KAROL STARMACH.

Z Zakładu Ichtiobiologii i Rybactwa U. J. w Krakowie.

POWŁOKI WODOROTLENKU ŻELAZA NA GAŁĄZKACH *CHANTRANSIA CHALYBAEA* FRIES.

(Przyczynek do znajomości bakteryj żelazistych z rodzajów: *Siderocystis* i *Siderocapsa*).

(Eisenhydroxydablagerungen auf *Chantransia chalybaea* Fries).

(wpłynęło 29.VI.36)

Zbierając przez szereg lat glony w potokach Beskidu Zachodniego, zauważyłem w kilku wypadkach obfite powłoki wodorotlenku żelaza na gałązkach krasnorosta *Chantransia chalybaea* Fries. Zjawisko to powtarza się zawsze tam, gdzie obok koryta potoku znajduje się źródło, lub częściej bagnisty wyciek obfitujący w żelazo, co znów można poznać po licz-nem niejednokrotnie występowaniu bakteryj żelazistych: *Leptothrix ochracea* Kütz. i *Gallionella ferruginea* Ehrenb.

Znalazłem cztery takie stanowiska w Beskidzie Zachodnim, na których krzaczki Chantransji oblepione były obficie wodorotlenkiem żelaza.

1. Potok „Wisła” w miejscowości „Wisła”, niedaleko ujścia potoku „Malinki”. Pod spadzistym brzegiem wśród zarośli znajduje się niewielkie źródelko, w którym obficie rosną żółto-brunatne kłaczki *Leptothrix ochracea*, oraz w mniejszej ilości *Gallionella ferruginea*. Woda odpływająca z tego źródelka wlewa się do koryta potoku, odległego tu zaledwie o 50 cm od źródła. Z glonów nitkowatych przy brzegu potoku rośnie jedynie Chantransja, tworząc niewielkie darnie, zwykle na bocznych stronach kamieni. Wszystkie krzaczki Chantransji, rosnące tuż pod odpływem źródła, powle-

czone były wodorotlenkiem żelaza, natomiast już w odległości 1 m. niżej nie miały prawie wcale tych powłok.

2. Potok „Czarna Wiselka” w lesie powyżej schroniska P. T. T. na Baraniej Górze, w miejscu gdzie z przybrzeżnego bagienka przesącza się woda do koryta potoku. W bagienku tem, w małych dołkach z wodą, widać było kłaczki *Leptothrix ochracea*, oraz niewielkie skupienia nitok glonów; *Tribonema* sp. *Mougeotia* sp. i *Spirogyra arcta* (Ag.) Kütz. Z glonów tych, przede wszystkim *Tribonema* pokryta była rdzawymi bryłami wodorotlenku żelaza, pozostałe miały na swoich nitkach mniejsze osady żelaziste. Na *Tribonema* występowała bakterja żelazista *Siderocystis confervarum* (Chol.) Naum. w swej typowej formie, tworząc t. zw. psichohormia. *Chantransia chalybaea* występowała obok w potoku na kamieniach dość nielicznie, jednak krzaczki jej, a zwłaszcza ich nasadowe części, były silnie pokryte wodorotlenkiem żelaza.

3. Potok „Poręba” we wsi Podobin obok Mszany Dolnej. *Chantransja* pokryta osadem żelazistym rosła w małych kępkach na przybrzeżnych kamieniach; woda, zawierająca żelazo, sączyła się z wilgotnego brzegu, pozostawiając za sobą rdzawe smugi. Bakterij żelazistych nie znalazłem w tem miejscu,

4: Potok „Suszanika” tuż przed jego ujściem do rzeki Raby we wsi Pcim (pow. myślenicki). Na bagnistym brzegu widać było liczne rdzawe wycieki, w których gdzie niegdzie rosły bakterje *Leptothrix ochracea* i *Gallionella ferruginea*. *Chantransia chalybaea* rosła w potoku wraz z *Cladophora glomerata*, na miejscach płytkich, ocienionych nawisem brzegów.

Poza wymienionemi stanowiskami, znalazłem jeszcze krzaczki *Chantransia chalybaea* powleczone w swych nasadowych częściach wodorotlenkiem żelaza, w materiale zebranym w młynówce we wsi „Włochy” koło Nowej Słupi (woj. kieleckie), podczas jednej z wycieczek Zakładu Botanicznego im. Janczewskiego U. J.

Znane są liczne gatunki glonów inkrustujących w różnym stopniu swoje błony wodorotlenkiem żelaza. Mają one, podobnie jak bakterje żelaziste, bez wątpienia wielkie znaczenie w procesie utleniania rozpuszczonego w wodzie żelaza, jednakże zarówno mechanizm, jak i znaczenie tego faktu dla samych glonów jako żywych organizmów, nie jest zupełnie jasne. Większość z nich (a może nawet wszystkie), nie osiąga żadnych korzyści w sensie fizjologicznym z utleniania Fe, a nawet, jak wskazują liczne obserwacje (Steinecke, 1923 a. Suessenguth, 1926. Uspenski, 1927 i inni), inkrustacja żelazowa działa wręcz szkodliwie dla życia tych roślin, gdyż, zamykając ich komórki w nieprzezroczystym, sztywnym pancerzu, uniemożliwia im przede wszystkim fotosyntezę, powodując w następstwie zamieranie komórek. Według obserwacji Uspenskiego (1927), wzmożona inkrustacja żelazowa ozna-

cza wogóle koniec wegetacji danego gatunku. Ciekawe zjawisko obrony przed impregnacją błon wodorotlenkiem Fe u gwiazdnicy (*Zygnema*), polegające na zrzucaniu ordzawionego nabłonka, zaobserwował N a m y s ł o w s k i (1921). Mimo to jednak ok. 100 gatunków glonów z różnych grup systematycznych, wykazuje wybitną skłonność do impregnowania swoich błon wodorotlenkiem żelaza. Gatunki te zestawione są w pracy M o l i s c h a (1892), a przedewszystkiem w pracy D o r f f a (1934).

Dla wszystkich żywych organizmów, które w przyrodzie biorą udział w strącaniu żelaza w nierozpuszczalny w wodzie wodorotlenek Fe, wprowadził N a u m a n n (1921, 1928), określenie „organizmy żelazowe” (*Eisenorganismen*). Mimo ostrej krytyki C h o l o d n e g o (1928), który, stojąc na gruncie czysto fizjologicznym, rezerwował tę nazwę dla bakterij żelazistych, jako jedynych organizmów korzystających z uwalniającej się energii przy utlenianiu Fe^{++} na Fe^{+++} , określenie N a u m a n n a utrzymało się do dziś wśród limnologów, jako praktyczna nazwa dla organizmów silnie ze strącaniem wodorotlenku żelaza w przyrodzie związanych. Ostatnim wyrazem tego w literaturze jest zestawienie (D o r f f, 1934) wszystkich organizmów biorących udział w strącaniu wodorotlenku żelaza, a więc bakterij żelazistych, roślin i zwierząt.

Nie we wszystkich wypadkach znana jest przyczyna odkładania wodorotlenku Fe na powierzchni komórek pewnych glonów. W kilku wypadkach znaleziono w osadach wodorotlenku żelaza nagromadzonych na powierzchni komórek glonów bakterje żelaziste, a więc im przypisuje się wytworzenie tych osadów. W szeregu jednak wypadków bakterij nie znaleziono i wtedy mechanizm gromadzenia się wodorotlenku żelaza nie jest we wszystkich szczegółach jasny.

