

MARLENA PIONTEK, KATARZYNA BEDNAR*

BIODETERIOGENNE GRZYBY W KOPALNIACH WĘGLA KAMIENNEGO

Streszczenie

Badania nad występowaniem grzybów, w tym grzybów pleśniowych w kopalniach są prowadzone od wielu lat. Grzyby pleśniowe jak i inne biodeteriogenne organizmy rozwijają się na każdym rodzaju materiału stosowanego w wyrobiskach górniczych, dlatego szkody wyrządzone przez nie są nie do uniknięcia. W kopalniach węgla kamiennego wzrostowi mikroorganizmów sprzyja mikroklimat kopalni, specyficzne warunki środowiskowe, zarówno wysoka wilgotność względna powietrza jak i temperatura. Organizmy te porastają drewno, materiały izolacyjne przewodów elektrycznych, urządzenia elektryczne, mogą uszkadzać taśmy przenośnikowe, a także występują w emulsjach olejowo-wodnych stosowanych do układów hydraulicznych w kopalniach. Poza tym grzyby pleśniowe mogą stwarzać zagrożenie dla zdrowia osób pracujących w kopalniach.

Słowa kluczowe: organizmy biodeteriogenne, grzyby pleśniowe, kopalnie węgla kamiennego

Wprowadzenie

Organizmy biodeteriogenne, w tym grzyby pleśniowe rozwijają się licznie m.in. na materiałach stosowanych w wyrobiskach górniczych ponieważ występują w każdym środowisku. Z biologicznego punktu widzenia powszechność występowania grzybów pleśniowych jest uwarunkowana produkcją bardzo licznych zarodników oraz niezwykle skromnymi wymaganiami żywieniowymi. Grzyby pleśniowe są chemoorganotrofami. Najlepszym do rozwoju tych organizmów jest podłoże organiczne. Wykorzystują różnorodne źródła węgla [Piontek 2004]. Badania prowadzone przez pracowników Laboratorium Korozji Mikrobiologicznej Głównego Instytutu Górnictwa potwierdziły, że mikroorganizmy rozwijają się na każdym materiale stosowanym w wyrobiskach górniczych.

* Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Inżynierii Środowiska

Źródłem zakażenia może być węgiel lub inna kopalina, woda kopalniana, eksploatowane materiały oraz człowiek. Wzrostowi tych organizmów sprzyjają odpowiednie warunki środowiskowe, mikroklimat wnętrza kopalni. Powietrze wyrobisk kopalń głębinowych cechuje wysoka temperatura i duża wilgotność względna. W odległości 2000 m od szybu, na głębokości 300-400 m od powierzchni ziemi, temperatura w ciągu roku wynosi 24-28°C, a wilgotność względna 80-100%. Jak podaje klasyfikacja klimatologiczna warunki w wyrobiskach większości europejskich kopalń głębinowych można zaliczyć do wilgotnego klimatu tropikalnego [Zyska 2001]. W Głównym Instytucie Górnictwa już od lat 70. podjęto badania nad opracowaniem metod i środków zabezpieczania kopalnianych urządzeń elektrycznych przed mikrobiologiczną biodeterioracją [Zyska 2005].

Rozkład izolacji i powłok gumowych przewodów elektrycznych stosowanych w kopalniach przez organizmy biodeteriogenne

Badania nad rolą mikroorganizmów, które uszkadzają gumy izolacyjne kabli elektrycznych stykających się z glebą przeprowadzali Amerykanie Blade i wsp. w latach 40. W latach 70. Zyska przeprowadził badania nad wpływem drobnoustrojów na kable i przewody górnicze w oparciu o próby w środowisku kopalń głębinowych oraz w testach glebowych. Badania jego pokazały, że oprócz wytrzymałości mechanicznej, odporności na korozję, wilgoć i podwyższoną temperaturę, kable i przewody górnicze powinny odznaczać się odpornością na działanie mikroorganizmów biodeteriogennych [Zyska 2001].

