O zakwicie neustonowym w jednym ze stawków Rybackiej Stacji Doświadczalnej U. J. w Mydlnikach pod Krakowem

*Über einen Fall der Neustonfärbung in einem Teiche
der Fischereiversuchsstation in Mydlniki bei Kraków*

Napisał

Karol Starmach

(Wpłynęło do redakcji 26 maja 1939 — Eingegangen am 26. Mai 1939)

(Z tablicą VIII — Mit der Tafel VIII)

WSTĘP

Neuston stanowi zespół mikroorganizmów zamieszkujących samą powierzchnię wody (Naumann 1917). Warstewka wody granicząca z powietrzem posiada wskutek ciśnienia atmosferycznego z jednej strony i działania siły spójności między cząsteczkami leżącej poniżej cieczy z drugiej strony dość znaczne napięcie powierzchniowe. Napięcie to powoduje znów wytworzenie się jakby delikatnej elastycznej błonki stawiającej pewien opór przy jej przebijaniu lub rozrywaniu. Napięcie tej pozornej błonki, czyli ogólnie mówiąc, napięcie powierzchniowe wykorzystują niektóre owady biegające po powierzchni wody np. nartniki (*Hydrometra*), wisi na niej jakby na suficie drobny skorupiak *Scapholeberis*, spacerują po niej od strony wody wypławki (*Dendrocoelum*) i niektóre ślimaki (np. błotniarka — *Limnea*). Tę powierzchnię warstewkę wody zamieszkuje też osobne zgrupowanie mikroorganizmów tworzących również błoniaste i dość zwarte skupienia, a niekiedy w czasie zakwitu jednolite powłoki barwiące powierzchnię wody na kolor zielony, brunatny, fioletowy lub złoty, mieniające się nieraz barwami tęczy. Ruchliwa powierzchnia wody większych stawów i jezior, marszczona w liczne fale pod wpływem wiatru, nie sprzyja oczywiście tworzeniu się błonek neustonowych. Toteż spotyka się je najczęściej w małych osłoniętych od wiatru stawkach i kałużach, w cichych zatokach większych

stawów i jezior lub też tylko we wczesnych godzinach porannych, gdy powierzchnia wody jest względnie najspokojniejsza.

Neuston pozostaje w dużym związku z planktonem czyli zgrupowaniem organizmów roślinnych i zwierzęcych unoszących się w wolnej przestrzeni wody. Wraz z planktonem wchodzi on też w skład sestonu. Przypomnę, że tą nazwą oznaczamy wszystko, co nie jest w wodzie rozpuszczone, a więc całą zawiesinę, którą da się odfiltrować lub odciedzić przez siatkę (Kolkwitz 1912). Martwe składniki sestonu obejmuje się nazwą „detrytus“ lub „trypton“, żywe składniki to to właśnie plankton i neuston. Naumann (1923), twórca pojęcia neuston, nazywa jednak martwe składniki neuston neustonowym detrytusem lub neustotryptonem dla odróżnienia ich od detrytusu lub tryptonu planktonowego. Pozycja więc neuston w formacji sestonowej stanowiącej stałą zawiesinę w wodach przedstawia się w następujący sposób:

Seston (Kolkwitz 1912) obejmuje następujące składowe:

plankton (Hensen 1887),
detrytus planktonowy lub plankto-trypton,
neuston (Naumann 1917)
detrytus neustonowy lub neusto-trypton.

Chociaż organizmy neustonowe w wielu wypadkach przebywają czasowo w planktonie, to jednak, jak wykazują zgodne obserwacje różnych autorów, stanowią odrębne od planktonu zbiorowisko, zdolne do masowego rozwoju jedynie na powierzchni wody.

Neuston dzielimy dalej:

ze względu na skład: na fito- i zooneuston;

ze względu na wielkość składników: na mezo-, mikro-, nanno- i ultraneuston;

ze względu na występowanie: na hali- i limnoneuston.

Limnoneuston czyli neuston wód słodkich dzieli się znów na:

eulimnoneuston czyli neuston jezior,

heleoneuston czyli neuston stawów,

telmatoneuston czyli neuston występujący w kałużach i małych zbiornikach przypadkiem nagromadzonej wody,

krenoneuston czyli neuston źródeł,

potamoneuston czyli neuston rzek.

W czasie bezwietrznej pogody powstają w niektórych zbiornikach wodnych zakwity neustonowe. Powierzchnia wody pokrywa się wtedy prawie jednolitą błonką mieniającą się różnymi barwami. W mniejszych stawach i kałużach błonka ta pokrywa całą powierzchnię wody, w większych tylko partie przybrzeżne lub spokojne zatoki. Ilość komórek przypadająca na jednostkę powierzchni w czasie zakwitu jest niekiedy olbrzymia. Naumann (1917) podaje, że w czasie zakwitu *Euglena sanguinea* występuje w ilości blisko 400 komórek na 1 mm², zaś drobna *Chlorella*, o komórkach posiadających 5 μ średnicy, występuje w ilości 40.000 komórek na 1 mm². (Ryłow 1925) naliczył w jednym wypadku 23.000 komórek *Chromulina Rosanoffii* na 1 mm² w czasie zakwitu. Zakwity neustonowe są zawsze doskonale widoczne dzięki temu, że stanowią nagromadzenie komórek na samej powierzchni wody. Jednakże masą wyprodukowanych komórek ustępują znacznie zakwitom planktonowym, w czasie których komórki „kwitną-

cego“ glonu wypełniają zawsze znaczną objętość wody i stąd masa całego planktonu jest ogromna. Zakwity neustonowe nie odbywają się też równolegle z planktonowymi; zależne są więc od innych czynników niż planktonowe. Obserwowano je przeważnie w lecie i to nie tylko w bogatych w pokarmy zbiornikach eutroficznych ale i w ubogich zbiornikach oligotroficznych. Zakwity neustonowe więc nie są takim wskaźnikiem produktywności jak zakwity planktonowe. Powstawanie ich, przebieg jak i skład są do tej pory jeszcze mało zbadane.

Z prac dotyczących specjalnie neustonu wymienić należy prace Naumanna (1917, 1924), Ryłowa (1925, 1926) i ew. Härdtla (1935). Naumann (1917) opisał zakwit neustonowy z *Euglena sanguinea*, który obserwował kilkakrotnie w stawach obszaru Aneboda w pld. Szwecji. Błonka zakwitu jest złożona prawie stale z jednej warstwy komórek, których przypada na 1 mm² przeciętnie 375. Jest to więc prawie czysta kultura z minimalną ilością gatunków towarzyszących, gdyż teoretycznie, licząc według rozmiarów komórek eugleny, mogło by ich zmieścić się na 1 mm² najwyżej 400. Zakwit miał barwę czerwoną w odcieniach jasnym aż do brunatnoczerwonego. Interesująca jest obserwacja, że *Euglena* w czasie zakwitu jest nieruchoma, zwinięta w kulę, występuje więc jakby w stadium palmelli, natomiast gdy zaczyna padać deszcz lub też przy silniejszym wstrząsie budzi się i zaczyna się poruszać. W innej swej pracy opisuje Naumann (1924) zakwity wiciowca *Chromulina Rosanoffii* występujące w leśnych kałużach w górzystym terenie pld. Szwecji. Zakwity tego wiciowca były już od dawna znane wielu przyrodnikom dzięki zło-cistemu odbłaskowi, jaki da się łatwo zauważyć na powierzchni wody w czasie zakwitu. Powstawanie tego odbłasku studiował Molisch (1901) dając zarazem krótki opis samego zakwitu. Odblask ten powstaje według Molischa w ten sposób, że skośnie padające promienie świetlne odbijają się od złotożółtego półkulistego chromatoforu zajmującego większą część komórki unoszącej się na powierzchni wody. Jest on też najsilniejszy, gdy ogląda się zakwit nieco z boku. Ryłow (1925) obserwował przez dłuższy czas również zakwit z *Chromulina Rosanoffii* w okolicach Petersburga. Analizując skład tego zakwitu i stosunki ilościowe stwierdził, że maksymalna ilość komórek *Chromulina* wynosiła do 23.000 na 1 mm². Jako towarzyszące gatunki występowały w znaczniejszej ilości: *Leptothrix ochracea* (1800 nici na 1 mm²) i *Chlamydomonas sp.* (do 2600 komórek na 1 mm²). Obok tego wraz z maksymalnym rozwojem neustonów pojawiają się w nim organizmy żyjące normalnie w szlamie dna, jak np. *Rhizopoda* i *Ciliata*. W drugiej pracy podaje Ryłow (1926) trzy inne wypadki zakwitów neustonowych z tego samego terenu. W jednym wypadku, w małym stawie o wymiarach 50×15 m,

wystąpił w neustonie masowo *Chlamydomonas globulosa* osiągając w dniu 20 VII około 2700 komórek na 1 mm². W drugim wypadku, w małym stawie ogrodowym, wystąpiły w neustonie stadia przetrwalne nieoznaczonego bliżej gatunku *Chlamydomonas* w ilości około 7000 do 7700 na 1 mm². Obok przetrwalników gatunku *Chlamydomonas* występowały tam też skupienia cyst *Trachelomonas volvocina* tworząc brunatne wysepki na jasnozielonym tle zakwitu. Był to więc zakwit o charakterze mozaikowym złożony z dwóch gatunków. W trzecim opisanym przez Ryłowa wypadku zakwit spowodowany był masowym pojawem w neustonie gatunków: *Chlamydomonas Ehrenbergii*, *Chromulina Rosanoffii*, *Chlamydothrix (Leptothrix) ochracea*. Zakwit miał barwę szarozieloną, *Chromulina Rosanoffii* pojawiła się w postaci cyst.