Powłoki wodorotlenku żelaza na gałązkach *Chantransia chalybaea*, na wszystkich znanych mi stanowiskach wyglądają podobnie, wszędzie też występują w nich bakterje żelaziste z rodzajów: *Siderocystis* i *Siderocapsa*, tak że im należy w tym wypadku przypisać tworzenie osadów żelazistych. Na stanowisku Nr. 4, w potoku Suszance, obok wymienionych rośla jeszcze epifitycznie zarówno na *Chantransji* jak i na *Cladophorze Crenothrix polyspora* C o h n. Nitki tej bakterji żelazistej wykształcone były typowo, na podobieństwo tych, które rysuje D o r f f (1934. S. 40. Fig. 32).

Z krasnorostów gromadzących wodorotlenek Fe, znane są tylko dwa gatunki z rodzaju *Batrachospermum* i jeden z rodzaju *Nemalion* (morski). Nie wiadomo, czy w osadach wodorotlenku Fe u tych gatunków występują bakterje żelaziste.

Powłoki wodorotlenku żelaza na Chantransji mają różny kształt, zależnie od tego, czy w tworzeniu ich biorą udział bakterje z rodzaju *Siderocystis*, czy też *Siderocapsa*. Wyróżnić więc można dwa typy osadów żelazistych na Chantransji.

1. Typ *Siderocystis*. (rys. 1, 2. Tabl. II. Ryc. 42 w tekście).

Wodorotlenek żelaza tworzy tu bulwkowate skupienia, obejmujące na kształt pierścienia ze wszystkich stron gałązkę glonu. Bakterje zamknięte są wewnątrz wodorotlenku żelaza i stają się widoczne dopiero po jego rozpuszczeniu w kwasie solnym (rys. 2. Tabl. II). Komórki bakteryj są nieco eliptyczne, o wymiarach 0,6—0,8 μ , występują w gęstych, nieregularnych skupieniach (nie tworzą łańcuszków), systematycznie stanowią bezwątpienia jedną z form gatunku *Sideromonas confervarum* Ch o l., przemianowanego później na *Siderocystis confervarum* (Ch o l.) N a u m.¹⁾ Osady żelaziste tego typu występują na gałązkach Chantransji na wszystkich stanowiskach karpackich, ale nie często, tak że nie są one tutaj typem panującym.

2. Typ *Siderocapsa*. (rys. 3—9, Tabl. II, oraz ryc. 43—44 w tekście).

Jest to najczęściej występujący typ osadów wodorotlenku żelaza na krzaczkach Chantransji. Wodorotlenek żelaza gromadzi się tu na obwodzie bezbarwnej, kulistawej kolonii bakteryjnej, skutkiem czego powstają szerokie, rdzawe pierścienie, płasko leżące na powierzchni komórek glonu (ryc. 43 w tekście). Blisko obok siebie leżące pierścienie, zlewają się z czasem ze sobą, tworząc większe, nieregularne skupienia wodorotlenku żelaza, pokrywające jednostronnie lub ze wszystkich stron gałązkę glonu (rys. 3—9, Tabl. II).

W rzadszych wypadkach, gdy oba rodzaje bakteryj występują razem, tworzą się także typy mieszane, powstające przez wtórne osadzanie się kolonij rodzaju *Siderocystis* na kolonjach rodzaju *Siderocapsa* i ew. odwrotnie.

Oba typy osadów wodorotlenku żelaza występowały w zebranym materiale w najrozmaitszych stadiach rozwojowych —

¹⁾ D o r f f 1934.

co też skłoniło mnie do bliższego zajęcia się niemi. Jest to też i z tego względu uzasadnione, że morfologia tych bakterij i tworzonych przez osadów wodorotlenku żelaza nie jest dokładnie znana, co znów przy systematyce bakterij żelazistych, opartej do dziś prawie wyłącznie na morfologii, jest rzeczą ważną. Podaję więc te obserwacje, które miałem możliwość zebrać na materiale pochodzącem ze stanowisk naturalnych, a dotyczące zarówno gat. *Siderocystis* jak i *Siderocapsa*.

II.

Cholodny (1922, s. 326) opisał pod nazwą *Sideromonas confervarum* Chol. bakterję żelazistą, tworzącą bulwkowate skupienia wodorotlenku żelaza na nitkach zielonych glonów z rodzaju *Tribonema* (syn. *Conferva*). Charakterystyczne bulwki wodorotlenku żelaza zauważono już dawniej na glonach z rodzaju *Tribonema*, a nawet przez pewien czas, pokryte niemi glony nosiły osobną nazwę rodzajową „*Psichohormium*” (Kützing, 1848). Nie znając bakterij, powstawanie ich tłumaczono sobie wytrącaniem się wodorotlenku żelaza pod wpływem fotosyntezy i następnie osadzeniem się go na powierzchni nitek glonów (Hanstein, 1878, Molisch, 1892, 1910). Obecność bakterij wewnątrz osadów wodorotlenku żelaza, oraz ich związek z gromadzeniem tych osadów, stwierdził dopiero Cholodny. Występujące tu bakterje mają kształt owalny, wymiary $0,8-0,9 \times 0,5-0,6 \mu$ i występują wewnątrz masy wodorotlenku żelaza w postaci krótszych lub dłuższych łańcuszków. Dokładny opis tej bakterji podał następnie Cholodny w swej monografji z roku 1926, z tem, że występuje ona nietylko na gatunkach *Tribonema* ale i na innych glonach zielonych. W tym samym roku wyszła praca E. Pákh o bakterjach żelazistych Węgier, w której gatunek *Sideromonas confervarum* jest szerzej omówiony. Autorka stwierdziła przede wszystkim, że gatunek ten występuje na różnych glonach zielonych, tworząc osady wodorotlenku żelaza różniące się pokrojem od siebie. Zaproponowała więc, aby gatunek Cholodnego potraktować jako gatunek zbiorowy i nadała mu nawet nową nazwę *Sideromonas Cholodnyi* sp. collect. Wymienia przytem 6 form tego gatunku, różniących się między sobą kształtem osadów wodorotlenku żelaza, ich barwą, oraz rozmieszczeniem w ich wnętrzu komórek bakte-

ryj. Formy podane przez Pákh, dadzą się podzielić na takie, które tworzą na glonach bulwkowate (bryłowate) osady wodorotlenku Fe, obejmujące w formie pierścieni glony nitkowate, lub też występujące w mniej lub więcej kulistej formie na powierzchni płaskich plech *Enteromorpha intestinalis*, oraz takie, które jako utwory płaskie, skorupiaste, powlekają powierzchnię glonów (*Hydrodictyon*, *Chaetophora*) i niekoniecznie obejmują ze wszystkich stron nitkę glonu. Jedna tylko forma ma bakterje występujące wewnątrz wysyconej wodorotlenkiem żelaza galaretki w formie łańcuszków i ta odpowiada gatunkowi *Sideromonas confervarum* Chol., inne natomiast mają bakterje zgodne w wymiarach, ale bezładnie rozrzucone w galaretce jako pojedyncze komórki lub grupy komórek. Pákh nie daje nazwy wyróżnionym przez siebie formom, opisując tylko ogólnie ich cechy. Podział ten nie był też w następnych latach uwzględniany, mimo że gatunek *S. Confervarum* podawany był kilkakrotnie z różnych krajów Europy. (Z polski podaje go Turowska, 1930). Uwzględnia go częściowo dopiero Dorff (1934), który też w swej pracy podaje najdokładniejsze zestawienie znanych do dziś bakteryj żelazistych.

