

**Marlena Piontek*, Katarzyna Łuszczyńska*,
Hanna Lechów****

BIODETERIORACJA SZKŁA WYWOŁANA PRZEZ ZARODNIKI GRZYBÓW PLEŚNIOWYCH

Streszczenie

*Mikroorganizmy wywołują biodeteriorację zarówno organicznych, jak i nieorganicznych materiałów technicznych. Z analizy literatury wynika, że czynniki biologiczne (w tym głównie bakterie, sinice, zarodniki grzybów pleśniowych oraz glony) osadzają się na powierzchni szkła, inicjując z czasem procesy jego niszczenia. W Instytucie Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego, przeprowadzono analizę nalotu biologicznego z 5 próbek szkła. Badania mikologiczne fragmentów szkła wykazały obecność zarodników grzybów pleśniowych z rodzajów: *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Chaetomium*, *Fusarium*, *Monocillium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Trichoderma* i *Ulocladium*.*

Słowa kluczowe: korozja biologiczna, biodeterioracja szkła, mikroorganizmy

WPROWADZENIE

Powierzchnia szkła ulega z czasem niszczeniu, w tym na skutek biodeterioracji. Właściwości hydrofilowe szkła skutkują przyciąganiem i zatrzymywaniem wilgoci. Ta z kolei powoduje wraz z upływem czasu inicjowanie procesu wytrawienia i zwiększenia porowatości materiału oraz przyczynia się do osadzania i rozwoju mikroorganizmów. Mikrobiologiczna korozja szkła jest spowodowana przez kombinację procesów biofizycznych i biochemicznych wywoływanych przez wzrost komórek mikroorganizmów oraz zachodzące między nimi interakcje. Zjawisko to z czasem może prowadzić do powstania naprężeń rozciągających

* Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska, Instytut Inżynierii Środowiska

** Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Budownictwa, Architektury i Inżynierii Środowiska

i powstania pęknięć na powierzchni szkła [Carmona i in. 2006, Tournie i in. 2008, Gutarowska 2014, Rodrigues i in. 2014, Kwiatkowska i in. 2016].

Powszechność występowania grzybów pleśniowych w środowisku jest uwarunkowana produkcją bardzo licznych zarodników oraz niewielkimi wymaganiami pokarmowymi [Piontek 1999, Piontek 2004, Piontek i in. 2016 a i b]. Są one często dominujące w biofilmach analizowanych na powierzchni szkła [Carmona i in. 2006, Bartosik i Żakowska 2007, Bartosik i in. 2010, Kwiatkowska i in. 2016]. Występują w niskich, jak również w wysokich temperaturach, przy obecności niewielkiego, nawet okresowego zawilgocenia. Rozwijają się szczególnie na podłożach o odczynie lekko kwaśnym. W procesach metabolicznych grzyby pleśniowe wytwarzają substancje alkaliczne lub agresywne kwasy (siarkowy, azotowy i inne) oraz substancje powierzchniowo czynne [Cwalina i Zyska 2005]. Są chemoorganotrofami. Wykorzystują różnorodne źródła węgla: aminokwasy, kwasy organiczne, węglowodany proste i złożone oraz ich pochodne, alkohole i in. [Drewello i Weissmann 1997, Cwalina i Zyska 2005]. Do wzrostu, oprócz węgla, potrzebują głównie: wodoru, tlenu, azotu, fosforu i siarki. Na podłożach nieorganicznych występują najczęściej w symbiozie z glonami, tworząc porosty [Bartosik i in. 2010]. W procesie oddychania wytwarzają dwutlenek węgla, który w połączeniu z wodą, wywołuje powstanie kwaśnego węglanu wapnia (CaCO_3). Wytwarzane kwasy organiczne przyczyniają się do niszczenia i powodują deteriorację wielu materiałów technicznych. Intensywność osadzania się zarodników grzybów pleśniowych na powierzchni materiału technicznego zależy głównie od: zawartości wilgoci, obecności zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych oraz porowatości materiału technicznego. Przy czym głównym czynnikiem stymulującym rozwój jest zawsze wilgoć. Intensywność biodegradacji zależy w dużej mierze od stopnia nasilenia porażenia, rodzaju organizmów zasiedlających powierzchnię oraz od składu materiału technicznego [Drewello i Weissmann 1997, Cwalina i Zyska 2005, Bartosik i Żakowska 2007, Bartosik i in. 2010].