Neustonowi specjalną pracę poświęca też Härdtl (1935). Autor ten spotkał zakwit neustonowy w małym stawie wywołany masowym pojawem gatunku *Euglena heliorubescens* Härdtl, nowo opisanego z tego właśnie materiału. Zachowanie się tej eugleny w neustonie jest bardzo charakterystyczne. Z chwilą gdy znajdzie się na powierzchni wody, komórki jej tracą witkę i otaczają się śluzem. W tej postaci masy komórek zlepiają się ze sobą tworząc zwartą powłokę na powierzchni wody. W dzień są one czerwone i stąd zakwit jest prawie krwistoczerwony, natomiast w nocy hematochrom przemieszcza się z powierzchni do środka komórek, skutkiem czego stają się zielone. Zakwit z *Euglena heliorubescens* utrzymywał się w postaci mniej lub więcej zwartego kożucha na powierzchni stawu przez kilka tygodni.

Obok prac dotyczących specjalnie neuston, wzmianki o tej bardzo interesującej formacji spotyka się tu i ówdzie wśród prac planktonowych i w ogóle algologicznych. Wielokrotnie wspomina o neustonie w swych licznych pracach Naumann a także Dorff (1934) przy opisie tzw. organizmów żelazistych. Bakterie żelaziste tworzą bowiem dość często zakwity w neustonie.

Metodyka

Metodyka badań neuston musi być z konieczności odmienna niż w badaniach planktonu. Siatka planktonowa nie nadaje się do łowienia neuston złożonego częstokroć z bardzo drobnych komórek glonów przeciekających często nawet przez gęstą materię; z materiału zebranego siatką nie można też zwykle odcyfrować właściwego składu i ułożenia komórek w błonce neustonowej. W połowach siatką występuje też prawie zawsze pewna ilość planktonu z górnych warstw wody, przez co obraz właściwego neuston zacierza się. Do badań neuston należy więc zebrać ostrożnie samą błonkę z powierzchni wody do odpo-

wiedniego naczynia lub najlepiej wprost na szkiełko nakrywkowe lub do komory Kolkwitza. Ryłow używa małych pierścieni z drutu, który przykładą do powierzchni błonki neustonowej. Błonna ta napina się łatwo na pierścieniu i można ją następnie podnieść i badać pod mikroskopem ew. położywszy przedtem na szkiełko. Ryłow (1926) zestawiał nawet całe urządzenie do badania neuston, zresztą bardzo proste, składające się z kilku drucianych pierścieni o różnych wymiarach, szkiełek nakrywkowych i podstawowych, pipety, odczynników itd. Najprostszy jednak sposób to zbieranie próbek neuston wprost na szkiełko nakrywkowe, o ile warunki na to pozwalają, badanie ich na żywo lub konserwowanie w parach kwasu osmowego lub nawet w formalinie czy w płynie Lugola (J + KJ). Dotykając szkiełkiem nakrywkowym powierzchni błonki neuston podnosi się z łatwością jej fragment w całości, gdyż błonna przylepia się do szkiełka. W preparacie w ten sposób uzyskanym mamy dobry obraz naturalnego ułożenia poszczególnych składników neuston obok siebie. Składniki te możemy następnie przeliczyć podając ich ilość na 1 mm², gdyż leżą one z reguły płasko obok siebie. Liczenie można też przeprowadzić przy pomocy fotografii sporządzonej uprzednio z preparatu błonki neustonowej, co bardzo zaleca Naumann (1917, 1923).

Zakwit bakterii żelazistej *Siderocapsa maior* w neustonie w stawku „pod Bocianem“

Staw „pod Bocianem” znajduje się na terenie Rybackiej Stacji Doświadczałnej w Mydlnikach pod Krakowem. Jest to stary zaniedbany staw położony obok młyna uniwersyteckiego, wielkości ok. 3300 m², od szeregu lat nie spuszczały, zarosły przy brzegu pasem tataraku (*Acorus calamus*), wyspami trzciny (*Phragmites communis*), kępami skrzypów (*Equisetum limosum*) i turzyc (*Carex*), ponadto różnymi gatunkami wrzeczników (*Potamogeton*), moczarką (*Elodea canadensis*), wywłócznikiem (*Myriophyllum spicatum*) i niektórymi innymi. Na powierzchni wody pływa żabiściek (*Hydrocharis morsus ranae*) i rzęsa drobna (*Lemna minor*), miejscami występuje też dość obficie rzęsa trójrowkowa (*Lemna trisulca*). Wśród roślin wodnych rozwijają się płaty glonów nitkowatych jak *Cladophora fracta*, *Spirogyra* sp. i *Zygnema* sp. oraz darniste skupienia *Vaucheria* sp. Na pędach trzciny i skrzypów rośnie wiosną *Stigeoclonium* sp., latem zaś i jesienią nitkowate glony należące do *Oedogoniales* (*Oedogonium* i *Bulbochaete*) oraz cała masa drobnych epifitów, wśród których *Heterocontae* zajmują poczesne miejsce. Maksimum wegetacji glonów wypada na początku jesieni. Późną jesienią i w zimie pokrywają masowo zarówno nitki glonów jak i pędy roślin wyższych zanurzonych w wodzie liczne okrzemki. Wszystkie rośliny podwodne przybierają wtedy charakterystyczną brunatną barwę. W ciągu zimy zamierają bujnie rozwinięte skupienia glonów nitkowatych i roślin

podwodnych wraz z ich epifitami. Wiosną po zejściu lodu niewiele już widzi się żywych zielenic i okrzemek, natomiast pojawiają się sinice, szczególnie gatunki epifityczne z rzędu *Chamaesiphonales* (*Dermocarpa*, *Chamaesiphon* i *Clastidium*) oraz liczne wiciowce przeważnie bezbarwne. Częste są też *Heliozoa*, *Ciliata* i osiadłe *Rotatoria*. Dno stawu zaściela masa gnijących roślin poprząsykana białymi pajęczynowatymi skupieniami bakterii siarczanych przeważnie *Beggiatoa arachnoidea*, po poruszeniu zaś tej gnijącej masy odkrywa się czarny szlam cuchnący siarkowodorem, wśród niego zaś całe gniazda czerwonych bakterii siarczanych szczególnie gatunku *Lamprocystis roseo-persicina*. Jednakże na całej tej gnijącej masie zaraz po zejściu lodu zielenią się nowe pędy roślin podwodnych rozwijających się z zimowych pączków oraz naloty glonów, szczególnie skrętnicy (*Spirogyra*) i gwiazdnicy (*Zygnema*), tudzież epifitycznych gatunków *Stigeoclonium*. Zanieczyszczenie więc dna stawu gnijącą masą roślinną nie tamuje bynajmniej rozwoju nowej roślinności wyższej ani też glonów.

Właśnie pod koniec zimy (25 II 1939), gdy jeszcze miejscami pływały kawałki lodu, zauważyłem po raz pierwszy brunatny nalot na powierzchni wody mieniający się niebieskawo i czerwono przy oglądaniu go z boku i nieco pod światło. Nalot, jak się następnie okazało, złożony był z licznych kolonii bakterii żelazistej *Siderocapsa maior* występującej w postaci zwartego delikatnego kożuszka wyłącznie tylko na samej powierzchni wody. Był to więc typowy zakwit neustonów złożony prawie wyłącznie z kolonii wspomnianej bakterii z niewielką tylko domieszką innych gatunków. Najbardziej zwarte powłoki zakwitu widać było w kątach stawu oraz wśród sterzących nad wodę pędów zeschłych trzcin. Sięgały one jednak także daleko w środek stawu pokrywając cieniutką błonką zwierciadło wody. Po zakłóceniu wody skorupka neustonowa pękała i pokazywała się czysta powierzchnia wody. Wnet jednak brzegi pękniętej błonki zsuwały się z powrotem, lub też wepchnięte pod powierzchnię kolonie bakterii wypływały na wierzch tworząc nową zwartą brunatną powłokę, choć już nie tak równą i gładką jak przedtem.

Zakwit utrzymywał się prawie przez trzy tygodnie trzymając się jednakże przeważnie brzegów stawu. W ostatnich dniach miał już odcień zielonkawobrunatny i miejscami, zwłaszcza tuż przy brzegu lub dookoła sterzących pędów starych trzcin, pojawiały się ciemnozielone plamy będące skupieniami masowo kielkujących w nitki zoospor *Vaucheria*. Zakwit znikł po silniejszym deszczu. Ale jeszcze w pierwszych dniach kwietnia ślady jego widoczne były

tu i ówdzie pomiędzy przybrzeżnymi roślinami w postaci nieobszernych ale ciągle jeszcze łatwych do zauważenia brunatnych nalotów.