Dorff uwzględnia przedewszystkiem zmienioną przez Naumanna nazwę rodzajową *Sideromonas* na *Siderocystis*, tak że obecnie gatunek Chłodnego nosi nazwę *Siderocystis confervarum* (Chol.) Naum., nie zgadza się natomiast na zestawienie form w jeden gatunek zbiorowy według projektu Pákh.

Dorff jest wogóle zdania, że formy płaskie według opisu Pákh należą do rodzaju *Siderocapsa* lub gatunku *Siderocystis vulgaris*, z psychohormiami zaś gatunku *S. confervarum* nie mają nic wspólnego. Wymienione przez Pákh formy bulwkowate lub płaskie, ale otaczające ze wszystkich stron gałązkę glonu, jako typowe psychohormia zestawia w tabeli (l. c. S. 15) podając ich cechy.

Siderocystis confervarum, oraz wytworzone przez niego osady wodorotlenku żelaza na nitkach *Chantransia chalybaea*, pokrojowo odpowiadają najlepiej formom podanym przez Pákh z powierzchni glonów: *Oedogonium* sp. *Hyalotheca dissiliens*, oraz *Cladophora crista* (ten ostatni gatunek zebrała Pákh w Tatrach). Formy te zebrał Dorff w punkcie 1. swej tabeli, obejmującym także wyjściową formę, t. j. typowy gatunek

Siderocystis confervarum, opisany na nitkach *Tribonema bombycinum*. Od tego ostatniego jednak gatunku, psichohormia na Chantransji różnią się przede wszystkim ułożeniem komórek bakteryj wewnątrz skupień wodorotlenku żelaza, a także nieco kształtem i barwą tych skupień. Bakterje nie występują tu nigdy w łańcuszkach, ale są bezładnie rozrzucone w galaretkce lub zbite w bezkształtne masy. Osady wodorotlenku żelaza mają kształt wydłużonych bulwek (Ryc. 42 w tekście) i obejmują

Ryc. 42.

Osady żelaziste typu *Siderocystis*. a — *Siderocystis confervarum* (Chol.) Naum. na nitce glonu *Tribonema* sp. b — t. s. na gałązce krosnorosta *Chantransia chalybaea*. Napół schem.

Eisenablagerungen des *Siderocystis* Typus. a — *Siderocystis confervarum* (Chol.) Naum. auf *Tribonema* sp. b — D. s. auf *Chantransia chalybaea*. Halb schemat.

niekiedy jedną lub dwie komórki glonu. W porównaniu z osadami żelazistymi na *Tribonema*, są bardziej płaskie i wydłużone. Różnica ta jest dość wyraźna, jeżeli obie formy ma się obok siebie (Ryc. 42 w tekście). Jest rzeczą godną uwagi, że w ogólnych zarysach kształty psichohormiów na Chantransji i *Cladophorze* podobne są do siebie, niezależnie od stanowiska, z którego glon pochodzi; na wszystkich znanych mi stanowiskach były takie same, zawsze niepodobne do psichohormiów na *Tribonema*. Przemawia to poniekąd na korzyść wyróżniania form po ich kształcie. Obok kształtów jednakże wprowadziła Pákh a także Dorff barwę strąconego wodorotlenku żelaza, jako cechę do rozróżniania form gatunku *Siderocystis*. Cecha ta jest jednak mniej pewna, gdyż np. na Chantransji, nawet na tem samym stanowisku, psichohormia miały różną barwę, najczęściej brunatno-rdzawą a nawet oliwkowo-brunatną, rzadziej jaśniejszą, czerwono-rdzawą.

Młode stadja osadów wodorotlenku żelaza, widoczne były na gałązkach Chantransji w postaci małych plamek, położonych z reguły w miejscu zetknięcia się dwóch komórek nitki. Po zadaniu żelazo-cjankiem potasu z kwasem solnym, stwierdzić można, że bakterje wraz z otaczającą je galaretką, sięgają o wiele dalej poza brunatną plamkę wydzielonego już w większej masie wodorotlenku żelaza i mają wyraźną tendencję do rozwijania swej kolonji w kierunku poprzecznym do osi głównej gałązki glonu, tak że w końcu opasują ją pierścieniem. Spotyka się pierścienie już zamknięte, ale jeszcze w $\frac{1}{4}$ części prawie zupełnie bezbarwne a w $\frac{3}{4}$ wyraźnie zabarwione na kolor żółto-brunatny. Reakcja z żelazo-cjankiem potasu wykazuje jednak obecność wodorotlenku żelaza w części niezabarwionej kolonji, co świadczy o tem, że zostaje on odrazu w galaretkce komórek bakteryj gromadzony, natomiast widoczny jest dopiero wtedy, gdy występuje w większym zagęszczeniu. W paru wypadkach zauważyłem kilka odrębnych rdzawych piamek, rozsianych na powierzchni błony glonu, głównie jednak w okolicy jego ścianek poprzecznych. Przedstawiały one jakby kilka ognisk tworzącej się kolonji, niewykształconej jeszcze w formie pełnego pierścienia, opasującego nitkę glonu.

Kolonie stare mają powierzchnię nierówną, pokrytą dość dużemi brodawkami, złożonemi z wodorotlenku żelaza i odpadającemi łatwo przy sporządzaniu preparatu. Odpadłe brodawki zawierają wewnątrz również bakterje, być może więc, że w ten sposób rozprzestrzenia się ten organizm.

Najbardziej jednak charakterystyczną cechą gatunku *Siderocystis confervarum* jest tworzenie pierścieniowatych osadów wodorotlenku żelaza, pokrywających w równych mniej więcej odstępach nitki glonów, czyli tworzenie typowych psichohormiów. Cecha ta nawet we wczesnych stadiach da się już uchwycić (w najgorszym wypadku barwieniem żelazocjankiem potasu z kwasem solnym) i dla celów rozpoznawczych ma pierwszorzędne znaczenie.

III.

Rodzaj *Siderocapsa* opisał Molisch (1909, Annales du Jardin Bot. de Buitenzorg, 2 Sér. Suppl. III. S. 29—30. Cytat wedł. Molisch'a 1910) i podał najpierw jeden gatunek *Side-*

rocapsa Treubii. W rok później, w swojej książce „Die Eisenbakterien” (1910), powtórzył ten opis i dodał barwne rysunki, a równocześnie opisał drugi gatunek pod nazwą *S. maior*. Według opisu Molisch’a, bakterje z rodzaju *Siderocapsa* mają kształt kulisty (kokki), lub eliptyczny (krótkie laseczki), i na powierzchni różnych roślin wodnych tworzą małe skupienia (kolonje), otoczone galaretową torebką, na zewnątrz której gromadzi się wodorotlenek żelaza w ten sposób, że impregnuje i barwi tylko boki kolonji, nie gromadząc się zupełnie na jej dolnej ani na górnej powierzchni. Charakterystyczny więc obraz takiej kolonji, to rdzawa plama, najczęściej o nieregularnym zewnętrznym zarysie, posiadająca w środku okrągłe lub owalne, bezbarwne pole (ryc. 43 w tekście). W polu bezbarwnem mieszczą się komórki bakteryj, przyczem według Molisch’a barwią się one lekko czerwono jedynie aldehydowym odczynnikiem Schiff’a, nie barwią się natomiast żadnymi innymi barwnikami. Rozróżnianie obu gatunków polega na wielkości komórek i ich ilości w kolonji. Dla *Siderocapsa Treubii* podaje Molisch wymiary 0,4—0,6 μ i około 8 komórek w kolonji, dla *S. maior* wymiary 0,7—1,8 μ i do 100 komórek w kolonji. Ten ostatni gatunek występuje także planktonowo.

