

GLONY JAKO CZYNNIK DEGRADACJI RÓŻNYCH MATERIAŁÓW

Algae as a degradation factor of various materials

Krzysztof Jan KRAJEWSKI

Summary. The present knowledge in the field of algae impact on different materials is presented, as based both on the original study and literature search. Data are presented on the influence aerophytic algae on building materials and wood in particular. Results are also reported of studies concerning the effects of superficial occurrence of algae in water environment. The data collected suggest that, besides the lasting discolouring, algae exert negative influence upon studied materials, both in the water and land environment. The observed alteration of physical and mechanical properties of materials under question are of mainly superficial character but it is also possible, in the case of wood, that limited deep effects will occur. The mechanism of destruction the studied materials by algae cannot be considered fully explained. The quoted here research on the relationship between algae and their environment suggest that algae may influence in an active way on various substrates.

Key words: aerophytic algae, wood, building materials, degradation of materials

Dr inż. Krzysztof Jan Krajewski, Katedra Ochrony DREWNA, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego, ul. Rakowiecka 26/30, 02–528 Warszawa

WSTĘP

Głony reprezentowane są licznie nie tylko w środowiskach wodnych, ale także poza nimi. Liczne przypadki występowania glonów w warunkach lądowych wpłynęły na powstanie pojęcia „glony aerofityczne”. Termin ten opisany został przez Starmacha [35] w sposób następujący: „Do aerofitów zalicza się glony występujące nad ziemią, na pniach drzew, na liściach roślin, ale również na starych płotach, słupach oraz na skałach”. Podobną definicję podaje także Podbielkowski [29].

Występowanie aerofitów na różnego rodzaju podłożach jest świadectwem ich szerokich możliwości adaptacyjnych do warunków ekstremalnych [7,10]. Zdolność do wyzyskiwania wilgoci zawartej w powietrzu oraz małe wymagania pokarmowe pozwalają im na łatwy rozwój w środowiskach niedostępnych dla innych organizmów.

Botaniczne aspekty występowania glonów aerofitycznych, głównie na korze drzew, znajdują odzwierciedlenie chociażby w pracach Mrozińskiej [27], jednakże mechanizmy i skutki oddziaływania glonów na porastane materiały są ciągle jeszcze stosunkowo słabo poznane.

WYSTĘPOWANIE AEROFITÓW NA MATERIAŁACH BUDOWLANYCH

W odniesieniu do licznych materiałów mineralnych, zjawisko przebarwiania powierzchni jest szeroko opisywane w literaturze. Obok grzybów pleśniowych, mchów i porostów, wiele miejsca poświęca się glonom [2]. Sukcesje mikroorganizmów na wapiennych elewacjach i ceramicznych pokryciach dachowych budynków w Londynie [22] dowodzą, że jednymi z pierwszych mikroorganizmów zasiedlających te po-

wierzchnie są zieleńce *Stichococcus bacillaris*, *Chlorella* sp., *Pleurococcus* sp. oraz *Trebouxia* sp.. Efektem ich oddziaływania jest daleko idące zeszpecenie zabytkowej architektury miasta.

Głony są szczególnie istotnym problemem w warunkach klimatu wilgotnego. Spotykane na powierzchni ścian budynków, poza przebarwianiem elewacji, wywierają również wpływ na strukturę podłoża, na którym występują [39]. Dan i in. [5] przedstawili zjawisko ciemnienia powierzchni pokryć dachowych w warunkach klimatu tropikalnego. Powodowane jest ono przez sinice *Oscillatoria* sp., *Microcystis* sp. i zieleńce *Chlamydomonas* sp. itp. Stwierdzono również, że stopień porostania powierzchni przez glony w dużym stopniu zależy od jej porowatości. Powierzchnie mało porowate są zwykle mniej atrakcyjne dla rozwoju glonów, chociaż Favali i Barbieri [8] obserwowali obfite kolonie *Stichococcus bacillaris* m.in. nawet na plastikowych osłonach używanych do okrywania obiektów pochodzących z wykopalisk archeologicznych.