Próbkę tego neustoniu przyniesiono wraz z wodą i kępkami moczarki, rzęsy trójrowkowej i gałęzatką do pracowni i umieszczono w niewielkim akwarium 20×30 cm. Już po 6 godzinach utworzyła się w tym akwarium brunatna błonka na powierzchni wody, podobna jak w stawie, złożona z bakterii żelazistej *Siderocapsa maior*. Kolonie tej bakterii są więc lżejsze od wody i wypływają na jej powierzchnię, nawet gdy tak jak w naszym wypadku zostaną silnie wyklócone z wodą w czasie transportu. W akwarium jednak błonka neustonowa nie utrzymała się długo. Zniknęła w ciągu tygodnia, przy czym w ostatnich dniach na jej miejsce rozwinął się silny kożuch bezbarwnych laseczkowatych bakterii. Dłużej utrzymały się przy życiu kielkujące zoospory woszerii i *Oedogonium* oraz kolonie *Cyanoptyche gloeocystis*, gdyż jeszcze po 4 tygodniach można było znaleźć w akwarium znaczne ich ilości. Również niektóre okrzemki, zwłaszcza *Navicula radiosia*, utrzymały się w akwarium przez miesiąc trzymając się stale na powierzchni wody.

Występowanie bakterii żelazistej *Siderocapsa maior* w neustonie nie jest nowością. Molisch (1910) znalazł ją po raz pierwszy i opisał jako nowy gatunek z powierzchni wody, a dopiero później różni badacze podawali, że występuje także jako epifit na powierzchni różnych roślin wodnych (zob. Starmach 1936). Redinger (1931) opisał także inny gatunek należący do tego samego rodzaju, mianowicie *Siderocapsa coronata* występujący jak dotąd jedynie w neustonie. Gatunek opisany przez Redingera jest jednak inny od występującego w Mydlnikach.

Skład zakwitu badanego kilkakrotnie w ciągu jego trwania przedstawia się następująco:

(Stosunki ilościowe zostały przedstawione w przybliżeniu według skali pięciostopniowej, + oznacza, że gatunek spotkano raz)

<i>Bacteria</i>	<i>Siderocapsa maior</i> Molisch 4—5
	<i>Leptothrix crassa</i> Chol. 1
	„ <i>ochracea</i> Kütz. +
	„ <i>trichogenes</i> Chol.(?) +
	Dość liczne bezbarwne bakterie zwłaszcza pałeczko-
	wate i kuliste
<i>Cyanophyceae</i>	<i>Anabaena oscillarioides</i> Bory 1
	<i>Oscillatoria limosa</i> Ag. fragmenty nitek +—1
	„ <i>tenuis</i> Ag.

<i>Flagellata</i>	<i>Dendromonas virgaria</i> (Weisse) Stein + <i>Anthophysa vegetans</i> (O. F. M.) Stein +—1 <i>Trachelomonas verrucosa</i> Stockes 1 <i>Chromulina Rosanoffii</i> (Wor.) Bütschli 1—2 Liczne drobne bezbarwne wiciowce.
<i>Diatomeae</i>	<i>Cocconeis placentula</i> var. <i>euglypta</i> (Ehrb.) Cl. +—1 <i>Navicula radiosa</i> Kütz. +—1 <i>Cymbella ventricosa</i> Kütz. + „ <i>lanceolata</i> (Ehrb.) v. H. +
<i>Chlorophyceae</i>	<i>Pandorina morum</i> (Müll.) Bory + <i>Clamydomonas</i> sp. 1 <i>Carteria</i> sp. + <i>Chlorella</i> sp. + <i>Cyanoptyche gloeocystis</i> Pascher 1 Kielkujące pływki <i>Oedogonium</i> i <i>Vaucheria</i> 1
<i>Rhizopoda</i>	<i>Amoeba</i> sp. div. 1 <i>Diffugia</i> sp. (puste domki) + <i>Paulinella chromatophora</i> Lauterb. +—1
<i>Heliozoa</i>	<i>Actinophrys vesiculata</i> Pen. + <i>Acanthocystis</i> sp. +
<i>Ciliata</i>	<i>Lacrymaria coronata</i> var. <i>aquae dulcis</i> Roux + <i>Lionotus</i> sp. + <i>Stentor coeruleus</i> Ehrb. + <i>Strombidium viride</i> St. 1—2 <i>Aspidisca costata</i> Duj. + <i>Vorticella</i> sp. + <i>Stylonychia</i> sp. +
<i>Rotatoria</i>	<i>Floscularia pelagica</i> Rouss.(?) + <i>Cathypna luna</i> (O. F. M.) +
<i>Gastrothricha</i>	<i>Chaetonotus Schultzzi</i> Metschm. + „ <i>succinctus</i> Voigt +

Jak widać z powyższego spisu, skład gatunkowy błonki neustonowej jest dość urozmaicony. Występują tu przedstawiciele różnych grup gionów, niższych zwierząt i bakterii. Ilościowo przewagę ma jednak wyłącznie bakteria żelazista *Siderocapsa maior*, nadająca w tym czasie ton neustonowi małego stawku. Inne gatunki występują w niewielkiej ilości i w różnym ugrupowaniu. Dla lepszego zorientowania się w stosunkach ilościowych gatunków tworzących zakwit, przeliczyłem z trzech różnych próbek ilość komórek, ew. ilość kolonii

występujących na 1 mm^2 . W liczeniu pomagałem sobie okulem z siatką oraz fotografią płaskiej błonki neustonowej według metody Naumanna. Liczyłem kolonie *Siderocapsa* i inne organizmy najmniej w 10 polach, z których każde miało $100\ \mu^2$ powierzchni. Suma znalezionych w ten sposób komórek, ew. osobników pomnożona przez 10 daje dopiero ich ilość na 1 mm^2 . Jeśli chodzi o masowo występujące kolonie *Siderocapsa* rozmieszczone gęsto i na ogół bardzo równomiernie w błonce neustonowej, to nie ma istotnej różnicy, czy liczy się je na 3, czy na 10 polach o powierzchni $100\ \mu^2$. Podane więc poniżej liczby odnoszące się do tego składnika neustonowej są bardzo zbliżone do rzeczywistości. Liczby zaś odnoszące się do innych rzadkich organizmów i nierównomiernie rozmieszczonych, a więc nie występujących we wszystkich polach widzenia na powierzchni 1 mm^2 , są obarczone tym większym błędem, im mniej zostało przeliczonych pól o wymiarach $100\ \mu^2$. Przeliczenie 10 pól po $100\ \mu^2$ (przy użyciu okularu z siatką) uznałem po kilku próbach za minimum potrzebne do wystarczającego przedstawienia stosunków ilościowych w błonce neustonowej. Z liczeń wypadły im następujące dane, które doskonale pouczają o ilościowym składzie neustonowej.

1) 25 II. Na 1 mm^2 błonki neustonowej znaleziono:

2800 kolonii *Siderocapsa maior*

120 komórek okrzemek (*Navic. radiosa*, *Cocconeis placentula*)

90 cyst *Chromulina Rosanoffii*

ok. 150 bezbarwnych wiciowców

80 nitek *Leptothrix crassa*

10 nitek *Anabaena oscillarioides* (przeciętnie 23 komórki w nitce)

30 kolonii *Cyanoptyche gloeocystis*

10 *Lionotus* sp.

10 *Chaetonotus Schultzei*

60 innych wymoczków (*Ciliata*)

30 kielkujących pływek glonów (głównie *Vaucheria* sp.)

Liczne bakterie bezbarwne.

2) 4 III. Na 1 mm^2 znaleziono:

4640 kolonii *Siderocapsa maior*

220 komórek *Chlamydomonas* sp.

150 cyst *Chromulina Rosanoffii*

40 *Trachelomonas verrucosa*

10 kolonii *Dendromonas virgaria*

180 komórek okrzemek (*Navic. radiosa*, *Cocconeis* i *Cymbela*)

- 30 krótkich nitek *Anabaena oscillarioides*
- 10 krótkich odcinków nitek *Oscillatoria limosa*
- 80 kolonii *Cyanoptyche gloeocystis*
- 110 nitek *Leptothrix crassa*
- 40 kielkujących pływek glonów
- 90 pancrzyków *Diffugia* sp.
- 80 różnych wymoczków (*Ciliata*)
- ok. 10 *Floccularia* sp.
- Liczne bakterie bezbarwne.

3) 18 III. Na 1 mm² znaleziono:

- 3760 kolonii *Siderocapsa maior*
- 805 cyst *Chromulina Rosanoffii*
- 10 krzaczastych kolonii *Anthophysa vegetans*
- 60 krótkich odcinków nitek *Oscillatoria limosa*
- 50 krótkich nitek *Oscillatoria tenuis*
- 20 nitek *Anabaena oscillarioides*
- 150 komórek *Navicula radiosa*
- 50 komórek *Cymbella ventricosa*
- 260 komórek *Chlamydomonas* sp.
- 720 komórek *Chlorella* sp.
- 110 kolonii *Cyanoptyche gloeocystis*
- 40 komórek *Paulinella chromatophora*
- 180 różnych wymoczków (*Ciliata*)
- 10 *Chaetonotus* sp.
- 90 kielkujących pływek glonów (*Vaucheria*, *Oedogonium*)
- Bardzo liczne bezbarwne bakterie.