PRZEDMIOT ANALIZY

Do przeprowadzenia analiz wybrano 5 próbek szkła z widocznym biologicznym nalotem: szkło użytkowe o pojemności 100 ml (literatka), szkło laboratoryjne o pojemności 400 ml (zlewka) oraz 3 fragmenty szkła pochodzące z różnych obiektów budowlanych. Powierzchnia szkła z pozyskanych fragmentów była zmatowiona, pokryta barwnym nalotem (biało-szarym, szaro-czarnym oraz częściowo zielonym). Badane fragmenty szkła były zainfekowane mikroorganizmami przez okres 2 - 4 lat.

METODYKA BADAŃ

Próbki szkła zostały poddane badaniom pod kątem obecności zarodników grzybów pleśniowych w nalocie. Przeprowadzono obserwacje z wykorzystaniem elektronowego mikroskopu skaningowego (SEM - ang. *Scanning Electron Microscope*) typ JEOL JSM-7600F.

Pobrany ze szkła materiał biologiczny posiano również na podłoża agarowe do hodowli i izolowania grzybów:

- MEA (ang. *Malt Extract Agar* ekstrakt słodowy 30,0 g/l, pepton z mąki sojowej 3,00 g/l, agar 15,00 g/l, końcowe pH $5,6 \pm 0,1$ w 25°C po sterylizacji),
- syntetyczne Czapek - Doxa (siarczan magnezu $\times 7 \text{ H}_2\text{O}$ 0,50 g/l, diwodorofosforan potasu 1,00 g, chlorek potasu 0,50 g/l, azotan sodu 3,00 g/l, siarczan żelaza (III) $\times 7\text{H}_2\text{O}$ 0,01 g/l, sacharoza 30,00 g/l, agar 15 g/l, końcowe pH $5,8 \pm 0,2$ w 25°C po sterylizacji) oraz
- podłoże Sabourauda (ekstrakt drożdżowy 2,00 g/l, pepton 3,00 g/l, pepton SP 3,00 g/l, pepton K 3,00 g/l, glukoza 19,00 g/l, wodorofosforan di potasu 0,50 g/l, diwodorofosforan potasu 0,50 g/l chloramfenikol 0,50 g/l, agar 13,00 g/l, końcowe pH $6,4 \pm 0,1$ w 25°C po sterylizacji).

Analizę mikologiczną wykonano zgodnie z metodyką podaną przez CBS (Centraalbureau voor Schimmelcultures), [Samson i in. 2004]]. Zastosowano metodę bezpośredniego posiewu na szalki Petri'ego (*direct plating*), na której drobne fragmenty porażonego grzybami pleśniowymi materiału przenosi się lub naprósza na podłoża hodowlane [Hoekstra i in. 2004]. Próbki inkubowano w pomieszczeniu hodowlanym przykryte białym płótnem w temperaturze pokojowej 18° - 22° C z zachowaniem rytmu dobowego dnia i nocy. Czas przesiewów, hodowli i obserwacji dla izolowanego gatunku wynosił około 21 dni [Piontek 2004, 2007, 2010]. Wyizolowane szczepy poddano badaniom identyfikacyjnym. Do obserwacji grzybów użyto mikroskopu Nikon Eclipse 200 oraz mikroskopu stereoskopowego Olympus w laboratorium Instytutu Inżynierii Środowiska Uniwersytetu Zielonogórskiego.

WYNIKI

Analiza mikologiczna 5 próbek szkła wykazała obecność grzybów z rodzajów: *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Chaetomium*, *Fusarium*, *Monocillium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Trichoderma* i *Ulocladium*.

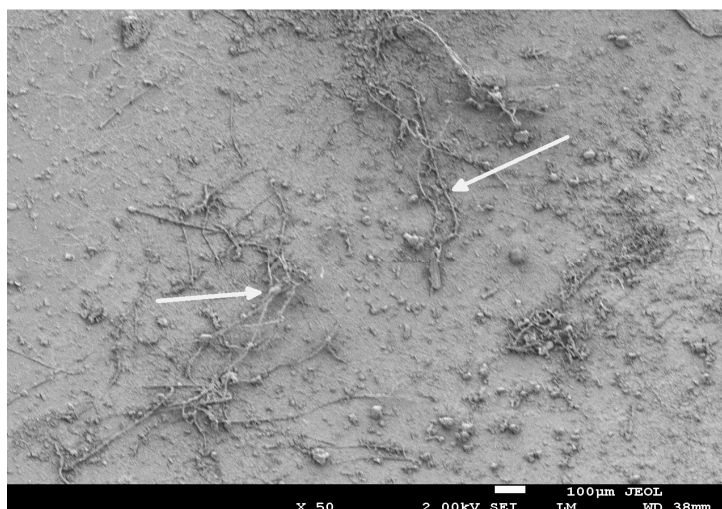
Tab. 1. Zestawienie gatunków grzybów pleśniowych oznaczonych na powierzchniach badanych próbek