Przeprowadzona analiza składu gatunkowego powietrza w Singapurze i jego okolicach [40] wykazała obecność ok. 25 różnych gatunków glonów aerofitycznych, z których najliczniej reprezentowane były sinice *Schizothrix calcicola* i *Anacystis* sp. Glony te stanowią istotny problem w budownictwie. Liczne kolonie zasiedlające ściany budynków przyczyniają się do ich powolnego niszczenia.

Włókna drewnopochodne będące jednym z głównych składników pap asfaltowych są obiektem ataku wielu czynników mikrobiologicznych w tym i glonów. Amburgey [1] wykazał, że sinice z rodzaju *Gleocapsa* są częstą przyczyną przebarwiania pokryć dachowych wykonanych z papy asfaltowej.

Szereg autorów wiąże fakt przebarwiania powierzchni porastanej przez aerofity z równoczesnym oddziaływaniem na strukturę podłoża [28,32,41]. Negatywne skutki ich działalności przytaczają m.in. Hueck i Adema [15]. Podają oni, że w pewnych przypadkach glony mogą wykazywać działanie korodujące w stosunku do powierzchni, które obrastają. Wg autorów, wynika to z faktu produkowania substancji organi-

cznych powstających głównie w procesach przemiany materii wydzielanych przez glony do podłoża. Badając skuteczność chemicznych środków algicydowych zastosowali oni jako organizm testowy m.in. zieleńce *Chlorhormidium* sp.

Wśród szerokiego zestawienia mikroorganizmów niszczących porowate materiały budowlane, Hueck-van der Plas [16] zamieściła listę blisko sześćdziesięciu gatunków glonów aerofitycznych. Na podstawie wyników obserwacji prowadzonych w warunkach środowiska naturalnego, przedstawiła ona mechanizm uszkodzania powierzchni zawierających wapń, który polega na wytrawianiu przez glony drobnych jamek i zagłębień. Czynnikiem bezpośrednio za to odpowiedzialnym są wg. autora produkowane przez glony kwasy organiczne. Podobny efekt obserwowany jest także w przypadku sinicy *Scytonema stuposum*, która występując na różnego rodzaju tkaninach przyczynia się do ich uszkodzenia [36].

Bravery [4] omawiając spotykane w praktyce budowlanej zjawisko biodegradacji powierzchni pokrytych farbami, wymienia trzy grupy organizmów mających zdolność do niszczenia podłoża pod farbami oraz samych powłok. Są nimi: bakterie, grzyby, glony (i porosty). Stwierdzone skutki działania glonów to głównie pękanie powłok, oszpecenie powierzchni przez sam fakt porostania, osłabienie przyczepności pokryć malarskich do podłoża i w efekcie ich odpadanie. Rybicki [33] podaje „rośliny niższe, takie jak glony, wydzielają ze swoich komórek związki organiczne, które mogą niszczyć z czasem beton oraz inne materiały budowlane zawierające wapń”. Wśród badaczy dominuje pogląd, że w odniesieniu do materiałów budowlanych zawierających wapń oraz w przypadku skał wapiennych, procesy destrukcyjne przebiegają na drodze chemicznego przekształcania soli wapnia w wodorozpuszczalne kwaśne sole wapnia. Bogaty przegląd literatury w tym zakresie zaprezentował Grant [13].

Świadectwem poważnego zainteresowania problemem występowania glonów w budownictwie jest rozwój metod testowania algicydów, czyli chemicznych środków ochrony przed glo-

nami. Wiodącymi w tym zakresie są prace takich badaczy jak: Grant i Bravery [11,12], Morton [25], Morton i Mitchell [26].

WPLYW GLONÓW AEROFITYCZNYCH NA DREWNO

Porastanie drewna i trwałe przebarwianie jego powierzchni jest przyczyną zaliczenia glonów do organizmów powodujących degradację drewna. W klasyfikacji biotycznych czynników degradacji drewna Ważnego [37], przypisana została im cecha powierzchniowego barwienia i przerastania powierzchniowych warstw drewna (kontaminacja).