Następny opis tych bakteryj, zresztą bardzo lakoniczny, podaje Naumann (1921), na podstawie materiału zebranego w okolicy Aneboda w pld. Szwecji. Naumann zauważył, że bakterje w jego materiale barwią się doskonale różnymi barwnikami, a nawet już bez barwienia są doskonale widoczne. Odnosił się więc z tem do Molisch’a posyłając mu swój materiał i wkońcu za jego radą podał nowy podział rodzaju *Siderocapsa*, wyróżniając dla każdego gatunku dwie formy: nie barwiące się żadnymi barwnikami z wyjątkiem odczynnika Schiff’a — forma *chromophoba*, oraz barwiące się normalnie — forma *chromophila*.

Wzmiankę o tych bakterjach spotykamy znów w pracy E. Pákh (1926). Autorka znalazła je w różnych okolicach Węgier, i podaje, że tak *S. Treubii* jak i *S. maior* barwią się wcale dobrze zwykłymi barwnikami. Podziału Naumanna nie uwzględnia.

Cholodny, w swej monografji (1926), poddaje rodzaj *Siderocapsa* Molisch’a i Naumann’a ostrej krytyce, sta-

wiając go wkońcu w rzędzie rodzajów conajmniej wątpliwych. Czyni to zaś dlatego, że specyficzny i tylko temu rodzajowi właściwy sposób gromadzenia wodorotlenku żelaza nie na powierzchni całej kolonii ale tylko na jej bokach, wskazuje raczej na przypadkowe włączenie kolonij jakichś bakterij (niekoniecznie żelazistych), rozwijających się na powierzchni liści roślin wodnych, do osadów żelazistych, które mogą powstawać np. już przez samą działalność asymilacyjną roślin, a niezależnie od czynności życiowych bakterij. W dodatku kształt osadów żelazistych tych bakterij, jest zawsze podobny do osadów zarówno wodorotlenku żelaza jak i manganu, strąconych przez rośliny zielone na świetle. Bardzo wątpliwem wreszcie wydaje się Chłodnemu fakt specjalnej „chromofobji” tych bakterij, mało bowiem prawdopodobne jest przyjęcie takiej protoplazmy, któraby składała się głównie z aldehydowych połączeń i barwiła się tylko odczynnikiem Schiff’a.

W kilka lat później jednak, opisał Redinger (1931) trzeci gatunek tego rodzaju, mianowicie *Siderocapsa coronata*. Gatunek ten, o typowym dla rodzaju *Siderocapsa* pokroju, występuje w planktonie. Związek więc galaretowatej puszki, w której umieszczone są bakterje z otaczającym ją wodorotlenkiem żelaza jest niewątpliwy, gdyż u tej wolno żyjącej kolonji, odpada możliwość gromadzenia się wodorotlenku pod wpływem fotosyntezy roślin zielonych — jak to przypuszczał Chłodny. Co ciekawsze jednak, Redinger wykazał, że galaretka otaczająca komórki bakterij barwi się doskonale odczynnikiem Schiff’a na kolor czerwono-fioletowy. O barwieniu się tym odczynnikiem samych komórek bakterij Redinger nic nie wspomina.

Wszystkie gatunki rodzaju *Siderocapsa* zbadał ponownie Dorff (1934) i stwierdził, że wszystkie barwią się lepiej lub gorzej zwykłymi barwikami, a nawet jodem w jodku potasu. O odczynniku Schiff’a znów on skolei nic nie wspomina, natomiast odrzuca na podstawie swoich badań, wprowadzoną przez Naumann’a „forma chromophoba”. Zarówno Redinger jak i Dorff stanowczo odrzucają zarzuty Chłodnego, wynikające zresztą głównie ze znanego, t. zw. fizjologicznego pojęcia bakterij żelazistych tego autora, uważając, że *Siderocapsa* powinna mieć swoje miejsce pomiędzy bakterjami żelazistemi.

Gatunki rodzaju *Siderocapsa* nie są bynajmniej rzadkie i podawane były wielokrotnie z Europy i Azji przez różnych autorów. Zanotowano występowanie ich na wszystkich prawie roślinach wodnych i w planktonie, jedynie z powierzchni glonów nie były zdaje się podawane. Nie opisywano też powstawania nowych kolonij ani ich rozwoju, tak że charakterystyka morfologiczna gatunków nie jest całkiem zupełna.

Gatunek, występujący jak się pokazuje wcale powszechnie na gałązkach *Chantransia chalybaea*, zajmuje stanowisko pośrednie co do wymiarów komórek między gatunkami *S. Treubii* a *S. maior*, zachowując jednak podobny do typowych kształt kolonij i osadów strąconego wodorotlenku żelaza. Ilość komórek w kolonji jest różna, zależnie od jej wieku; komórki liczą 0,6—1 μ średnicy i są raczej kulistawe. Ze względu na większą ilość komórek w kolonji i na jej ogólny kształt, zgodny raczej z rysunkami Naumann'a i Pákh jak Molisch'a, zaliczyć należy ten gatunek do *Siderocapsa maior* Molisch, zaznaczywszy, że barwi się dobrze jodem w jodku potasu, gencjaną, fuksyną i błękitem metylenowym.

W materjale, który miałem możność obserwować, widać było doskonale najrozmaitsze stadja rozwojowe zarówno kolonij jak i towarzyszących im osadów wodorotlenku żelaza. Możliwem jest więc pewne uzupełnienie danych morfologicznych dla rodzaju *Siderocapsa*.

W najdalej posuniętem stadium rozwojowem, powłoki strąconego wodorotlenku żelaza pokrywają gałązki *Chantransji* na znacznej przestrzeni, naogół jednostronnie (Tabl. II, rys. 5, 7, 9), a w rzadszych wypadkach otaczają nitkę glonu dookoła, na kształt rdzawej, podziurawionej rury (Tabl. II, rys. 3, 4). W tym ostatnim wypadku ilość kolonij bakterij jest duża, powierzchnia zaś całego utworu chropowata i złuszcza się częściowo. Grubość powłok żelazistych dochodzi najwyżej do 14 μ , przeciętnie 5—8 μ , (grubość komórek *Chantransji* wynosi 10—14 μ). Tworzeniu się grubszych powłok zapobiega złuszczenie się najbardziej zewnętrznych warstw wodorotlenku żelaza. Kolonje bakterij widoczne są jako jasne pola na ciemnem tle wodorotlenku żelaza, co spowodowane jest tem, że kolonje na górnej i dolnej powierzchni nie są pokryte wodorotlenkiem żelaza. Jest to bardzo charakterystyczne zjawisko, pozwalające już na pierwszy rzut

oka odróżnić pod mikroskopem rodzaj *Siderocapsa* od innych, np. *Siderocystis*, tworzących jednolite naskorupienia żelaziste.