Z przytoczonych trzech protokołów liczeń widać, że absolutną przewagę we wszystkich próbkach ma *Siderocapsa maior*. Z innych gatunków jedynie *Chromulina* i *Chlorella*, której bliżej nie oznaczyłem, występują w dość znacznej ilości. *Chromulina* występuje tylko w postaci cyst. Skład wszystkich trzech próbek był jednak bardzo podobny.

Omówienie ważniejszych składników zakwitu neustonowego w Mydlnikach

1. *Siderocapsa maior* Molisch. Gatunek ten opisał Molisch (1910) z neuston zbranego w stawie nad Wełtawą w okolicy Pragi. Charakterystyczną cechą tego gatunku jest to, że komórki bakterii występują tu w koloniach (*zoogloea*) otoczonych szerszym lub węższym pierścieniem wodorotlenku żelaza. Wodorotlenek żelaza wy-

dzielany przez bakterie gromadzi się więc nie na całej powierzchni kolonii ale jedynie na jej bokach w formie rdzawego pierścienia. W otworze pierścienia prześwieca galaretka z kulistymi lub eliptycznymi bakteriami, widocznymi czasem już bez barwienia. Bakterie te poza tym barwią się lepiej lub gorzej jodem w jodku potasu, genejaną, fuksyną karbolową i innymi barwnikami. Niekiedy jednakże, jak pisze Molisch, wykazują szczególną chromofobię i nie barwią się żadnymi barwnikami poza odczynnikiem Schiffa. Naumann (1921) podał nawet z tego powodu dwie formy *Siderocapsa maior* f. *chromophoba* i f. *chromophila*, które jednakże nie są przez późniejszych badaczy uwzględniane. Chłodny (1926) kwestionował ten rodzaj ze względu zarówno na oryginalny sposób gromadzenia wodorotlenku żelaza w kształcie pierścienia naokoło kolonii, jak też i ze względu na dziwną chromofobię. (Obszerniejsze dane z dyskusji toczącej się przez szereg lat w sprawie rodzaju *Siderocapsa* podane są w pracy Starmacha z r. 1936). Późniejsi badacze potwierdzili istnienie obu gatunków z tego rodzaju opisanych przez Molischa, a Redinger (1931) opisał jeszcze trzeci (*S. coronata*) występujący podobnie jak *S. maior* w neustonie. Obecnie znane są więc trzy gatunki rodzaju *Siderocapsa*: *S. Treubi* Molisch występujący jako epifit na roślinach wodnych, znany dotąd z bardzo licznych stanowisk, *S. maior* Molisch występujący bądź epifitycznie na roślinach, bądź w neustonie i *S. coronata* Redinger występujący wyłącznie w neustonie.

Gatunek, który tworzył zakwit w Mydlnikach, morfologicznie nie odbiega zbyt od typowego opisanego przez Molischa a podawanego następnie przez Naumanna (1921), Pákha (1926) i innych (zob. Starmach 1936). Komórki bakterii były tu jednak trudno widoczne i gorzej barwiły się niż te, które w poprzednich latach obserwowałem z powierzchni roślin wodnych i glonów. Komórki miały kształt eliptyczny. Pierścienie wodorotlenku żelaza naokoło kolonii były dość szerokie (tab. VIII, ryc. 1 i 2) na zewnętrznych brzegach silnie pofałdowane i postrzępione.

Występowanie bakterii żelazistych w neustonie nie jest nowością. Nie wiadomo mi jednak z literatury czy obserwowano ich zakwity. Według Dorffa (1934) występują w neustonie następujące gatunki bakterii żelazistych: *Siderocapsa maior* Mol., *S. coronata* Red., *Sideroderma rectangulare* Naum., *S. duplex* (Brus.) Naum., *Siderobacter calceum* (Brus.) Naum., *S. lineare* Naum., *S. duplex* Naum., *Naumanniella neustonica* Dorff, *Sideromyces glomerata*

Naum., *Mycothrix clonothrichoides* Naum., *Leptothrix lopholea* Dorff, *L. sideropous* (Mol.) Chol., *Crenothrix tenuis* (Kolkw.) Dorff.

Wśród neustonów w Mydlnikach trafiały się także gatunki z rodzaju *Leptothrix*, jednak inne niż dla neustonów podaje Dorff. Występowały tam mianowicie: *Leptothrix crassa* Chol., *L. ochracea* Kütz. i *L. trichogenes* (oznaczenie tego ostatniego nie jest zbyt pewne). Stanowią one jednak w neustonie składnik zupełnie przypadkowy i nieczęsty, natomiast na dnie, wśród roślin, występują miejscami dość często. Także *Siderocapsa Treubi* i *S. maior* występowały w tym samym stawku na powierzchni liści starych pedów moczarki.

Trudno wyjaśnić, co było przyczyną wystąpienia w neustonie zakwitu *Siderocapsa maior*. Planktonowe zakwity występują normalnie, gdy w zbiorniku wodnym nagromadzi się duża ilość substancji odżywczych. O zakwitach neustonowych wie się jednak do tej pory jeszcze bardzo mało i warunki ich powstawania są jeszcze bardzo mało znane. Niemniej jednak należy wnosić, że i tu decydującym będzie silniejsze wystąpienie czynnika warunkującego masowy rozwój organizmu tworzącego zakwit. W naszym wypadku czynnikiem tym winno być zwiększenie się ilości żelaza dwuwartościowego. Badań w tym kierunku jednak nie prowadzono. Obecność większej ilości żelaza dwuwartościowego jest zupełnie możliwa w czasie tania lodu, gdy jeszcze znaczne kry widać było na stawie. W tej porze bowiem woda jest ogromnie mało natleniona, zapasy tego gazu w stawie o bujnej, gnijącej w zimie roślinności zostały całkowicie wyczerpane, czego objawem były między innymi liczne śnięcia ryb zimujących w stawku, zaś nowe zapasy tlenu nie przybywają jeszcze wcale w czasie topnienia lodu. Nagromadzenie się więc żelaza dwuwartościowego warunkującego rozwój bakterii żelazistych w tej porze, gdy nie ma jeszcze dostatecznej ilości tlenu do jego utlenienia na żelazo trójwartościowe, mogło łatwo nastąpić. Z literatury wiemy, że wiosna i jesień szczególnie sprzyjają masowym pojawom bakterii żelazistych. Jako przyczynę tego faktu podaje się wypłukiwanie znaczniejszych ilości żelaza dwuwartościowego z gleby wskutek wzmożonej cyrkulacji wód gruntowych.

2. Cyjanelle. Tą nazwą ujmuje Pascher (1929 b) drobne sinice zamieszkujące bezbarwne organizmy zwierzęce (głównie z *Rhizopoda*, *Ciliata* i *Flagellata*) i roślinne, szczególnie bezbarwne formy drobnych zielenic. Nazwa jest analogiczna do poznanych jeszcze z końcem ubiegłego stulecia *zoochlorelli* i *zooksantelli*, żyjących w symbiozie z licznymi niższymi zwierzętami. Wystę-

powanie sinic wewnątrz komórek niższych zwierząt było jednak do tej pory o wiele rzadziej notowane niż występowanie zoochlorelli i zooksantelli czyli zielonych i żółtobrunatnych glonów, zastępujących zwierzęciu chromatofory. Oczywiście jest rzeczą pewną, że wiele wypadków symbiozy sinic ze zwierzętami podciągnięto pod kategorię zoochlorelli. Zestawienie organizmów zwierzęcych i roślinnych, w których występują sinice wewnątrzkomórkowo daje Pascher (1929 b). Niekiedy trudno stwierdzić czy niebieskozielony glon w komórce zwierzęcia jest napewno sinicą. Zwykle kierują się badacze charakterystyczną dla sinic barwą. Jednakże już Geitler (1923) stwierdził dla *Gloeochaete Wittrockiana* i *Glaucocystis nostochinearum*, także mikrochemicznie, że rzekome chromatofory tych glonów są sinicami. Podobnie Pascher (1929 a), któremu udało się także w kilku wypadkach hodować cyjanelle poza komórką zwierzęcia a nawet doprowadzić je do podziałów i tym sposobem stwierdzić niewątpliwie ich sinicowy charakter.

Po pracach Paschera z r. 1929 nie są mi znane inne odnoszące się do tego tematu. Wzmianki przypadkowe w pracach algologicznych są również bardzo nieliczne. Wynikało by z tego, że wypadki występowania cyjanelli nie są częste lub może tylko przeoczone, o co łatwo, szczególnie gdy opracowuje się materiał już utrwalony i częściowo odbarwiony.

W neustonie mydlnickiego stawku „pod Bocianem” występowały następujące organizmy zawierające w komórkach sinice zamiast chromatoforów:

- z *Rhizopoda*, *Amoeba* sp., *Paulinella chromatophora*
- z *Ciliata*, *Stentor coeruleus*
- z *Tetrasporales*, *Cyanoptyche gloeocystis*.