Na podstawie bardziej wnikliwych badań [20] stwierdzono w warunkach laboratoryjnych zdolność *Chlorhormidium flaccidum* do wrastania w głąb drewna sosny i buka na głębokość do 2,5 mm. Penetracja odbywa się poprzez naturalne otwory występujące w drewnie. Dalsze badania potwierdziły istnienie wpływu glonów na fizyczne i mechaniczne właściwości drewna [19, 21]. Zaobserwowano obniżenie wytrzymałości drewna o ok. 9%, a nawet niewielkie ubytki masy drewna (ok. 4%). Ujawnione zmiany mają charakter ograniczony do powierzchniowych warstw drewna, gdzie występują efekty ich niszczącego oddziaływania. Otrzymane wyniki, uwiarygodnione metodami statystycznymi, stały się podstawą ugruntowania pozycji tej grupy mikroorganizmów wśród czynników destrukcyjnych drewna [38].

Wiedza o szkodliwości glonów aerofitycznych dla porastanych powierzchni, w porównaniu do wiadomości jakie posiadamy w odniesieniu do porostów, jest ciągle jeszcze stosunkowo niewielka. Porosty, jako swoista symbioza glonów i grzybów, posiadają potwierdzone licznymi badaniami właściwości niszczące w stosunku do podłoża, na których występują [18,28]. Oddziaływanie porostów na drewno jest dwójakiego rodzaju. W pierwszym rzędzie uszkodzanie odbywa się na drodze mechanicznej, poprzez wrastanie komórek ryzoidowych w powierzchniowe warstwy podłoża. Możliwe jest też uszkodzanie na drodze biochemicznej [17], poprzez wydzielanie tzw. kwasów porostowych. Jak do-

tychczas wiadomo, skład chemiczny kwasów porostowych jest charakterystyczny dla danego rodzaju porostu [3]. Rozstrzygnięcie czy w przypadku glonów istnieją podobne prawidłowości wymaga jednak bardziej dogłębnych badań.

WPLYW GLONÓW WODNYCH NA MATERIAŁY

W odróżnieniu od glonów aerofitycznych, glony wodne już od dawna uznawane są za czynnik biodegradacji materiałów. Listę organizmów uważanych od 1952 roku za sprawców uszkodzeń różnych podłoży w warunkach morskich cytuje Relini [31]. Zestawienie przedstawione przez autora obejmuje ogółem 1958 gatunków z czego 563 pozycje przypadają na glony, a tylko 37 na bakterie i 14 na grzyby.

Fakt porastania kadłubów statków, a tym samym zmniejszanie szybkości ich przemieszczania się, obserwowany był już od czasów starożytnych. Zwrócenie uwagi na destrukcyjne oddziaływanie glonów na porastane podłoże nastąpiło jednak dopiero w ostatnich czasach. Mechanizm uszkodzania powierzchni również i w tym przypadku nie jest dokładnie zbadany. Autorzy zwracają często uwagę na chemiczny aspekt oddziaływania glonów na porastane podłoże. Edyvean i in. [6] na przykładzie badań prowadzonych w celu ograniczenia korozji stali używanej do konstrukcji platform wiertniczych na Morzu Północnym wykazali, że źródłem substancji niszczących podłoże mogą być również związki chemiczne powstające w wyniku rozpadu tkanek organizmów je porastających. W przypadku konstrukcji porośniętych przez glony zaobserwowano wydzielanie się substancji agresywnych, głównie siarkowodoru, które przyspieszają znacznie korozję chemiczną podwodnych elementów konstrukcji.

Spotykane są doniesienia o oddziaływaniu glonów na materiały uznawane do niedawna za odporne na procesy biodegradacyjne. Floodgate [9] wspomina o możliwości niszczenia przez glony winylowych wykładzin w basenach kąpielowych, gdzie nie są stosowane specjalne środki chemiczne zapobiegające temu zjawisku.