Tab. 1. The species of fungi identified on the surface of the tested

Lp. próbki	Obiekt badań / metoda poboru próbki	Miejsce poboru próbki	Wyizolowane mikroorganizmy z powierzchni szkła
1	Szkło użytkowe (literatka)/ Metoda <i>direct plating</i>	Miejscowość Stary Zagór	<i>Aspergillus versicolor</i> <i>Cladosporium herbarum</i> <i>Fusarium</i> sp. <i>Monocilium indicum</i> <i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Trichoderma viride</i>
2	Szkło laboratoryjne (zlewka)/Metoda <i>direct plating</i>	Laboratorium IIS, Miejscowość: Zielona Góra	<i>Chaetonium elongatum</i> <i>Cladosporium herbarum</i> <i>Fusarium oxysporum</i> <i>Mucor racemosus</i> <i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Trichoderma viride</i> <i>Ulocladium chartarum</i>
3	Szkło z biofilmem/ Metoda <i>direct plating</i>	Miejscowość: Stary Zagór	<i>Aspergillus niger</i> <i>Aspergillus flavus</i> <i>Cladosporium sphaerospermum</i> <i>Fusarium oxysporum</i> <i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Penicillium brevicompactum</i>
4	Szyba ze składu drewna/ Metoda kontaktowa	Skład drewna. Miejscowość: Stary Zagór	<i>Cladosporium herbarum</i> <i>Fusarium oxysporum</i> <i>Mucor racemosus</i> <i>Penicilium chrysogenum</i> <i>Trichoderma viride</i>
5	Szyba z ogrodowej szklarni Metoda <i>direct plating</i>	Szklarnia. Miejscowość: Stary Zagór	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Mucor racemosus</i> <i>Penicillium chrysogenum</i> <i>Trichoderma viride</i> <i>Ulocladium chartarum</i>

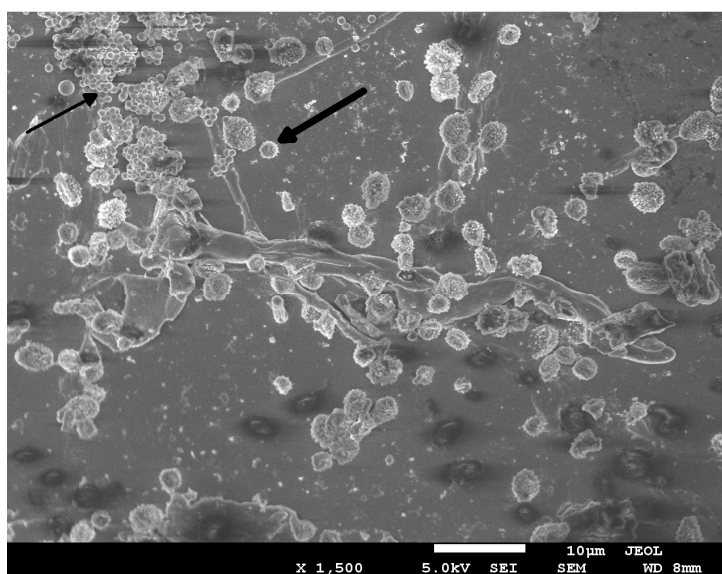
Zdjęcia w elektronowej technologii skaningowej

Wykonano mikroografię nalotu na próbkach szkła elektronowym mikroskopem skaningowym. Poniżej zestawiono przykładowe zdjęcia:



