. W myśl uchwały Krak. Tow. Gin. z u. r. gospodarzem Zjazdu został prezes Krak. Tow. Gin., obecnie Doc. Dr. January Zubrzycki, sekretarzem Zjazdu Doc. Dr. Tadeusz Keller. Inni członkowie Komitetu Zjazdu objęli kierownictwo poszczególnych sekcji Zjazdu.

IV-ty Zjazd Pol. Tow. Gin. odbędzie się w dniach od 28-go do 30-go czerwca 1931 r. w Krakowie w salach Kliniki neurologicznej U. J.

Tematy programowe w myśl uchwały Walnego Zgromadzenia Tow. Gin. Pol. są następujące: I. Zaburzenia jajczkowania a krwawienia miesięczkowe (Kraków). II. Hormony płciowe (Warszawa). III. Czy zachodzi potrzeba rewizji wskazań do cięcia cesarskiego (Lwów).

Wszelkie zgłoszenia referatów na Zjazd, związanych z tematami programowymi i luźnych, proszę kierować do dnia 15-go maja r. b. pod adresem Komitetu IV-go Zjazdu Pol. Tow. Gin. w Krakowie, Klinika położniczo-ginekologiczna U. J., Kopernika 7. Tamże należy kierować wszelkie zapytania.

W dniach Zjazdu, w lokalu zjazdowym urządzona będzie wystawa lekarsko - farmaceutyczna. Zakłady i firmy, reflektujące na uzyskanie miejsc dla swych eksponatów, zechcą również zgłosić się pod adresem Komitetu najpóźniej do dnia 1-go czerwca b. r. Wcześniejsze zgłoszenia pożądane.

Komitet projektuje w ramach Zjazdu cały szereg wycieczek do miejsc klimatycznych, udogodnienia kwaterek oraz zniżki kolejowe.

Równocześnie przypominamy uchwałę Pol. Tow. Gin. z dnia 28-go września 1929 r., w myśl której skład Wydziału Pol. Tow. Gin. jest następujący:

Prezes: vacat, zastępca prezesa Prof. Dr. Władysław Jakowicki, pierwszy sekretarz Doc. Dr. Tadeusz Keller, drugi sekretarz Dr. Wacław Zaleski, skarbnik Dr. Bruno Wojciechowski, członkowie zarządu: Dr. Ada Markowa, Dr. Jan Szancenbach, Doc. Dr. Józef Szymanowicz, Doc. Dr. January Zubrzycki, członkowie komisji rewizyjnej: Dr. Adam Ackerman, Dr. Ludwik Friedman, Dr. Tymoteusz Piotrowski.

Pozatem uchwalono, że członkowie Pol. Tow. Gin. zobowiązani są do składowania 10 zł. rocznie na rzecz Pol. Tow. Gin. Składkę mają zbierać skarbnicy poszczególnych Towarzystw Gin. i przekazywać skarbnikowi Pol. Tow. Gin.

Prosimy Skarbników poszczególnych Towarzystw Gin., aby składki z roku 1930 i 1931 w łącznej sumie 20 zł. od każdego członka byli łaskawi przelać do 1 czerwca 1931 r. na ręce skarbnika Pol. Tow. Gin., D-ra Bruna Wojciechowski-go (Kraków, Siemiradzkiego 1).

Dokładny program Zjazdu rozesłany będzie w odpowiednim czasie.

Sekretarz Zjazdu:

Gospodarz Zjazdu:

(—) Doc. Dr. Tadeusz Keller.

(- -) Doc. Dr. January Zubrzycki.

NOTATKA ZWIĄZKU UZDROWISK POLSKICH. WIELKA KONFERENCJA UZDROWISKOWA.

Departament Służby Zdrowia Ministerstwa Spraw Wewnętrznych urządził w sobotę dn. 21.III.31 r. o godzinie 12.30 w Dużej Sali Towarzystwa Higienicznego w Warszawie, ul. Karowa 31, konferencję, poświęconą uzdrowiskom polskim.

Konferencję zagał Dyrektor Departamentu Służby Zdrowia, Dr. E. Pięstrzyński, poczem referaty z zakresu uzdrowiskowego wygłosili pp. Prof. Dr. L. Korczyński z Krakowa, Doc. Dr. A. Sabatowski ze Lwowa i Prezes Związku Uzdrowisk Polskich, p. R. Jarosz z Truskawka.

Nad referatami przeprowadzona została dyskusja.

REDAKTOR **Dr. S. OTOLSKI**

Wydawca: Przemysłowo-Handlowe Zakłady Chemiczne Ludwik Spiess i Syn, Sp. Akc. — Warszawa

Zakł. Druk. F. Wyszyński i S-ka, Warecka 15