Cyjanelle występujące w komórkach ameb mają kształt kulisty, średnicę komórek około $2\ \mu$, barwę intensywnie niebieskawo-zieloną. Interesujące jest, że komórki sinic utrzymują się stale w znacznej liczbie w protoplazmie ameby i przynajmniej w normalnych wypadkach nie zostają strawione. Skupiają się one w środkowej części komórki ameby, tak że nazewnątrż pozostaje warstwa jasnej ektoplazmy, w której nie ma sinic. Nie mają ich też delikatne nibynóżki.

Paulinella chromatophora należąca również do *Rhizopoda* zawiera dwa duże kielbaskowate „chromatofory” będące, jak to wykazali Geitler (1927) i Pascher (1929), niewątpliwie sinicami przy-

należnymi do rodzaju *Synechocystis*. Rozmnażanie się tej korzenionózki opisał Hoogenraad (1927). W czasie tego procesu komórka potomna otrzymuje zawsze jedną sinicę, podczas gdy druga pozostaje w komórce macierzystej. Każda z tych sinic dzieli się następnie raz tylko, tak że powstają znów dwa „chromatofory” w każdej komórce, ale nie więcej. Sinica ta nie tworzy też ektoplastów czyli połączeń węglowodanowo-białkowych stanowiących materiał zapasowy sinic tak długo, jak długo pozostaje w komórce *Paulinella*, natomiast gdy znajdzie się poza obrysem tej komórki, może je tworzyć (Geitler i Pascher l. c.). W obecności sinic gromadzą się natomiast węglowodany w komórce *Paulinella*. Gatunek ten jest może najbardziej znanym przykładem symbiozy sinicy ze zwierzęciem. Podawany jest dość często z Niemiec, Czech i Ameryki pld. W Polsce znany mi jest ze stawów poregulacyjnych nad Wisłą i z Mydlnik.

Stentor coeruleus należy do *Ciliata*. Posiada on drobne „chromatofory” niebieskozielone będące niewątpliwie również sinicami. W ogóle w grupie orzęsków (*Ciliata*) występuje wiele gatunków posiadających sine (niebieskozielone) glony, brak jednakże bliższych badań nie pozwala dziś jeszcze zestawić dokładnie wszystkich wypadków występowania cyjanelli.

Cyanoptyche gloeocystis jest rodzajem i gatunkiem opisanym w r. 1929 przez Paschera i, o ile mi wiadomo, niepodawanym dotąd nigdzie jeszcze poza stawami w Hirschbergu (w Sudetach), skąd Pascher miał materiał. Jest to przykład symbiozy bezbarwnej formy zielenicy z rzędu *Tetrasporales* zawierającej w komórkach drobne sinice zamiast chromatoforów. Dokładny opis znajduje się u Paschera (1929b). Forma występująca w neustonie w Mydlnikach jest nieco różna w wymiarach od opisanej przez Paschera i dlatego podaję tu jej krótki opis i rycinę (tabl. VIII, ryc. 3 i 4):

Cyanoptyche gloeocystis Pascher forma *minor*. Komórki kuliste lub eliptyczne a nawet w kształcie ziarna fasoli, po dwie lub cztery w koloniach otoczonych szeroką, bezbarwną galaretką nieuwarstwowaną (jedynie czasem obok komórek zaznaczają się delikatnie ciemniejsze warstewki). W komórkach widać dość duże jądro i liczne kuliste sinice ustawione gęsto pod ścianami komórki. Jedynie przedni koniec komórki jest wolny od sinic. Pływek nie zaobserwowano.

Wymiary kolonii 27—38 μ . Średnica komórek 11—17 μ . Średnica komórek sinic 2—3 μ . W komórkach drobne ziarenka skrobi.

Występuje w neustonie oraz bardzo rzadko pomiędzy epifitami na glonach i moczarce.

Od gatunku opisanego przez Paschera (1929 b) jest wyraźnie mniejszy. Wszystkie cechy poza tym są podobne. Pascher podaje dla swego gatunku wymiary komórek 20—45 μ długości, 18—35 μ szerokości, oraz średnicę komórek sinic równą 4—5 μ . Podaje, że występuje na liściach *Potamogeton natans* i na *Sphagnum* jako „Aufwuchs” w stawach koło Hirschbergu.

Podobny jest gatunek *Gloeochaete Wittrockiana* zbadany dokładnie przez Geitlera (1923), jednakże brak galaretowatych szczecinek decyduje o przynależności gatunku znalezionej w Mydlnikach do *Cyanoptyche*.

3. Sinice z wodniczками gazowymi. W neustonie występowały trzy możliwe do oznaczenia gatunki sinic, mianowicie: *Anabaena oscillarioides*, *Oscillatoria limosa* i *O. tenuis*. Obok nich trafiły się fragmenty nitek innych gatunków nie nadające się do oznaczenia. Wszystkie te sinice miały w komórkach wodniczki gazowe, tj. drobne przestrzenie wśród plazmy wypełnione gazem. Szczególnie dobrze widoczne były wodniczki gazowe u *Anabaena oscillarioides* (tabl. VIII, ryc. 5). Wodniczki te słabo załamują światło i stąd przy górnym nastawieniu obiektywu widoczne są jako ciemne lub ciemno obrzeżone ziarenka, przy pewnym zaś nastawieniu w czasie obniżania tubusu mikroskopu przeświadcają różowawo wskutek interferencji światła. Obecność gazu w wodniczkach stwierdził niewątpliwie przy pomocy zmian ciśnienia i działania kwasu siarkowego Klebahn (1922, 1925). Autor ten twierdzi również, że gaz ten jest azotem. Cannabaeus (1929) w wyniku szeregu doświadczeń stwierdza, że wodniczki gazowe są rezultatem śróddrobinowego oddychania sinic, które znalazły się w warunkach beztlenowych. Wykazuje on też w całym szeregu doświadczeń, że wodniczki gazowe powstają w komórkach sinic dokładnie w tych miejscach, gdzie były przedtem ziarna cyjanoficyny (ektoplasty). Ziarna cyjanoficyny więc jako materiał zapasowy sinic (glikoproteidy) ulegają spalaniu w czasie oddychania śróddrobinowego. Tym sposobem sinice w warunkach beztlenowych pokrywają swe zapotrzebowanie energii. Proces ten uruchamia rzekomo specjalny enzym, który normalnie znajduje się w komórkach, zaś u form posiadających heterocysty zlokalizowany jest przede wszystkim w tych utworach — jak to stara się udowodnić Cannabaeus. Interesujące jest, że produkty gazowe śróddrobinowego oddychania (prawdopodobnie azot) gromadzą się w ma-

łych przestrzeniach wśród plazmy komórek oraz to, że traktowane są tu jakby jako obce ciała, na powierzchni których tworzy się rodzaj powłoki z bardziej zbitej protoplazmy nie dopuszczającej do wyjścia gazu z komórki.

Wodniczki gazowe mają ważne znaczenie ekologiczne dla sinic. Dzięki nim sinice mogą uciec z dna na powierzchnię wody, gdy na dnie zapanują wskutek gnicia organicznego szlamu kiepskie warunki tlenowe.

Występowanie sinic z licznymi wodniczkami gazowymi na powierzchni wody w neustonie w tej porze, gdy na dnie widać gnijące masy roślinności jeszcze z ubiegłego roku, jest bardzo charakterystyczne i potwierdza powyższy pogląd o znaczeniu ekologicznym wodniczków gazowych. Wymienione powyżej gatunki sinic występują normalnie przy dnie lub na roślinach wodnych. Na brak tlenu przy dnie w stawku wskazywały masy czarnego szlamu cuchnącego siarkowodorem i pokrytego tu i ówdzie gniazdami białych bakterii siarczanych a także czerwonymi koloniami *Lamprocystis roseo-persicina*.

4. Inne składniki neuston. Spośród innych składników neuston zasluguja na uwagę przede wszystkim kielkujące pływki glonów: *Vaucheria* i *Oedogonium*. Obie te zielenice występowały przy dnie w postaci bladych rozkładających się już skupień. Jedynie końcowe odcinki nitek *Vaucheria* były żywe i z nich tworzyły się liczne pływki (zoospery). Pływki te wypływały następnie w dużej ilości na powierzchnię wody i tam kielkowały wyrastając w krótkie nitki sterczące nad wodę. Wśród brunatnej błonki neustonowej widać więc było od czasu do czasu małe ciemnozielone wysepki sterczących w powietrze sztywnych nitek kielkującej woszerii. Wysepki te miały powierzchnię od kilku mm² do 2 cm² nitki dochodziły niekiedy do 1 cm długości. Przyniesione wraz z neustonem do laboratorium pływki woszerii rosły dalej w małym akwarium i już w końcu maja wytworzyły lęgnię i plemn timer. Gatunek ten oznaczono jako *Vaucheria sessilis* Decand. Pływki *Oedogonium* tworzyły się również z nici starych porastających rośliny wodne. Kielkowały one na powierzchni wody również w krótkie nitki, które jednak skierowane były wdół a więc do wody lub co najwyżej leżały płasko w błonce neustonowej. Kielkujące nitki wolne były zupełnie od epifitów, stopy ich jednak zawsze mniej lub więcej śluzowacieją pokrywając się równocześnie brunatnym wodorotlenkiem żelaza.