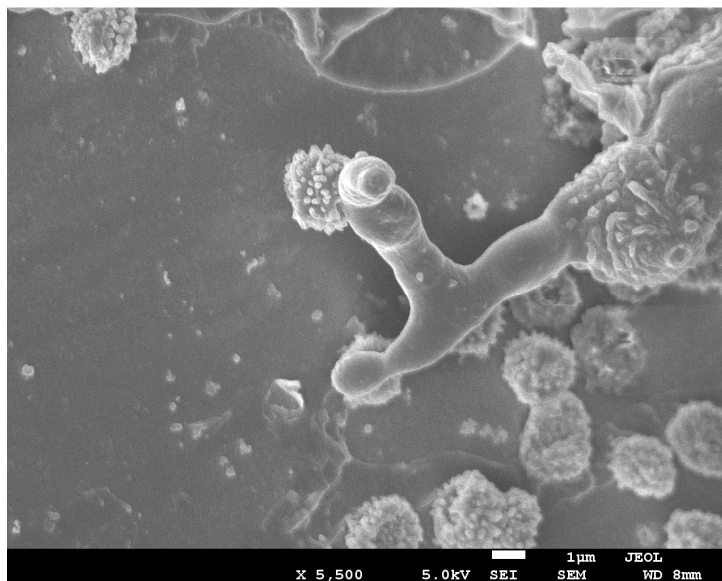
Fot. 1. Widoczny na powierzchni szkła nalot z mikroorganizmami. Białymi strzałkami zaznaczono strzępki grzybów pleśniowych

Phot. 1. Visible on the surface of the glass with microorganisms. The white arrows indicate the filamentous moulds



Fot. 2. Widoczne w nalocie biologicznym strzępki i zarodniki grzybów pleśniowych (cieńszą, czarną strzałką zaznaczono zarodniki grzyba *Penicillium* sp., grubszą należące do rodzaju *Aspergillus* sp.)

Phot. 2. Biodegradable filaments and mould spores (thinner, black arrows indicate the spores of the *Penicillium* sp., thicker are *Aspergillus* sp.)



Fot. 3. *Aspergillus* sp. w nalocie biologicznym (szkło laboratoryjne)
Phot. 3. *Aspergillus* sp. in biofilms (glass beaker)

DYSKUSJA I WNIOSKI

Przeprowadzone badania wykazały, że szkło może podlegać procesom korozji biologicznej. Proces ten został udokumentowany w wielu pozycjach literaturowych. Mało natomiast jest danych odnośnie gatunków tworzących biofilm na szkłe [Müller i in. 2001]. Już w latach 30-tych XX wieku odkryto biofilm z grzybnią grzybów pleśniowych na powierzchni szklanych soczewek i pryzmatów, które stanowiły optykę różnych przyrządów przechowywanych w magazynach w warunkach klimatu umiarkowanego. W okresie drugiej wojny światowej grzyby pleśniowe były stwierdzane na powierzchni elementów optycznych wielu urządzeń wykorzystywanych w klimacie tropikalnym stwierdzano także uszkodzenie powierzchni szkła spowodowanym obecnością grzybów pleśniowych [Andrejuk i in. 1980 cyt. za Zyska i in. 2005].

W latach 40-tych Ohtsuki [1943] stwierdził, że niektóre gatunki grzybów są zdolne do wzrostu na suchych substancjach stałych, przy wilgotności względnej mieszczącej się w zakresie 60-90%. Do tej grupy organizmów powodujących korozję szkła można zaliczyć przede wszystkim takie gatunki jak: *Aspergillus versicolor*, *A. glaucus* i *A. flavus*. Stwierdzono, że mogą być odpowiedzialne za niszczenie soczewek i pryzmatów stanowiących elementy optyczne takich przyrządów jak mikroskopy i aparaty fotograficzne.

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono gatunki z rodzaju *Aspergillus* (*A. versicolor*, *A. flavus*, *A. niger*) oraz z rodzaju: *Cladosporium*, *Chaetomium*, *Fusarium*, *Monocillium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Trichoderma* i *Ulocladium*. W latach 60-tych badania nad gatunkami grzybów pleśniowych rozwijających się na szkle optycznym przeprowadziła Kerner-Gang [1968] badając dziewięć różnych grzybów. Wyniki jej badań wykazały, że *Aspergillus versicolor* powoduje pierwsze objawy nadżerek szkła już po pięciu dniach. Po miesiącu silne nadżerki szkła powodowały takie gatunki grzybów jak: *Penicillium funiculosum*, *Dactylium fusarioides*, *Alternaria tenuis* i *Aspergillus fischeri*. Każdy gatunek pozostawiał inny ślad po sobie (rysunek na szkle). Badania były przeprowadzone w temperaturze 30°C przy wilgotności względnej powietrza 95% i 97%.