PODSTAWY DEGRADACJI MATERIAŁÓW PRZEZ GLONY

Wzajemne powiązania pomiędzy organizmem a podłożem wydają się być silniejsze w przypadku glonów aerofitycznych niż w przypadku glonów wodnych. Aerofity porastając materiały oddziałują na nie w sposób bezpośredni, a zasięg tego wpływu jest uzależniony od rozmiarów kolonii glonów [30]. Wymiana substancji chemicznych między glonem a podłożem jest procesem skomplikowanym. Stwierdzenie, że glony jako organizmy samożywne pobierają z podłoża jedynie wodę z solami mineralnymi, a wydzielają produkty przemiany materii, jest daleko idącym uproszczeniem. Jak wynika z dotychczasowej wiedzy, glony aerofityczne są często autotrofami fakultatywnymi i w specyficznych sytuacjach mogą korzystać z heterotroficznego sposobu odżywiania się. Griffiths i in. [14] wykazali zdolność zielenicy *Chlorella vulgaris* do cudzożywnego sposobu pobierania pokarmu. Wyniki ich badań wykazują, że przy odpowiedniej zasobności podłoża w składniki odżywcze (głównie cukry proste), gatunek ten może przez długi okres czasu rozwijać się przy wykorzystaniu substancji pokarmowych obecnych w podłożu, zachowując przy tym swój naturalny, zielony kolor. Przeprowadzona przez badaczy analiza zmian pH podłoża wykazała równocześnie zdolność glonów do przekształcania odczynu w kierunku optymalnym dla swojego rozwoju (najczęściej w kierunku odczynu zasadowego). Szybkość przekształceń pH jest uzależniona od różnicy stanu początkowego i stanu optymalnego. Wielkość zmian pH może sięgać nawet 1 stopień pH w ciągu 10 dni. Również w literaturze krajowej znajdujemy potwierdzenie tego zjawiska. Przykładem jest opracowanie Sikory [34]. Na podstawie prac własnych i innych autorów przedstawił on ówczesne poglądy na temat warunków heterotroficznego wzrostu glonów. Wzrost taki może zachodzić w absolutnej ciemności, a glony potrafią przestawić się z samożywnego na cudzożywny sposób zdobywania pokarmu. W takim przypadku źródłem węgla stają się substancje organiczne podłoża – głównie cukry proste. Autor dopuszcza tezę o

możliwości wydzielania przez glony w warunkach braku światła, substancji chemicznych o charakterze enzymów depolimeryzujących wzorem grzybów i bakterii. Wzrostowi glonów w takich przypadkach towarzyszą duże wahania pH środowiska, które są znacznie większe niż gdy wzrost zachodzi przy dostatecznym oświetleniu. Nieco więcej informacji na temat zależności pomiędzy wzrostem glonów a zmianą odczynu środowiska dostarczają wcześniejsze badania Minjowej [24] przeprowadzone na zielenicach *Chlorella vulgaris* i *Scenedesmus obliquus*. Wykazała ona, że u okazów rozwijających się na świetle, można obserwować tendencje do podwyższania pH środowiska (działanie alkalizujące). Przy braku oświetlenia zdradzają one tendencje do zmiany pH środowiska w kierunku odczynu kwaśnego.

Powiązania aerofitów z podłożem, na którym występują, wyrażają się głównie w wydzielaniu do niego różnego rodzaju substancji chemicznych oraz w pobieraniu innych substancji niezbędnych do dalszego wzrostu i rozwoju. Przeprowadzone badania [23] wykazały zdolność glonów do wydzielania substancji natury organicznej. Wydzielanie to jak stwierdzono, nie jest związane wyłącznie z procesami autolizy komórek glonów, lecz zachodzi głównie w czasie ich życia. Około 5 do 45 % ilości węgla asymilowanego trafia w postaci związków organicznych do podłoża. Podobnie do ok. 60 % przyswajanego przez glony azotu trafia w postaci substancji organicznych do otoczenia. Proces wydzielania jest bardzo sprawny. Jak stwierdzono, już w ciągu pierwszej doby badania znaczne ilości związków mogą trafić do podłoża. W czasie badania stwierdzono również wyraźny wzrost zasadowości kultur płynnych.

Złożone procesy wzajemnego oddziaływania między glonami a porastanymi materiałami są niewątpliwie ciekawym problemem badawczym. Dalsze badania w tym kierunku mogą dostarczyć więcej danych, np. w zakresie mechanizmów sukcesji mikroorganizmów, a jednocześnie poszerzyć wiedzę w na temat biodegradacji materiałów przez glony.