Z dość licznych wiciowców występujących w mydlńickim ze-

spole neustonowym podkreślić należy obecność gatunku *Chromulina Rosanoffii*. Jest to gatunek znany z tego, że tworzy obszerne nieraz zakwity neustonowe mieniające się złotym odbłaskiem. W czasie trwania zakwitu z *Siderocapsa maior Chromulina* występowała jednak stosunkowo rzadko i przeważnie w postaci cyst. Pora więc rozwoju masowego tego wiciowca jeszcze nie nadeszła. Zebrany wraz z neustonem materiał tego wiciowca rozwinął się w pracowni w małym akwarium dopiero w początkach maja tworząc ładny, typowy, złoty zakwit na powierzchni wody. W stawie w Mydlnikach jednakże zakwit ten nie pojawił się do tej pory. Komórki *Chromulina Rosanoffii* z okresu, w którym tworzyły zakwit w akwarium, przedstawia ryc. 6 na tabl. VIII.

Uwagi końcowe

Jak widać z listy gatunków, błonka neustonowa na powierzchni wody przedstawia ugrupowanie najrozmaitszych gatunków bakterii, glonów oraz drobnych zwierząt. W skład neustonów wchodzi więc zarówno producenci jak i konsumenci i reducenty, a tym sposobem błonka neustonowa przedstawia kompletną, choć bardzo swoistą biocenozę. Biocenoza ta jest nietrwała. Pojawia się i znika w warunkach jeszcze niedobrze nam znanych. Występuje jedynie w małych stawkach i kałużach o wodzie spokojnej lub też przy brzegach stawów większych i tylko w czasie bezwietrznej pogody. Składniki neustonów, przynajmniej czasowo, należą do planktonu lub nawet do zespołów dennych. Jednakże masowy ich rozwój odbywać się może jedynie wtedy, gdy znajdują się na samej powierzchni wody. Warunki, w jakich nastąpić może masowa produkcja organizmów neustonowych, nie są zbyt dobrze znane. Badania w tym kierunku były do tej pory bardzo nieliczne. W każdym razie warunki te są inne niż dla masowego rozwoju planktonu i stąd zakwity neustonowe nie pokrywają się nigdy i nie są równoczesne z zakwitami planktonu. O zakwitach planktonu wiemy, że pojawiają się w dobrych warunkach odżywczych, gdy w stawie lub jeziorze nagromadzi się wiele soli warunkujących rozwój gatunku tworzącego zakwit. Zakwity planktonowe wskazują nam też dobre warunki pokarmowe danego zbiornika czyli jego eutrofie. Neuston natomiast rozwija się masowo lecz niestale i to zarówno w wodach ubogich w pokarmy jak i bogatych a więc w zbiornikach oligo- i dystroficznych jak też i w eutroficznych. Do tej pory nie udało się więc jeszcze znaleźć związku między występowaniem zakwitów neustonowych a typem

ekologicznym zbiornika wodnego, podczas gdy w odniesieniu do planktonu związek ten występuje wyraźnie. Toteż mimo niewątpliwie dużej roli, jaka przypada zakwitom neustonowym w obiegu materii zamkniętego zbiornika wodnego, znaczenie ich z praktycznego punktu widzenia dla wnioskowania o produkcyjności tegoż zbiornika wodnego jest niewielkie. Wyraźniejszy jest natomiast związek zakwitów neustonowych z typami zbiorników wodnych charakteryzowanych według systemu saprobów (Kolkwitz). Zupełnie inne organizmy występują w neustonie czystych zbiorników wodnych, inne zaś w zbiornikach o wodzie mniej lub więcej zanieczyszczonej. Podział na oligo-, mezo- i polisaproby da się do gatunków występujących w neustonie zupełnie zastosować.

Z Zakładu Ichtibiologii i Rybactwa U. J. w Krakowie i Rybackiej Stacji Doświadczałnej U. J. w Mydlnikach.

Literatura

- Cannabaeus L., 1929, Über die Heterocysten und Gasvakuolen der Blaualgen. — Pflanzenforschung H. 13.
- Cholodny N., 1926, Die Eisenbakterien. — Pflanzenforschung H. 4.
- Dorff P., 1934, Die Eisenorganismen. — Pflanzenforschung H. 16.
- Geitler L., 1923, Der Zellbau von *Glaucocystis nostochinearum* und *Gloeochoete Witrockiana* und die Chromatophoren-Symbiosen-Theorie von Mereschkowsky. — Archiv f. Protistenkunde, Bd. 47, 1—24.
- 1927, Bemerkungen zu *Paulinella chromatophora*. — Zool. Anzeiger, Bd. 73, 333—34.
- 1932, *Cyanophyceae*. — Rabenhorsts Kryptogamenflora Bd. 14.
- Härdtl H., 1935, Einiges über den Bau und Lebensweise einer neustonbildenden roten *Euglena*. — Beih. z. Bot. Centralbl. Abt. A. Bd. 53, 606—11.
- Hensen V., 1887, Über die Bestimmung des Planktons oder des im Meere treibenden Materials an Pflanzen und Tieren. — 5. Bericht Komm. wiss. Unters. deutsch. Meere, Kiel.
- Hoogenraad H. R., 1927, Zur Kenntnis der Fortpflanzung von *Paulinella chromatophora* Laut. — Zool. Anzeiger, Bd. 72, 140—50.
- Kolkwitz R., 1912, Plankton und Seston. — Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. 30, 334—46.
- 1918, Plankton und Seston II. — Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. 36, 574—77.
- Klebahn H., 1922, Neue Untersuchungen über Gasvakuolen. — Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 61, 535—89.
- 1925, Weitere Untersuchungen über die Gasvakuolen. — Ber. d. D. Bot. Ges. Bd. 43, 143—59.
- Molisch H., 1901, Über den Goldglanz von *Chromophyton Rosanoffii* Woronin. — Sitz.-Ber. Akad. Wiss. Wien. Bd. 110, 354—63.
- 1910, Die Eisenbakterien. Fischer Jena.

- Naumann E., 1914, Quantitative Untersuchungen über die Organismenformationen der Wasserflächen. I.—Intern. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. Bd. 7, 214—21.
- 1917, Beiträge zur Kenntnis des Teichplanktons. II. Über das Neuston des Süßwassers. — Biol. Zentralbl. Bd. 37.
- 1921, Untersuchungen über die Eisenorganismen Schwedens. I. — Kungl. Svenska Vetenskapsakadem. Handlingar Bd. 62, nr 4.
- 1922, Die Sestonfärbungen des Süßwassers. — Arch. f. Hydrobiol. Bd. 13, 647—92.
- 1923, Plankton und Neuston. — Abderhaldens Handb. d. biol. Arbeitsmethoden. Abt. IX. Teil 2, 139—232.
- 1924, Quantitative Untersuchungen über die Organismenformation der Wasseroberfläche. II. — Intern. Rev. d. ges. Hydrobiol. u. Hydrogr. Bd. 12, 113—17.
- Pákh E., 1926, Die Eisenbakterien Ungarns. — Folia Cryptogam. 1926, 201.
- Pascher A., 1929 a, Über die Natur der blaugrünen Chromatophoren des Rhizopoden *Paulinella chromatophora*. — Zool. Anzeiger. Bd. 81, 189—91.
- 1929 b, Studien über Symbiosen. — Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 71, 386—461.
- Redinger K., 1931, *Siderocapsa coronata* Red., eine neue Eisenbakterie aus dem Lunzer Obersee. — Archiv. f. Hydrobiol. Bd. 22, 410—13.
- Rylov W. M., 1925, Über das Neuston in einem Teiche der Umgebung von Alt-Peterhof. — Arch. f. Hydrobiol. Bd. 15, 497—508.
- 1926, Über einige Fälle der Neustonfärbung des Süßwassers. Arch. f. Hydrobiol. Bd. 16, 484—89.
- 1926, Zur Methodik der Neuston-Untersuchungen. Arch. f. Hydrobiol. Bd. 16, 490—93.
- Starmach K., 1936, Powłoki wodorotlenku żelaza na gałazkach *Chantransia chalybaea* Fries (Eisenhydroxydablagerungen auf *Chantransia chalybaea* Fries). — Acta Soc. Bot. Pol. vol. 13, 127—48.

Zusammenfassung

Unter dem Namen Neuston verstehen wir diejenige Gemeinschaft von Mikroorganismen, welche das Oberflächenhäutchen der stehenden Gewässer bewohnt. Diesen Namen hat der schwedische Forscher Naumann (1917) eingeführt. Das Neuston steht in engem Zusammenhang mit dem Plankton, also mit jener Gemeinschaft von Mikroorganismen, die im freien Wasser schweben. Sowohl im Neuston wie im Plankton treten neben den lebenden Organismen auch leblose Körperchen auf. Diese nennt man Tripton oder Detritus. Tripton, Plankton und Neuston umfasst man (nach Kolkwitz 1912 u. 1918) mit dem Namen Seston.