Interesujące wyniki uzyskali Weissmann i Drewello [1966], którzy stwierdzili, że obecność albo brak niektórych jonów metali w szkle wpływa na temperaturę wzrostu grzybów pleśniowych na tym materiale. Wzrost stężenia jonów manganu Mn^{2+} w szkle (z 2,4% do 4,8%) hamuje wyraźnie rozwój grzybów.

Nieodwracalne zmiany w powierzchniowych warstwach szkła spowodowane jest przez działanie metabolitów grzybów pleśniowych wchodzących w reakcje chemiczne ze szkłem (kwas glukonowy $CH_2OH(CHOH)_4COOH$, kwas szczawowy $HOOC-COOH$ i inne kwasy). Głębokość wymytych warstw, które może stanowić kryterium intensywności korozji szkła pozwala na utworzenie szeregu agresywności korozyjnej badanych mikroorganizmów: *Aspergillus niger* (80 μm), *Botrytis cinerea* (40 μm), *Penicillium chrysogenum* (30 μm), *P. brevicompactum*, *Cladosporium sphaerospermum* (25 μm), *Penicillium aurantiogriseum* (22 μm), *Fusarium cerealis* (22 μm).

W pobliżu strzępek grzybów tworzą się biominerały, w których skład wchodzi wylugowany wapń w postaci szczawianów powstających z kwasu wydzielonego przez grzyby. Kryształki soli są widoczne w skaningowym mikroskopie elektronowym. Obecność anionów kwasów organicznych w fazie krystalicznej na powierzchni skorodowanego szkła jest dowodem biogenicznego ich pochodzenia i stanowi istotną różnicę w stosunku do skutków abiotycznej korozji spowodowanej w szkle przez kwasy [Cwalina i Zyska 2005].

Wielu badaczy zajmującym się problemami korozji szkła stwierdza, że na stopień porażenia szkła grzybami pleśniowymi ma wpływ jego skład chemiczny [Nagamuttu 1967], a także obecność związków barwiących [Rodionowa i Razumowskaja 1972, Turkowa 1976].

Znane są też przypadki korozji szkła w starym kościele Cystersów w Hanau (Hesja, Niemcy) [Weissmann i Drewello 1996], oraz korozja witraży w kościele cystersów w Hanterive (Francja) [Kaiser i in. 1996].

Kerner-Gang i Schneider [1969] przedstawia zestawienie gatunków i rodzajów grzybów pleśniowych wyizolowanych z powierzchni binokularów (tabela 2).

Tab. 2. Grzyby pleśniowe wyizolowane z powierzchni szkła binokularów [Kerner-Gang i Schneider 1969, Zyska 2001 cyt. za Cwalina i Zyska 2005]

Tab. 2. Mould fungi isolated from glass surface of binoculars [Kerner-Gang and Schneider 1969, Zyska 2001 in Cwalina i Zyska 2005]

Gatunek grzyba pleśniowego	Liczba izolacji	Rejon geograficzny występowania grzybów na szkłe optycznym
<i>Alternaria tenuis</i>	1	Trinidad
<i>Aspergillus amstelodami</i>	3	Afryka, Amsterdam, Hamburg
<i>Aspergillus candidus</i>	1	Afryka
<i>Aspergillus fischeri</i>	2	Hamburg, Singapur
<i>Aspergillus flavus</i>	2	Singapur
<i>Aspergillus fumigatus</i>	4	Afryka, Amsterdam, Trynidad, Zurych
<i>Aspergillus nidulans</i>	1	Wybrzeże Morza Północnego
<i>Aspergillus niger</i>	2	Afryka, Monachium
<i>Chaetomium</i> sp.	1	Singapur
<i>Cladosporium</i> sp.	1	Afryka
<i>Paecilomyces variotii</i>	6	Afryka, Haiti, Zurych
<i>Penicillium citrinum</i>	1	Stuttgart
<i>Penicillium decumbens</i>	1	Afryka
<i>Penicillium fellutanum</i>	1	Trinidad
<i>Penicillium frequentans</i>	2	Haiti, Singapur
<i>Penicillium funiculosum</i>	3	Afryka, Haiti, Stuttgart
<i>Penicillium janthinellum</i>	1	Monachium
<i>Penicillium notatum</i>	7	Afryka, Frankfurt, Monachium, Wybrzeże Morza Północnego, Singapur, Trinidad
<i>Penicillium</i> sp.	6	
<i>Penicillium tardum</i>	1	Haiti, Hamburg, Singapur, Trinidad,
<i>Penicillium variabile</i>	4	Zurych
<i>Scopulariopsis brevicaulis</i>	1	Monachium, Amsterdam, Haiti, Monachium, Szwajcaria Trinidad

W zestawieniu dominują gatunki grzybów z rodzaju *Aspergillus* i *Penicillium*, dodatkowo występowały także grzyby pleśniowe z rodzaju *Cladosporium*, *Chaetomium* czy *Scopulariopsis* (tabela 2).