Obok starszych, zbiorowych kolonij są młode, zaczynające dopiero proces osadzania wodorotlenku żelaza. Najmłodsze kolonje, jakie udało mi się zaobserwować liczyły 6—8 komórek bakteryj. Kolonje te otoczone były galaretką od góry bezbarwną, z boków brunatniejącą, zupełnie zaś bezbarwnych i pozbawionych wodorotlenku żelaza kolonij nie udało mi się odnaleźć. Z materiału utrwalonego formaliną, po następnej rozpowszechnieniu wodorotlenku żelaza w 2% HCl, uzyskuje się obrazy kolonij z galaretką, jak na ryc. 43 e

Ryc. 43.

Siderocapsa maior Molisch. a—d — młode kolonje z powierzchni gałązek *Chantransia chalybaea*. e — kolonje po rozpuszczeniu wodorotlenku żelaza z materiału utrwalonego formaliną. Napół schem.

Siderocapsa maior Molisch. a—d — junge Kolonien auf *Chantransia chalybaea*. e — Kolonien nach Lösung des Eisenhydroxyds bei vorheriger Konservierung mit Formalin. Halb schemat.

w tekście. Na materiale żywym, zadany kwasem solnym, galaretka otaczająca komórki rozmazuje się prawie zupełnie i ślady jej widoczne są tylko tuż przy komórkach bakteryj. Kolonje młode, oglądane z góry, mają zawsze kształt kulisty, natomiast starsze mają niekiedy kształty nieregularne. Pierścienie brunatne, otaczające z boków kolonje, mają tylko w młodych stadjach zewnętrzne brzegi gładkie, w późniejszych natomiast stadjach, brzegi ich są zwykle pofałdowane, niekiedy zatokowato a nawet ostro powycinane lub postrzępione (Ryc. 43 w tekście). Zmienia się też intensywność ich barwy w ten sposób, że najciemniej zabarwione są pierścienie tuż przy kolonji, dalej zaś ku obwodowi barwa słabnie, w młodych stadjach zlewając się prawie zupełnie z tłem.

Jeżeli śledzić odbarwianie się pierścieni po zadaniu kwasem solnym, to zgodnie z natężeniem barwy, ilustrującym stopień zagęszczenia wodorotlenku żelaza, odbarwiają się najpierw ich brzegi a na samym końcu dopiero partje leżące obok komórek bakteryj. Po zabarwieniu osadów na kolor niebieski przez zadanie żelazocjankiem potasu z kwasem solnym, intensywność barwy niebieskiej zgadza się z intensywnością poprzedniej barwy brunatno-żółtej. Silnie niebiesko barwią się przytem same komórki bakteryj, tak że zupełnie wyraźnie odcinają się od słabiej zabarwionego tła. To, że barwią się zarówno komórki bakteryj, jak i bezbarwna przedtem najbliższa ich otoczka galaretowata, przy użyciu znanego odczynnika, dowodzi, że wodorotlenek żelaza znajduje się w całej kolonji, a tylko z nieznaných przyczyn zagęszcza się silniej w pewnych jej partjach.

Kolonje wraz ze swym brunatnym pierścieniem oglądane z boku (Ryc. 43 d w tekście, Tabl. II rys. 5, 7, 9,), mają kształt łagodnego stożka z kraterem na szczycie, w którym zgrupowane są komórki bakteryj. Wysokość stożka powiększa się z wiekiem osadu, przyczem wodorotlenek żelaza najsilniej gromadzi się w dalszym ciągu obok bakteryj po brzegach krateru, który też staje się głębszy w miarę jak stożek rośnie. Równocześnie rośnie kolonja bakteryjna raczej w kierunku pionowym, gdyż rozrastaniu się jej wszczek kładzie tamę silnie po bokach kolonji nagromadzony wodorotlenek żelaza. Większe powłoki żelaziste powstają przez zlewianie się pojedynczych kolonij, które naogół rozwijają się blisko siebie, na powierzchni tej samej nitki glonu. Starsze powłoki żelaziste, oglądane z boku, dają obrazy przedstawione na ryc. 44 w tekście i rys. 9 (Tabl. II). Na osadach wykształconych tylko z jednej strony nitki glonu, udaje się niekiedy zaobserwować głębokie kratery, zamykające się u szczytu. Pewna część kolonij w starszych osadach zostaje więc całkowicie pokryta wodorotlenkiem żelaza. Fakt ten stwierdziłem też, licząc kolonje widoczne przed rozpuszczeniem wodorotlenku żelaza i potem, po jego rozpuszczeniu w słabym kwasie solnym. Przy tej obserwacji kwas solny dopuszczany był stopniowo pod szkiełko nakrywkowe na stoliku mikroskopowym, tak że przez cały czas obraz nie znikał z pola widzenia. W ten sposób, przy pewności, że obserwuje się to samo miejsce,

można było stwierdzić większą ilość kolonij po rozpuszczeniu wodorotlenku żelaza, niż było ich tam widać przedtem. Z faktu tego wynika, że przynajmniej niektóre kolonje bakteryj pokrywają się całkowicie wodorotlenkiem żelaza (być

Ryc. 44.

Siderocapsa maior Molisch. Kolonja zbiorowa; po brzegach kolonje o galaretkce nierównomiernie wysyconej wodorotlenkiem żelaza, z prawej strony dwie kolonje młode z galaretką równomiernie wysyconą wodorotlenkiem Fe .
Napół schem.

Einige verschmolzene Kolonien. An den Seiten Kolonien mit ungleichmässig inkrustierter Gallerte, rechts zwei junge Kolonien mit regelmässiger Eisenhydroxyd-Inkrustierung. Halb. schemat.

może tylko w pewnych okresach). Na obserwowanym materiale nie spotkałem się jednak nigdy z tem, aby wszystkie kolonje były całkowicie przykryte, dzięki czemu osad żelazisty typu *Siderocapsa* nie traci nigdy swojego właściwego charakteru.

Oglądając starsze osady, można jeszcze zauważyć wtórnie osadzające się kolonje na ich powierzchni. Widać też jak od większych skupień odcinają się mniejsze grupki komórek bakteryj (Ryc. 45 w tekście), które prawdopodobnie porwane prądem wody, przenoszą się na inne miejsca, dając początek nowym kolonjom. Młode kolonje osadzają się rów-

Ryc. 45.

Siderocystis maior Molisch. Starsza zbiorowa kolonja w widoku bocznym. Głębokie kratery, częściowo zamykające się u szczytu. Napół schem.

Eine alte verschmolzene Kolonie, vom Profil gesehen. Tiefe, teilweise sich schliessende Krater. Halb. schemat.

nie dobrze na powierzchni starych osadów wodorotlenku żelaza i tam rosną, tworząc wtórne nawarstwienia, jak też i na innych, czystych jeszcze gałązkach glonów. Taka młoda kolonia przypuszczalnie zaraz otacza się wodorotlenkiem żelaza, gdyż mimo skrzętnych poszukiwań, kolonij zupełnie wolnych od żelazistych otoczek nie znalazłem.