LITERATURA

- [1] AMBURGEY T. L. 1974. Organisms causing discoloration and deterioration of asphalt roofing shingles. *For. Prod. J.* **24**(6): 52–54.
- [2] ANNONYM 1972. Control of lichens, moulds and similar growths. *Buil. Res. Stat. Digest.* **139**: 4.
- [3] BECH-ANDERSEN J., CHRISTENSEN P. 1983. Studies of lichen growth and deterioration of rocks and buildings materials using optical methods. W: T. A. OXLEY, S. BARRY (red.). *Biodeterioration 5*. John Wiley & Sons Ltd., New York, s. 568–574.
- [4] BRAVERY A. F. 1987. Biodeterioration of paint – a state of the art comment. W: D. R. HOUGHTON, R. N. SMITH, H. O.W. EGGINS (red.). *Biodeterioration 7*. Elsevier Appl. Sc. London, s. 466–485.
- [5] DAN T. K., SREEDHARAN V. P., PATEL M., ROTHATGI F. K. 1982. The mechanism of blackening of tile surfaces. *Intern. Biodeter. Bull.* **18**(4): 99–104.
- [6] EDYVEAN R. G.J., THOMAS C. J., BROOK R. 1987. The effect of marine fouling on fatigue and corrosion-fatigue of offshore structures. W: D. R. HOUGHTON, R. N. SMITH, H. O.W. EGGINS (red.). *Biodeterioration 7*. Elsevier Appl. Sc. London, s. 385–390.
- [7] ESSER K. 1976. Kryptogamen. Blaualgen, Algen, Pilze, Flechten. Springer-Verlag, Berlin (West), ss. 572.
- [8] FAVALI M. A., BARBIERI N. 1978. A green alga growing on a plastic film used to archaeological remains. *Intern. Biodeter. Bull.* **14**(3): 89–93.
- [9] FLOODGATE G. D. 1975. Decomposition processes in the sea with special reference to man-made waste. W: J. M. ANDERSON, A. MACFADYEN (red.). *17th Symp. of Brit. Ecol. Soc.*. Blackwell Sc. Publ., Oxford, s. 223–245.
- [10] FOTT B. 1971. Algenkunde. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena, ss. 581.
- [11] GRANT C., BRAVERY A. F. 1981. Laboratory evaluation of algicidal biocides for use on constructional materials. Part I. An assessment of some current test methods. *Intern. Biodeter. Bull.* **17**(4): 113–123.
- [12] GRANT C., BRAVERY A. F. 1981. Laboratory evaluation of algicidal biocides for use on constructional materials. Part II. Use of the vermiculite bed technique to evaluate a quaternary ammonium biocide. *Intern. Biodeter. Bull.* **17**(4): 125–131.
- [13] GRANT C. 1982. Fouling of terrestrial substrates by algae and implications for controls – a review. *Intern. Biodeter. Bull.* **18**(3): 57–65.
- [14] GRIFFITHS D. J., THRESHER C. L., STREET H. E. 1960. The heteromorphic nutrition of *Chlorella vulgaris*. *Ann. Botany* **24**(93): 1–11.
- [15] HUECK H. J., ADEMA D. M.M. 1967. Some problems in the testing of materials with Algae. *Mat. u – Org.* **2**(2): 141–152.
- [16] HUECK – VAN DER PLAS E. H. 1968. The micro-biological deterioration of porous building materials. *Intern. Biodeter. Bull.* **4**(1): 11–28.
- [17] JONES D., WILSON M. J. 1985. Chemical activity of lichens on mineral surfaces – a review. *Intern. Biodeter. Bull.* **21**(2): 99–104.
- [18] KISELEW I. A., ZINOWA A. D., KURSANOW L. I. 1953. Wodorosli. *Opredelitel nizszych rastenij*, Tom 2. Sov. Nauka, Moskwa, ss. 310.
- [19] KRAJEWSKI K. J. 1993. Głony jako czynnik degradacji drewna. Cz. II. Wpływ na wytrzymałość drewna na rozciąganie wzdłuż włókien. *Fol. Forest. Pol.*, Ser. B, Nr **24**: 29–35.