Neuston tritt besonders in kleinen Teichen bei ruhigem Wasser oder in grösseren Gewässern beim Ufer, in stillen Buchten oder

zwischen den höheren Wasserpflanzen auf. Von Zeit zu Zeit findet eine starke Massenentwicklung der Neustonorganismen statt. Dann bilden die massenhaft auftretenden Organismen ein dichtes Häutchen auf der Wasseroberfläche, welches immer gut sichtbar und je nach der Farbe der im Neuston vorherrschenden Art verschieden gefärbt ist.

Im Neuston treten sowohl Tiere wie Pflanzen und Bakterien auf. Je nach dem Charakter der Gewässer finden wir verschiedene Organismen im Neuston. Es treten also andere Organismen an der Oberfläche des reinen Wassers und andere an derjenigen von mehr oder weniger verunreinigtem Wasser auf. Es muss hier betont werden, dass die Neustonorganismen zeitweise dem Plankton oder sogar dem Boden angehören. Ihre Massenentwicklung findet jedoch nur auf der Wasseroberfläche statt. Also nur hier finden die Neustonorganismen ihre eigentlichen Lebensbedingungen, welche wir jedoch nur in sehr geringem Masse kennen, da das Neuston bis jetzt noch nicht genau und nicht oft untersucht wurde. Ausführlichere Beschreibungen bezogen sich vor allem auf die Neustonfärbungen, da diese leicht jedem Beobachter ins Auge fallen. Wir finden also in den Arbeiten Naumanns, Rylows, Härdtls und anderer, die sich speziell mit dem Neuston beschäftigten, viele interessante Daten über die Entstehung, Zeitdauer, Zusammensetzung und auch über die Entstehungsbedingungen der Neustonfärbungen.

Als Neustonbildner wurden verschiedene Mikroorganismen angegeben. Besonders die Chlamydomonadaceen und kleine Chlorellen aus den Chlorophyceen, Euglenen und *Chromulina Rosanoffii* aus den Flagellaten sind aus dem Neuston allgemein bekannt. Es treten aber auch Bakterien, vor allem Eisen- und Purpurbakterien im Neuston auf. Als Zooneuston kommen einige Rhizopoden, Infusorien und Rotatorien, jedoch weniger häufig als Pflanzen vor. Bei der Bildung der Neustonfärbungen sind gewöhnlich ein oder zwei Arten in vorherrschender Menge beteiligt. Die Zahl der Zellen, welche zur Zeit der Hochproduktion im Neustonhäutchen auf 1 mm² auftreten, ist verschieden und hängt von dem Durchmesser der Zellen, beziehungsweise der Organismen ab. Es wurden von verschiedenen Forschern 400 bis 40.000 Zellen pro 1 mm² angegeben.

Die Neustonfärbungen dauern im allgemeinen nur kurze Zeit. Eine stärkere Bewegung des Wassers durch Wind oder stärkeren Regen vernichtet das Neustonhäutchen und treibt die Neustonorganismen in die Tiefe.

Der Verfasser beobachtete im Februar und März (25. II.—18. III.) 1939 in einem kleinen Teich in Mydlniki bei Kraków eine Neustonfärbung, die durch die massenhafte Entwicklung der Eisenbakterie *Siderocapsa maior* Molisch hervorgerufen wurde. Es war ein alter, reich mit verschiedenen Wasserpflanzen wie: *Phragmites communis*, *Acorus calamus*, *Equisetum limosum*, einigen *Carex*-Arten, *Potamogeton*-Arten, *Elodea canadensis*, *Myriophyllum spicatum*, *Lemna trisulca* und *L. minor*, *Hydrocharis morsus ranae* u. anderen bewachsener Teich. Im Winter starben die höheren Wasserpflanzen sowie auch stark entwickelte Boden- und Aufwuchsalgen. Am Ende des Winters waren nur sehr wenige lebendige Algen in diesem Teich zu sehen. Der Teichboden war reichlich mit faulenden Pflanzenresten bedeckt. An diesen sah man nur einige dunkelblaugrüne Flecken von Cyanophyceen und weisse spinnwebartige Überzüge von Schwefelbakterien, vorwiegend *Beggiatoa arachnoidea*. Im schwarzen, stark nach Schwefelwasserstoff riechenden Schlamm traten auch ganze Nester von *Lamprocystis roseo-persicina* auf. Im Frühjahr, als das Eis schmolz, sprossen jedoch sofort auf diesem schwarzen Schlamme neue Pflanzen. Als erste grüne Algen wurden die Watten von *Spirogyra* und *Zygnema* oder epiphytische *Stigeoclonium*-Arten beobachtet.

Das Neustonhäutchen wurde zum ersten Mal am 25. II. bemerkt. Es sah wie brauner, etwas schillernder Staubanflug auf der Oberfläche des Wassers aus. An den Ufern des Teiches war das Neustonhäutchen dicht, entfernter vom Ufer wurde es immer dünner. Zu dieser Zeit schwammen in den Mittelpartien des Teiches noch einige Eisschollen. Später, als das ganze Eis geschmolzen war, bedeckte sich fast die ganze Wasseroberfläche mit dem Neuston. Der Teich nahm einen braunen Ton, besonders von der Seite gesehen, an. Das braune Neustonhäutchen hielt sich fast vier Wochen hindurch und verschwand erst nach einem Platzregen.

Die im Neuston auftretenden Arten wurden auf Seite 133/4 zusammengestellt. Die Häufigkeitsgrade einzelner Arten sind nach folgender Skala bezeichnet: 5=massenhaft, 4=sehr häufig, 3=häufig, 2=vereinzelt, 1=selten, +=sehr selten.

Auch die zahlenmässigen Verhältnisse der Neustonalgen und Tiere sind angegeben. Es wurden alle gefundenen Organismen auf 10 Quadraten, je 100 μ^2 jedes, unter dem Mikroskop durchgezählt. Das Ergebnis wurde dann auf 1 mm² umgerechnet.

Die Zählprotokolle haben folgendes Aussehen:

1. Am 25. II. 1939 wurde folgende Zusammensetzung des Neustonhäutchens pro 1 mm² gefunden:

2800 *Siderocapsa maior*-Kolonien

120 Diatomeen-Zellen (*Navicula radiosa*, *Cocconeis placentula*)

90 Zysten von *Chromulina Rosanoffii*

ca. 150 farblose Flagellaten

80 *Leptothrix crassa*-Fäden

10 *Anabaena oscillarioides*-Fäden (durchschnittl. 23 Zellen pro ein Faden)

30 *Cyanoptycha gloeocystis*-Kolonien

10 *Lionotus* sp.

10 *Chaetonotus schultzei*

60 andere Infusorien

30 Algenkeimlinge (vorwiegend *Vaucheria* sp.)

Kleine Bakterienzellen häufig.

2. Am 4. III. 1939.

4640 *Siderocapsa maior*-Kolonien

220 Zellen von *Chlamydomonas* sp.

150 *Chromulina Rosanoffii*-Zysten

40 *Trachelomonas verrucosa*

10 Kolonien von *Dendromonas virgaria*

180 Diatomeen-Zellen (*Navic. radiosa*, *Cocconeis* und *Cymbella*)

30 kurze Fäden von *Anabaena oscillarioides*

10 kurze Abschnitte der *Oscillatoria limosa*-Fäden

80 *Cyanoptycha gloeocystis*-Kolonien

110 *Leptothrix crassa*-Fäden

40 Algenkeimlinge

90 leere Panzer von *Difflugia* sp.

80 verschiedene Infusorien

ca. 10 *Floscularia* sp.

Kleine farblose Bakterien häufig.

3. Am 18. III. 1939.

3760 *Siderocapsa maior*-Kolonien

805 *Chromulina Rosanoffii*-Zysten

10 büschelartige Kolonien von *Anthophysa vegetans*

60 kurze Fäden von *Oscillatoria limosa*

50 Fäden von *Oscillatoria tenuis*

20 Fäden von *Anabaena oscillarioides*

- 150 *Navicula radiosa*-Zellen
- 50 *Cymbella ventricosa*-Zellen
- 260 Zellen von *Chlamydomonas* sp.
- 720 Zellen von *Chlorella* sp.
- 110 *Cyanoptyche gloeocystis*-Kolonien
- 40 *Paulinella chromatophora*-Zellen
- 180 verschiedene Infusorien
- 10 *Chaetonotus* sp.
- 90 Algenkeimlinge vorwiegend *Vaucheria* und *Oedogonium*
- Kleine Bakterienzellen sehr häufig.

Es zeigt sich also, dass in diesen drei Proben die Art *Siderocapsa maior* eine dominierende Rolle spielte. Von anderen Arten traten nur *Chromulina Rosanoffii* und kleine Zellen einer *Chlorella*-Art in etwas grösserer Menge auf. *Chromulina Rosanoffii* trat zu dieser Zeit nur in Dauerstadien (Zysten) auf.

Besprechung einiger interessanter Neustonbildner

Siderocapsa maior wurde zum ersten Mal von Molisch (1910) ebenso aus dem Neuston eines Altwassers der Moldau bei Prag beschrieben. In unserem Teiche lagen die meist elliptischen Zellen dieser Bakterie in Zoogloeen, welche von einem braunen, eisenhydroxydhaltigen Hof umgeben waren. Die Ausmasse der Zellen und die anderen Artmerkmale stimmten mit der Diagnose von Molisch, sowie mit den Beschreibungen anderen Autoren ziemlich gut überein.