Starsze osady wodorotlenku żelaza z licznymi, wtórnie osadzonemi kolonjami bakteryj, dają niekiedy obrazy (np. Ryc. 44 w tekście, rys. 7, Tabl. II), według których istotnie trudno pozbyć się wrażenia, że kolonie bakteryj nie są przypadkowo tylko, czysto mechanicznie, oblewane strąconym w jakiś sposób na powierzchni glonu wodorotlenkiem żelaza. Kolonie, leżące na brzegu większego skupienia, tkwią bowiem jakby w jego zatokach, przyczem galaretka ich od strony zewnętrznej jest bardzo słabo wysycona wodorotlenkiem żelaza, czasem ledwie żółtawa, natomiast od strony, która graniczy ze starszym osadem wodorotlenku Fe, jest silnie brunatna i zupełnie z nim zlane w jednolitą masę. Podobne kolonie zbiorowe rysował już Molisch (1910, tabl. I) i te obrazy głównie wpłynęły na to, że Choldny (1926), kwestjonował przynależność gatunków *Siderocapsa* do bakteryj żelazistych, twierdząc, że nieregularnie uformowany wodorotlenek żelaza naokoło kolonij bakteryj, wskazuje, iż są one nim mechanicznie oblewane, zaś ściślejszy związek między narastaniem wodorotlenku żelaza a kolonjami bakteryj nie istnieje. Jednakże, skoro wielokrotnie wykazywano, że związek między kolonjami bakteryj a wodorotlenkiem jednak istnieje (Redinger, Dorff, Naumann l. c.), skoro wreszcie kolonie bakteryj, osadzone nie na brzegu starego osadu żelazistego, ale na wolnej przestrzeni nitki glonu, zawsze otoczone są regularnym pierścieniem (Ryc. 43 i 44 z prawej strony w tekście, rys. 5, 6, Tabl. II), a także ponieważ nigdy nie znajdujemy na Chantransji innych jak tylko w związku z bakterjami *Siderocystis* i *Siderocapsa* pozostające osady wodorotlenku żelaza, należy obrazy powyższe, wbrew intencjom Choldnego inaczej interpretować.

W miejscu, gdzie młoda kolonia styka się z osadem żelazistym starszej, wysyca się silniej i szybciej wodorotlenkiem żelaza, aniżeli w innem miejscu. Przyczyną tego będzie prawdopodobnie to samo, co jest przyczyną, że np. starsze pochw

bakteryj żelazistych, już po śmierci tych bakteryj, ciągle jeszcze narastają, gdyż nagromadzony już wodorotlenek żelaza działa niejako przyciągająco na nowe jego ilości, które, nawet w zwykłych warunkach łatwo wytrącają się z wody. Znaną jest rzeczą, że rozpuszczony w wodzie dwuwęglan żelaza jest związkiem nietrwałym i po stracie CO_2 strąca się jako koloidalny wodorotlenek Fe, gromadząc się przedewszystkiem dookoła drobnych pyłków i ziarenek, stanowiących dla niego centra koagulacyjne. W naszym wypadku więc takimi centrami koagulacyjnymi będą istniejące już ziarenka wodorotlenku żelaza z jednej strony kolonji (jeżeli ta przytyka do otoczki żelazistej starszej kolonji), i tam też tworzenie się otoczki żelazistej będzie szło szybciej, niż w tej stronie gdzie jest tylko czysta galaretka. W ten sposób możnaby tłumaczyć powstawanie otoczek nierównomiernie grubych, nie zawierających wszędzie jednakowych ilości wodorotlenku żelaza. Zawsze regularne otoczki wytwarza natomiast kolonja, która osadza się osobno na nitce glonu, i siłę przyciągającą dla wodorotlenku Fe stanowić będzie tylko jej czysta pierwotnie galaretka.

Dla osadów żelazistych typu *Siderocapsa* występujących na *Chantransia chalybaea* jest jeszcze charakterystyczne to, że chociaż rozrastają się one silnie na boki, na wysokość nie dochodzą nigdy większych rozmiarów, gdyż przeszkadza temu złuszczenie się ich górnych warstw. Trudno powiedzieć na podstawie ogólnych obserwacji, co jest przyczyną tego złuszczenia się. Być może, działają tu same rosnące kolonje bakteryj, które jak wyżej wspomniano, zostają niekiedy całkowicie pokryte wodorotlenkiem żelaza, jednak przy intensywnym wzroście mogą zrzucić z siebie tą górną powłokę. Możnaby to traktować jako samoobronę żywego organizmu przed zamknięciem w martwej skorupie, utrudniającej przemianę materji. Odpadające przy złuszczeniu się porcje wodorotlenku żelaza, zawierają też drobne grudki śluzu z komórkami bakteryj, a więc złuszczenie się może też mieć znaczenie dla rozprzestrzeniania się bakteryj. Całkowitego złuszczenia się aż do powierzchni nitki glonu nigdy nie obserwowałem. Wodorotlenek żelaza jest tu nawet, jak się zdaje, bardzo silnie zlepiony z powierzchnią glonu, gdyż nie można go usunąć przez wygniatanie pod szkiełkiem nakrywkowym.

ZUSAMMENFASSUNG.

Verfasser hat an einigen Standorten in den Bächen der Westkarpathen, und im Pokrzywianka-Fluss bei Włochy im polnischen Mittelgebirge, reichliche Überzüge von Eisenhydroxyd auf Ästchen der Rotalge *Chantransia chalybaea* Fries. bemerkt. Diese Rotalge tritt gemein an beschatteten Stellen schnell fliessender Bäche, wo sie rasenartige Überzüge auf Steinen bildet, auf. Solche mit Eisenhydroxydüberzügen sind jedoch selten und aus der Literatur nicht besonders bekannt. Die Standorte beobachtend, stellt Verfasser fest, dass die Rasen von *Chantransia* mit Eisenhydroxydablagerungen nur ausschliesslich dort auftreten, wo neben dem Bachbett sich Quellen, oder öfters, eisenhaltige Sümpfe befinden, was man wiederum an dem reichen Auftreten der Eisenbakterien: *Lep-tothrix ochracea* und *Gallionella ferruginea*, erkennen kann. Von anderen mit Eisenhydroxyd inkrustierten Algen traten an den beobachteten Standorten *Spirogyra arcta* (Ag) Kütz., *Mougeotia* sp. und *Tribonema* sp. in den Abflüssen von Quellen, und *Cladophora glomerata* Kütz. in Bächen auf. Von diesen Algen besaßen grössere Eisenhydroxydablagerungen nur *Tribonema* und *Cladophora*, andere dagegen besaßen schwächere Inkrustationen.

Algen mit Eisenhydroxydablagerungen sind eine ziemlich oft vorkommende Erscheinung, bis jetzt sind an 100 Arten bekannt (Dorff 1934). Von Eisenhydroxyd speichernden Rotalgen sind 2 Arten der Gattung *Batrachospermum* und eine *Nemalion* (im Meer) bekannt. Diese Algen rechnet man zu den sog. „Eisenorganismen“ (Naumann 1921, 1928), welche ohne Zweifel eine grosse Rolle im Ausfällen des im Wasser gelösten Eisens spielen, ohne das uns jedoch bekannt wäre, in welchem Grade dieser Prozess für die Algen von Bedeutung ist. Auch die Ursache, weshalb sich Eisenablagerungen an der Oberfläche von Algenzellen bilden, ist nicht in allen Fällen bekannt. In vielen Fällen hat man in den Ablagerungen Eisenbakterien festgestellt und diese bilden dann den Grund der Entstehung von Eiseninkrustationen.

Die Eisenablagerungen auf den Ästchen von *Chantransia chalybaea* entstehen ebenfalls unter dem Einfluss von Eisenbakterien, nämlich von *Siderocystis confervarum* (Chol.) Naum. und *Siderocapsa maior* Molisch. Im Zusammenhang mit dem

Auftreten dieser oder jener Art, haben die Ablagerungen ein verschiedenes Aussehen. Verfasser unterscheidet also Eisenablagerungen nach dem *Siderocystis*- und dem *Siderocapsa*-Typus.