- [20] KRAJEWSKI K. J., WAŻNY J. 1992. Die Struktur von mit aerophyten Algen infiziertem Holz. *Holz Roh – Werks.* **50**(6): 256.
- [21] KRAJEWSKI K. J., WAŻNY J. 1993. Airborne Algae as a wood degradation factor. *Bull. Pol. Acad. Sci., Biological Sciences* **41**(3): 263–268.
- [22] LLOYD A. O. 1976. Progress in studies of deteriogenic lichens. W: J. M. SHARPLEY, A. M. KAPLAN (red.). *Proceedings of the third International Biodeterioration Symposium*. Applied Science Publ. Ltd., London, s. 395–402.
- [23] MAKSIMOWA I. W., TOROPOWA E. G., PIMENOWA M. N. 1965. Wydelenie organiczeskich wieszczestw pri roście zielonych wodoroslej na mineralnych sredach. *Mikrobiologija* **34**(3): 483–490.
- [24] MINJEW A. A. 1962: Wlijanie pH na awtotrofnoje i gieterotrofnoje pitanie *Chlorella vulgaris* i *Scenedemus obliquus*. *Mikrobiologija* **31**(2): 233–240.
- [25] MORTON L. G.H. 1986. A review of techniques available for testing algicides for use in terrestrial and fresh-water environments. *Intern. Biodeter.* **22**(1): 5–9.
- [26] MORTON L. G.H., MITCHELL A. F. 1985. The use of algae in testing of materials. *Intern. Biodeter.* **21**(2): 96.
- [27] MROZIŃSKA T. 1990. Aerophytic algae in North Korea. *Arch. Hydrobiol. Suppl. Algol. Stud.* **58**: 29–47.
- [28] PALENI A., CURRI S. B. 1973. L'agression des algues et des lichens aux pierres et des moyens pour la combattre. 1-er Colloque International Sur La Deterioration Des Pierres En Oeuvre. La Rochelle 1972, s. 157–166.
- [29] PODBIELKOWSKI Z. 1967. Głony. PZWS, Warszawa, ss. 203.
- [30] PRAT S., DVORAKOVA J., BASLEROVA M. 1972. Cultures of algae in various media. Academia, Prague, ss. 119.
- [31] RELINI G. 1987. The state of art in the protection of marine structures from biodeterioration. W: D. R. HOUGHTON, R. N. SMITH, H. O.W. EGGINS (red.). *Biodeterioration 7*. Elsevier Appl. Sci. London, s. 292–304.
- [32] RICHARDSON B. A. 1973. Algae, lichens, mosses what they are and what they do. *Buuld. Maintenance* **7**(3): 29–31.
- [33] RYBICKI R. 1974. Schaden und Mangel an Baukonstruktionen. Werner-Verlag, Dusseldorf, ss. 542.
- [34] SIKORA Z. 1969. Heterotroficzny wzrost glonów. *Wiad. Bot.* **13**(2): 123–132.
- [35] STARMACH K. 1963. Rośliny słodkowodne. Flora Słodkowodna Polski. Warszawa, ss. 271.
- [36] UPSHER F. J. 1971. The blue-green alga *Scytonema stuposum* (Kutz.) born on fabrics. *Intern. Biodeter. Bull.* **7**(3): 113–114.

- [37] WAŻNY J. 1977. Badania podstawowe w zakresie patologii i ochrony drewna w PRL. *Sylvan* **121**(11): 7–18.
- [38] WAŻNY J. 1994. THE present classification of wood degradation factors. Revised version. Inter. Res. Group on Wood Pres. Doc. No. IRG/WP/94–10071.
- [39] WEE Y. C., LEE K. B. 1980. Proliferation of algae on surfaces of Buildings in Singapore. *Intern. Biodeter. Bull.* **16**(4): 113–117.
- [40] WEE Y. C. 1982. Airborne algae around Singapore *Intern. Biodeter. Bull.* **18**(1): 1–5.
- [41] WEE Y. C. 1988. Growth of algae on exterior painted masonry surfaces. *Intern. Biodeter.* **24**(6): 367–371.