Przeprowadzone badania wykazały, że grzyby pleśniowe znalazły odpowiednie warunki do wzrostu i rozwoju na materiałach szklanych. Były to grzyby pleśniowe należące do 15 gatunków, często występujące w obiektach budowlanych w strefie klimatu umiarkowanego [Piontek 2004, Piontek i in. 2016b]. Obecność na szkłe zarodników grzybów pleśniowych, które zalicza się do organizmów deteryogennych, spowodowała interakcję z powierzchnią i z czasem może prowadzić do jego degradacji.

LITERATURA

1. ANDRIEJUK, I.; BIŁAJ, W.; KOWAL, Z.; KOZŁOWA, L.; 1980. Mikrobna korrozja i jej wozbuditeli. Naukowa Dumka, Kijew.
2. BARTOSIK, M.; ŻAKOWSKA, Z.; 2007. Korozja mikrobiologiczna szkła optycznego. Ochrona przed korozją, Nr 7, 294-296.
3. BARTOSIK, M.; ŻAKOWSKA, Z.; CEDZIŃSKA, K.; ROŻNIAKOWSKI, K.; 2010. Biodeterioration of optical Glass included by lubricants used in optical instruments technology. Polish Journal of Microbiology, Vol. 59, No 4, 295-300.
4. CARMONA, N.; LAIZ, L.; GONZALEZ, J.M.; GARCIA-HERAS, M.; VILLEGASA, M.A.; SAIZ-JIMENEZ, C.; 2006. Biodeterioration of historic stained glasses from the Cartuja de Miraflores (Spain). International Biodeterioration & Biodegradation 58, 155-161.
5. CWALINA, B.; ZYSKA, B.; 2005. Mineralne materiały budowlane-kamień, beton, cegła, zaprawy budowlane, szkło; w: Mikrobiologia materiałów. Politechnika Łódzka, 377-412.
6. DREWELLO, R.; WEISSMANN, R.; 1997: Microbially influenced corrosion of glass. Applied Microbiology and Biotechnology, 47, 337-346.
7. GUTAROWSKA, B.; 2014. Moulds in biodeterioration of technical materials. Acta Universitatis Lodzianis, Folia Biologica et Oecologica 10, 27-39.
8. HOEKSTRA E.S, SAMSON R.A. SUMMERBELL R.C.; 2004. Methods for the detection and isolation of fungi in the indoor environments. In: R.A. Samson, E.S. Hoekstra, J.C. Frisvad, (red.) Introduction to food and airborne fungi. Seventh Ed. Utrecht. Centralbureau voor Schimmcultures (CBS) The Netherlands.
9. KAISER, J.P.; TRÜMLER, S.; RASCHLE, P.; 1996. Fungal growth on medieval glass paintings [In.: HEITZ, E.; FLEMMING, H.C.; SAND, W. (Eds.) Microbially Influenced Corrosion of Materials. Springer, Berlin, Heidelberg, 353-357.
10. KERNER-GANG, W.; 1968. Zur Frage der Entstehung von Schimmelpilzspuren auf optischen Gläsern. Material und Organismen, 3, 1-17.
11. KERNER-GANG, W., SZNEIDER, R.; 1969. Von Optischen Gläsern isolierte Schimmelpilze. Material und Organismen, 4, 291-296.
12. KWIATKOWSKA, M; WAŻNY, R.; TURNAU, K.; WÓJCIK, A.; 2016. Fungi as deterioration agents of historic glass plate negatives of Brandys family collection. International Biodeterioration & Biodegradation 115, 133-140.
13. MÜLLER, E.; DREWELLO, U.; DREWELLO, R.; WEISSMANN, R.; WUERTZ, S.; 2001. In situ analysis of biofilms on historic window glass using confocal laser scanning microscopy. Journal of Cultural Heritage 2, 31-42.