Den *Siderocystis*-Typus charakterisieren knollenartige Eisenhydroxydablagerungen, welche muffenartig die Algenästchen umwachsen (*Psichohormia*). Inmitten der Ablagerungen befinden sich in unregelmässigen Abständen Bakterien von etwas elliptischer Gestalt, 0,6 — 0,8 μ gross. Die Gestalt der *Psichohormien* auf *Chantransia* ist etwas anders als auf *Tribonema*, sie sind nämlich flacher und länger (Fig. 42 im Text). Ihre Farbe ist verschieden, des öfteren rostbraun, sogar olivenbraun, selten heller, rostrot. Junge Stadien der Ablagerungen dieses Typus bemerkt man in Gestalt kleiner Flecken, die regelmässig an den Zellgrenzen verteilt sind. Bei noch jungen Kolonien ist die Gallerte, welche die Bakterien umhüllt, hell, schwach gelblich; die Zellen der Bakterien haben eine dunklere Hülle und sind manchmal, sogar ohne Anwendung von Farbstoffen, sichtbar. Schon in ganz jungen Stadien umwachsen die Kolonien in Gestalt eines Ringes die Äste der Algen. Man trifft geschlossene Ringe, welche aber nur gewisse rostbraune Partien besitzen, der Rest ist hellgelb oder sogar farblos. Solche Ringe färben sich aber bei Anwendung von $K_4 Fe Cy_6 + HCl$ immer ganz, in allen Partien, blau. Ältere *Psichohormien* haben eine rauhe, mit Warzen bedeckte Oberfläche und zerfallen leicht (z. B. bei Herstellung von Präparaten).

Die *Psichohormien* sowie die sie bildenden Bakterien, die auf *Chantransia* auftreten, besitzen die Eigenschaften, welche in Tabelle 1 von Dorff (1934. S. 15) angegeben sind, der eine Zusammenstellung der bis heute bekannten Formen der Art *Siderocystis confervarum* (Chol.) Naum. gibt; mit dem Vorbehalt jedoch, dass die Bakterien-Zellen nie „perlschnurartig“, sondern „zerstreut“ auftreten.

Ablagerungen nach dem *Siderocapsa*-Typus (Fig. 43—45 im Text, Fig. 3—9. Taf. II) treten öfter auf *Chantransia*-Ästchen als die oben beschriebenen Ablagerungen auf. Die Eisenablagerungen dieses Typus haben ein sehr charakteristisches Aussehen so, dass es leicht ist, sie von den *Psichohormien* des *Siderocystis*-Typus zu unterscheiden. Die Bakterien, welche kugelige mit Gallerte umgebene Kolonien bilden, entsprechen

am meisten bezüglich der Zellenausmasse und ihrer Anzahl in der Kolonie, der Art *Siderocapsa maior* Molisch. Zu bemerken wäre, dass sie sich gut mit J+KJ, Gentiana, Fuchsin und Methylenblau färben. Das Eisenhydroxyd imprägniert nur seitlich die Gallerte der Kolonie, so dass in der Mitte ein freies farbloses Feld bleibt, in welchem zusammengehäufte Bakterienzellen sichtbar sind (Fig. 43 u. a.).

Verfasser hat auf den *Chantransia*-Ästchen Kolonien verschiedenen Alters, einzeln oder verschmolzen, beobachtet. Die jüngsten Kolonien enthielten 6—8 (alte bis 100) Bakterien in der Gallerte, welche erst ganz schwach mit Eisenhydroxyd imprägniert und somit nur schwach gelblich war. Solche Kolonien geben aber mit $K_4FeCy_6 + HCl$ gute, sehr intensive Blaufärbung, dabei färbt sich nicht nur die Gallerte, sondern selbst die Bakterienzellen. Alte Kolonien haben eine intensive braune Eisenhydroxydhülle, die die grösste Dicke in der Nachbarschaft der Bakterien besitzt. Von der Seite gesehen, haben die Kolonien mit Eisenhydroxydgallerte die Gestalt eines Kegels mit einem Krater auf dem Gipfel, in welchem die Bakterien liegen. Durch Zusammenfliessen der einzelnen Gallert-hüllen nahe beieinander liegender Kolonien bilden sich meist grosse, oft durchlöcherzte, röhrenartige Gebilde.

An dickeren Eisenablagerungen kann man bemerken, wie die tiefsten Krater, in welchen Bakterien sich befinden, sich von oben schliessen, wodurch manche Bakterienkolonien mit einer undurchsichtigen Masse von Eisenhydroxyd bedeckt werden. Nie hat Verfasser jedoch bemerkt, dass alle Kolonien auf solche Art von oben bedeckt wären, sodass die Eisenhydroxydablagerungen des *Siderocapsa*-Typus nie ihren ihnen eigentümlichen Charakter verlieren. An den Bakterienkolonien, vom Profil beobachtend, bemerkt man manchmal kleine Bakterienzellgruppen, die sich von der Kolonie absondern. Diese Zellgruppen bilden wohl, vom Strom mitgerissen und auf andere Stellen verpflanzt, den Keim neuer Kolonien. Die jungen Kolonien befestigen sich so gut auf Algenfäden wie auf alten Eisenhydroxydablagerungen. Die jungen Kolonien, die sich am Rande alter niederlassen, haben auf der Seite, die der alten Kolonie zugekehrt ist, stärkere Eisenhydroxydablagerungen. Die Ablagerung von Eisenhydroxyd geht also von dieser Seite aus schneller von statten.

Die Kolonien des *Siderocapsa*-Typus wachsen stark nach den Seiten hin, da sich an ihren Rändern immer wieder neue Bakterienkolonien befestigen, dagegen wird durch Abfallen oder auch durch Schälen der oberen Partien das Erlangen einer erheblichen Dicke der Ablagerungen verhindert. Es wurde jedoch nie ein vollkommenes Abschälen der Ablagerungen bis zur Algenzelle beobachtet.

Fischereibiologisches Institut d. J. Univ. in Kraków.

LITERATURA.

- Cholodny N. Über die Eisenbakterien und ihre Beziehungen zu den Algen. Ber. d. D. B. Ges. 40. 1922. S. 326.
- „ Die Eisenbakterien. Pflanzenforschung. H. 4. Jena. 1926.
- „ Beobachtungen über die Mikroflora der Eisen und Schwefelgewässer des Kaukasus. Mem. de la Classe d. Sc. Phys-Mathém. de l'Acad. des. Sc. Ukraine, 10. 1928.
- „ Beiträge zur Oekologie der Eisenbakterien und zur Frage nach der Biochemischen Entstehung einiger Eisenerze l. c. 10. 1928.
- „ Über sogenannte Eisenorganismen und die Naumannschen Methoden der Eisenbakterienforschung. Ber. d. D. Bot. Ges. 46. 1928. S. 317—323.
- „ Kritische Bemerkungen über die Eisenbakterien. Beih. zum Bot. Centralbl. I. Abt. 48. 1931 S. 391.
- Dorff P. Die Eisenorganismen. Pflanzenforschung, Heft. 16. Jena, 1934.
- Gajdukow N. Über die Eisenalge *Conferva* und die Eisenorganismen des Süßwassers im allgemeinen. Ber. d. D. Bot. Ges. 23. 1905. S. 250.
- Hanstein J. Ueber eine mit Eisenoxydhydrat umkleidete Konferva. Sitzber. d. niederrhein. Ges. Bonn. 35. 1878.
- Höfler K. Über Eisengehalt und lokale Eisenspeicherung in der Zellwand der Desmidiaceen. Sitzber. d. Akad. Wiss. Wien. Math. Natur. Kl. Abt. I. 135. 1926. S. 903.
- Krämer H. J. Grundlagen für die Beurteilung der Wirkungen ausgeflockten Eisenhydroxyds auf Flora und Fauna natürlicher fließender Gewässer. Zeitschr. f. Unters. Nahrungs und Genussmittel. 47. 1924. S. 148.
- Lönnnerblad G. Zur Kenntnis der Eisenausfällung der Pflanzen. Bot. Notiser. 1933. S. 402.
- Lundquist G. Über die Roströhrenbildung bei *Batrachospermum vagum* und ihr Verhältnis zu den Schlammablagerungen. Bot. Notiser. 1923. S. 285.
- Molisch H. Über die Fällung des Eisens durch das Licht und grüne Wasserpflanzen. Sitzber d. K. Akad. Wiss. Wien. Abt. I. 119. 1910. S. 959.
- „ Die Eisenbakterien. Jena, Fischer. 1910. (b).
- „ Botanische Beobachtungen in Japan. Science Report of the Tohoku Imp. Univ. 1. Nr. 2. Ser. 4. Biol. 1925. S. 135.