Im Neuston wurden auch andere Eisenbakterien häufig beobachtet. Sie sind alle in der Arbeit Dorffs (1934) zusammengestellt. In Mydlniki traten neben der *Siderocapsa maior* (Taf. VIII Fig. 1 u. 2), auch andere Arten von Eisenbakterien wie z. B. *Leptothrix crassa* und *L. ochracea*, jedoch sehr selten auf. Sie können also nur als zufällige Arten im Neuston angesehen werden.

Über die Ursache der Massenentwicklung der *Siderocapsa* im Neuston kann man nur eine Vermutung aussprechen, und zwar, dass sich zur Zeit ihrer Hochproduktion eine grössere Menge zweiwertigen Eisens in dem Teichwasser ansammelte. Das Vorhandensein eines solchen Eisens im Frühjahr, knapp nach dem Auftauen des Eises ist möglich. Es ist auch allgemein bekannt, dass sich im Frühling die Eisenbakterien überall gut entwickeln.

Im Neuston in Mydlniki wurden auch einige Arten der sogenannten Cyanellen aufgefunden. Die Cyanellen (nach Pascher 1929 b) sind farblose, tierische oder pflanzliche Organismen, in wel-

chen blaugrüne Algen intrazellulär leben. Der Name wurde nach früher bekannten Zoochlorellen und Zooxanthellen gegeben. Von den Arbeiten über Cyanellen müssen jene von Geitler (1923, 1927), Hoogenraad (1927) und Pascher (1929) erwähnt werden. In unserem Neuston wurden folgende Arten, welche die Blaualgen in ihren Zellen statt der Chromatophoren tragen, gefunden: *Amoeba* sp., *Paulinella chromatophora*, *Stentor coeruleus*, *Cyanoptyche gloecystis*. Die Amöben hatten in ihren Zellen kleine, etwa $2\ \mu$ breite, kugelige Cyanellen. Sie traten besonders in mittleren Zellpartien, meist in grösserer Menge auf.

In den Zellen von *Paulinella chromatophora* kamen gewöhnlich ein oder zwei blaugrüne wurstförmige Chromatophoren vor. Aus den Arbeiten Geitlers und Paschers (*l. c.*) ergibt sich, dass diese blaugrünen Chromatophoren tatsächlich selbstständige, endosymbiotisch lebende Blaualgen sind. Aus Polen wurde diese Art bisher nicht angegeben.

Stentor coeruleus besitzt in seinen Zellen auch ohne Zweifel kleine Cyanophyceen als „Chromatophoren“.

Cyanoptyche gloecystis ist wahrscheinlich eine farblose Form aus der Grünalgen-Ordnung *Tetrasporales*. Sie wurde zuerst von Pascher (1929 b) in den Musikantenteichen bei Hirschberg in Böhmen aufgefunden. Bis jetzt war das auch ihr einziger Standort. Die Form, welche im Neuston von Mydlniki neu gefunden wurde, war jedoch kleiner als diese von Pascher beschriebene. Andere Merkmale waren einander sehr ähnlich. Der Verfasser beschreibt diese kleinere Form, als forma *minor* angegeben (Taf. VIII Fig. 3 u. 4), folgendermassen:

Zellen kugelig oder elliptisch oder sogar bohnenförmig, je zwei oder vier in gallertumhüllten Lagern. Die Gallerte ist meist ungeschichtet. In den Zellen leben zahlreiche kugelige Blaualgen. Sie sind wandständig, das Vorderende der Zellen ist jedoch von ihnen frei. Schwärmer wurden nicht beobachtet. Der Durchmesser der Kolonien betrug $27\text{--}38\ \mu$. Der Durchmesser der Zellen $11\text{--}17\ \mu$. Der Durchmesser der Blaualgenzellen $2\text{--}3\ \mu$.

Pascher gibt für seine Art folgende Ausmasse an: Die Länge der Zellen $20\text{--}45\ \mu$. Die Breite $18\text{--}35\ \mu$. Der Durchmesser der Blaualgenzellen $4\text{--}5\ \mu$.

Die Art wurde in Mydlniki im Neuston und seltener zwischen epiphytischen Algen auf *Elodea* und *Cladophora* gefunden.

Alle im Neuston auftretenden Blaualgen hatten in ihren Zellen charakteristische Gasvakuolen. Es ist schon aus den Arbeiten Kle-

bahns (1922, 1925) und besonders Cannabaeus (1929) bekannt, dass sich die Gasvakuolen in den Blaualgenzellen nur dann bilden, wenn diese in sauerstoffarmem Wasser längere Zeit verweilen (Taf. VIII Fig. 5). Das Auftreten solcher Blaualgen mit Gasvakuolen im Neuston ist in der Zeit, wenn der Teichboden stark mit faulenden Pflanzen bedeckt und sauerstoffarm ist, charakteristisch und bestätigt in hohem Grade die Anschauung Cannabaeus.

Im Neuston dieses kleinen Teiches in Mydlniki kamen noch viele andere interessante Organismen vor. Es sei noch erwähnt, dass *Chromulina Rosanoffii*, im Neuston nur in Gestalt von Zysten gefunden, sich im Laboratorium nach zwei Monaten in einem Aquarium massenhaft entwickelte und eine typische Neustonfärbung mit charakteristischem Goldglanz (Taf. VIII Fig. 6) bildete.

Besonders in der letzten Woche des Auftretens des Neustons wurden zahlreiche keimende Zoosporen von *Vaucheria* und anderen Grünalgen gefunden. Es war interessant, dass *Vaucheria*-Keimlinge aus dem Wasser hervorragten und in die Luft wuchsen, die Keimlinge des *Oedogonium* dagegen wuchsen in die Tiefe oder lagen wagrecht auf dem Wasser. In einem Aquarium im Laboratorium wuchsen die *Vaucheria*-Keimlinge weiter, und schon Ende Mai bildeten sich Oogonien und Antheridien. Die Art wurde nach diesen als *Vaucheria sessilis* Decand. bestimmt.

Zum Schluss soll noch bemerkt werden, dass sich bisher keine auffallende Parallelität zwischen dem ökologischen Gewässertypus und der Produktionshöhe der Neustonfärbungen feststellen lässt. Auch die Bedeutung der Neustonfärbungen ist geringfügig im Vergleich zu den Planktonfärbungen.

Ichthyobiologisches Institut der Jagellonischen Universität in Kraków und Fischereiversuchsstation in Mydlniki bei Kraków (Polen).

Objaśnienie tablicy VIII

Ryc. 1. Mikroskopowy obraz błonki neustonowej zebranej szkiełkiem nakrywkowym z powierzchni wody. Widać przede wszystkim liczne kolonie *Siderocapsa maior* Molisch. Pow. 290×.

Ryc. 2. Inny fragment tej samej błonki sfotografowany w ciemnym polu, przez co są lepiej widoczne pierścienie wodorotlenku żelaza na obwodzie kolonii *Siderocapsa maior*. Pow. 290×.

Ryc. 3 i 4. *Cyanoptylche gloeocystis* Pascher f. *minor*. Dwu- i cztero-komórkowe kolonie w szerokiej otoczce galaretowatej. Formy te mają znacznie mniejsze wymiary, niż podaje Pascher. Ryc. 3 pow. 1025×, ryc. 4 pow. 1330×.

Ryc. 5. *Anabaena oscillarioides* Bory. Fragment nitki z wodniczkami gazowymi, czarnymi przy górnym nastawieniu mikroskopu, jasnymi przy dolnym nastawieniu. Pow. 1330×.

Ryc. 6. *Chromulina Rosanoffii* (Woron.) Bütschli. Żywe komórki z jednostronnie ustawionym chromatoforem i kropelkami leukozyny. Pow. 1000×.

Erklärung der Tafel VIII

Fig. 1. Mikroskopisches Bild des Neustonhäutchens, welches mit einem Deckglas von der Wasseroberfläche gesammelt wurde. Man sieht vor allem zahlreiche *Siderocapsa*-Kolonien. Vergr. 290×.

Fig. 2. Das andere Fragment desselben Neustonhäutchens in Dunkel-feldbeleuchtung aufgenommen. Die Eisenhydroxydringe auf den *Siderocapsa*-Kolonien sind deutlich sichtbar. Vergr. 290×.

Fig. 3 und 4. *Cyanoptylche gloeocystis* Pascher f. *minor*. Zwei- und vier-zellige Kolonien mit einer Gallerte umgeben. Diese Formen sind kleiner als jene, welche Pascher beschrieb. Vergr. Fig. 3 1025×, Fig. 4 1330×.

Fig. 5. *Anabaena oscillarioides* Bory. Fadenfragment mit Gasvakuolen, welche schwarz bei der hohen und hell bei der tiefen Aufstellung des Mikroskops durchscheinen. Vergr. 1330×.

Fig. 6. *Chromulina Rosanoffii* (Woron.) Bütschli. Lebende Zellen mit einem wandständigen Chromatophor und Leukosintropfen. Vergr. 1000×.