14. NAGAMUTTU, S.; 1967. Moulds on optical glass and control measures. *International Biodeterioration Bulletin*, 3, 25-27.
15. OHTSUKI, T.; 1943. Über das Verschimmeln der gläsernen Gegenstände. *Proceedings Imp. Academy of Tokyo*, 19, 688-693.
16. PIONTEK, M.; 1999. Atlas grzyby pleśniowe. Zielona Góra, Politechnika Zielonogórska.
17. PIONTEK, M.; 2004. Grzyby pleśniowe i ocena zagrożenia mikotoksycznego w budownictwie mieszkaniowym. Wydawnictwo Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra.
18. PIONTEK M.; 2007. Strains of *Aspergillus versicolor* Tiraboschi synthesizing sterigmatocystin and the differentiation of mycotoxic risk dependent on their productivity in housing buildings. *Mycotoxin Research* Vol.23, No. 1, 34-38.
19. PIONTEK M.; 2010. Use of planarian *Dugesia tigrina* Girard bioassay for assessing the toxicity of sterigmatocystin produced by *Aspergillus versicolor* Tiraboschi. *Environment Protection Engineering*, Vol. 36 (1), 65-71.
20. PIONTEK, M.; LECHÓW, H.; ŁUSZCZYŃSKA, K.; 2016 a. Existence of mould spores in biofilm on the building facade of the Institute of Environmental Engineering, University of Zielona Góra, *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Zielonogórskiego*, Nr 163, IS 43, 39-52.
21. PIONTEK M., ŁUSZCZYŃSKA K., LECHÓW H. 2016 b. Occurrence of the toxin-producing *Aspergillus versicolor* Tiraboschi in residential buildings. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 13 (9): 1-12.
22. RADIONOWA, M.S.; RAZUMOWSKAJA, Z.G; 1972. O rozrastaniu pleśniowych grzybów na powierzchni optycznych stekół (Ros.) W: *Problemy biologicznych powreżdżeń i obrastania materiałów, izdzielij, sooruzhenij*. Nauka, Moskwa, 45-60.
23. RODRIGUES, A.; GUTIERREZ-PATRICIO, S.; ZÉLIA MILLER, A.; SAIZ-JIMENEZ, C.; WILEY, R.; NUNES, D.; VILARIGUES, M.; MACEDO, M.F.; 2014. Fungal biodeterioration of stained-glass Windows. *International Biodeterioration & Biodegradation* 90, 152-160.
24. SAMSON R.A, HOEKSTRA E.S., FRISVAD J.C.; 2004. Introduction to food and airborne fungi. Seventh Ed. Utrecht. Centralbureau voor Schimmerecultures (CBS) The Netherlands, ss. 389.
25. TOURNIE, A.; RICCIARDI, P.; COLOMBAN, P.H.; 2008. Glass corrosion mechanisms: A multiscale analysis. *Solid State Ionics*, 179, 2142-2154 (Elsevier B.V).
26. TURKOWA, Z.A; 1976. Powreżdżenia niektórych technicznych materiałów grzybami (Ros.) W: *Biokorozja, biopowreżdżenia, obrastania*. Nauka. Moskwa, 71-80.

27. WEISSMANN, R.; DREWELLO, R.; 1996. Attack on glass. [In: Heitz, E.; FLEMMING, H.C.; SAND, W. (Eds.) Microbially Influenced Corrosion of Materials. Springer, Berlin, Heidelberg, 340-352.
28. ZYSKA, B., ŻAKOWSKA, Z. (red.); 2005. Mikrobiologia materiałów. Politechnika Łódzka, s.618.

GLASS BIODETERIORATION CAUSED BY MOULD SPORES

S u m m a r y

Microorganisms induce biodeterioration of both organic and inorganic building materials. From scientific literature it is clear that biological agents (mainly bacteria, cyanobacteria, mould spores and algae) settle on the surface of the glass, initiating in time the processes of its destruction. Biological corrosion is a consequence, among others. In the Institute of Environmental Engineering University of Zielona Góra, 5 samples of glass with visible bio-rays were analyzed. Microscopic examination of the glass fragments showed the presence of mould spores of the genus: Aspergillus, Cladosporium, Chaetomium, Fusarium, Monocillium, Mucor, Penicillium, Trichoderma and Ulocladium.

Key words: biological corrosion, biodeterioration of glass, microorganisms