- Molisch H. Pflanzenbiologie in Japan. Jena, Fischer. 1926.
- „ Die Pflanze in ihren Beziehungen zum Eisen Jena, Fischer. 1892.
- Naumann E. On en ar *Trachelomonas volcocina* Ehrb. förosakad vegetationsfärguing. Bot. Notiser. 1911. S. 245.
- „ Eine einfache Methode zum Nachweis bzw. Einsammeln der Eisenbakterien. Ber. d. D. Bot. Ges. 37. 1919. S. 76.
- „ Notizen zur Biologie der Süßwasseralgen I. Arkiv f. Bot. 16. 1921. S. 1.
- „ Notizen zur Systematik der Süßwasseralgen. I. c. 16. 1921.
- „ Untersuchungen über die Eisenorganismen Schwedens I. Die Erscheinungen der Sideroplastie in den Gewässern des Teichgebiets Aneboda. Kungl. Svenska Vetenskapsakadem. Handlingar. 62. Nr. 4. Stockholm. 1921.
- „ Notizen zur Biologie der Süßwasseralgen II. Arkiv I. Bot. 19. 1924.
- „ Siderogone Organismen und die Bildung von Seenerz. Einige Grundlinien der Fragestellung. Ber. d. D. Bot. Ges. 46. 1928. S. 141.
- „ Über den Begriff „Eisenorganismus“. Ber. d. D. Bot. Ges. 46. 1928. S. 135.
- „ Streitfragen der Eisenbakterienforschung. Zbl. Bakt. Abt. II. 1929. 78. S. 380.
- „ Über morphologisch bzw. physiologisch bestimmbare Eisenbakterien. Ber. d. D. Bot. Ges. 47. 1929. S. 262.
- „ Die Eisenorganismen. Einige Grundlinien der limnologischen Fragestellung. Int. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrograph. 24. 1930. S. 81.
- „ und Sjöstedt G. Über eine Lagynion-Siderocapsa-artige Struktur in marinen Aufwuchs vom Öresund. Lunds Univ. Arsskrift. N. F. Avd. 2. 19. 1923.
- Namysłowski B. Studja hydrobiologiczne I. Poznańskie Tow. Przyj. Nauk. Ser. B. 1. 1921. S. 1—31.
- Pákh E. Die Eisenbakterien Ungarns. Folia Cryptogamica. 1926. S. 201.
- Redinger K. *Siderocapsa coronata* Red. eine neue Eisenbakterie aus dem Lunzer Obersee. Arch. f. Hydrobiol. 22. 1931. 410.
- Steinecke Fr. Ueber Beziehungen zwischen Färbung und Assimilation bei einigen Süßwasseralgen. Bot. Arch. 4. 1924. S. 217.
- „ Limonitbildende Algen der Neide Flachmoore. Bot. Arch. 4. 1923. S. 403.
- Suessenguth K. Über die Eiseninkrustation von *Golenkinia radiata* Chodat. Kryptog. Forsch. Heft. 7, 1926.
- Sjöstedt G. Über die Ausfällung des Eisens durch die Meeresalgen an den Küsten von Schonen. Bot. Notiser. 1921.
- Turowska I. Badania nad warunkami życia bakterij żelazistych. Rozpr. Akad. Um. Kraków. 69. Dział B. 1929.
- „ Sporne problemy w biologji bakterij żelazistych i siarczanych. Kosmos B. 54. 1929. S. 517.

- Uspenski E. E. Eisen als Faktor für die Verbreitung niederer Wasserpflanzen. Pflanzenforschung, Heft 9. Jena 1927.
- Winogradsky S. N. Über Eisenbakterien. Bot. Zeit. 1888.
- „ Eisenbakterien als Anorgoxydanten. Zbl. f. Bakt. Abt. II: 57. 1922. S. 1.

OBJAŚNIENIE TABLICY II.

- Rys. 1. Osady żelaziste na gałązkach *Chantransia chalybaea* Fries. a. *Siderocystis confervarum* (Chol.) Naum. b. Typ mieszany *Siderocystis* — *Siderocapsa*. c. *Siderocapsa maior* Molisch. 400 ×.
- 2. Bakterje *Siderocystis confervarum* widoczne po rozpuszczeniu wodorotlenku żelaza w 20% HCl. 900 ×.
- 3. *Siderocapsa maior*. Liczne kolonje otaczające dookoła gałązkę krasnorosta *Chantransia chalybaea*. 400 ×.
- 4. T. s. przy silnem powiększeniu. 1000 ×.
- 5. Pojedyncza kolonja *Siderocapsa maior* widziana z boku. 700 ×.
- 6. T. s. widziane z góry. 700 ×.
- 7. Kolonje *Siderocapsa maior* otoczone wodorotlenkiem żelaza. 700 ×.
- 8. Kolonje bakteryj *Siderocapsa maior*, po rozpuszczeniu wodorotlenku żelaza. 1000 ×.
- 9. Jednostronnie wykształcony osad wodorotlenku żelaza w widoku bocznym. 700 ×.

TAFEL-ERKLÄRUNG.

- Fig. 1. Eisenhydroxydablagerung auf *Chantransia chalybaea* Fries. a. *Siderocystis confervarum* (Chol.) Naum. b. *Siderocystis* — *Siderocapsa*. c. *Siderocapsa maior* Molisch. 400 ×.
- 2. *Siderocystis confervarum*. Bakterien nach Behandlung mit 20% HCl. 900 ×.
- 3. *Siderocapsa maior*. Zahlreiche Kolonien auf *Chantransia chalybaea*. 400 ×.
- 4. Dieselbe. 1000 ×.
- 5. Einzelne *Siderocapsa maior* — Kolonie im Profil. 700 ×.
- 6. D. s. von oben. 700 ×.
- 7. Kolonie von *Siderocapsa maior* eingehüllt in $Fe(OH)_3$. 700 ×.
- 8. Dieselbe Kolonie nach Auflösung des Eisenhydroxyds. 1000 ×.
- 9. Einseitige Eisenhydroxydablagerung auf einem *Chantransia*-Ästchen, von der Seite gesehen. 700 ×.