Pojawienie się grzybów pleśniowych w warunkach wyrobisk górniczych następuje w krótkim czasie. Jeżeli weźmiemy pod uwagę izolację przewodów elektrycznych w kopalniach, to zasiedlenie gumy oponowej kabli i przewodów górniczych, czyli zewnętrznej ich warstwy następuje po około dwóch tygodniach. Objawia się to w postaci nalotów grzybni na powierzchni kabli i przewodów. Badania nad składem mikroorganizmów zasiedlających kable górnicze przeprowadzono w 11 próbkach z czterech kopalń. Z badań tych wynika, że największy procent mikroorganizmów biodeteriogennych stanowiły grzyby pleśniowe. Udział promieniowców i bakterii wahał się w granicach od 0 do 8,5 %. W badaniach mikroorganizmów zasiedlających gumę oponową kabla elektrycznego o przekroju 5 x 4 mm² dla napięcia 0,75 kV pobranego z kopalni „Prezydent” w Chorzowie, z wyrobiska na głębokości 212 m analizowano kabel, który był w użyciu przez 12 miesięcy. Drobnoustroje izolowano z gumy na głębokości 0,4-1,1 mm od powierzchni kabla. Badania wykazały, że największy udział miały grzyby pleśniowe z rodzaju *Aspergillus* i *Penicillium*, następnie *Scopulariopsis*, *Fusarium* i *Cladosporium*, najmniej licznie wystąpiły grzyby

z rodzaju *Cephalosporium*, *Botrytis* oraz *Trichothecium*, podobnie jak bakterie i promieniowce [Zyska 2001].

Oprócz kabli elektrycznych przeprowadzone były badania próbek z takich urządzeń elektrycznych jak: rozdzielnia, zespół pompowy, skrzynka przekaźnikowa oraz ze stycznika. Łącznie wyizolowano 181 szczepów grzybów pleśniowych. Do gatunku oznaczono 13 grzybów: *Aspergillus usus*, *A. ochraceus*, *A. versicolor*, *A. niger*, *Penicillium frequentans*, *P. brevicompactum*, *P. chrysogenum*, *Chaetomium globosum*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium solani*, *Gliocladium roseum*, *Scopulariopsis brevicaulis*, *Trichoderma viride* [Zyska 2005].

Badania mikologiczne w kopalni węgla kamiennego „Mysłowice” przeprowadzał Zygmunt Cieplik [za Zyska 2005]. Z 10 materiałów technicznych na głębokości 300 m wyizolował 43 gatunki grzybów, a z powietrza kopalnianego zebrał na filtrach i na szalkach Petri’ego 34 gatunki grzybów. Badania te objęły grzyby zasiedlające kable elektryczne w izolacji z gumy [Zyska 2005].

Uszkodzenia taśm przenośnikowych stosowanych w kopalniach głębiniowych wywołane przez grzyby pleśniowe

Dla potrzeb głębinowych kopalń węgla kamiennego w latach 50. w Wielkiej Brytanii uruchomiona została produkcja taśm przenośnikowych z polichlorku winylu jako substytutu gumowych taśm przenośnikowych, które spowodowały pożar w kopalni i śmierć wielu górników. Ze względu na to, że podobne pożary miały miejsce w polskim górnictwie węglowym w Bydgoskich Zakładach Przemysłu Gumowego uruchomiono w latach 60. produkcję taśm przenośnikowych z polichlorku winylu. W taśmach tych czynnikiem, który powodował wytrzymałość były tkaniny bawełniane, tkaniny wiskozowe oraz tkaniny poliamidowo-wiskozowe. W krótkim czasie po zastosowaniu w kopalniach polskich taśm z PCW z tkaninami bawełnianymi okazało się, że taśmy tracą swoją wytrzymałość ze względu na rozkład bawełny przez celulolityczne grzyby pleśniowe. Taśmy takie ulegały zrywaniu na złączach mechanicznych, a nawet na ciągach taśm między złączami.

B. Zyska wraz z naukowcami z Wielkiej Brytanii przeprowadzili wspólnie badania nad szybkością penetracji pięciu grzybów celulolitycznych (*Trichoderma viride*, *Stachybotrys chartarum*, *Memnoniella echinata*, *Fusarium solani*, *Penicillium janthinellum*) do włókien bawełnianych taśmy przenośnikowej z PCW. Po przeprowadzeniu badań stwierdzono, że grzyb pleśniowy *Trichoderma viride* penetrował taśmę z PCW o pięciu przekładkach bawełnianych na głębokości ponad 96 mm w ciągu 20 dni, co stanowiło 10 % szerokości taśmy. Badania te wykazały, że sam polichlorek winylu jako bariera fizyczna nie dawał

zabezpieczenia bawełny przed biodeteriogennymi mikroorganizmami [Zyska 2001].

Podczas eksploatacji taśm przenośnikowych z PCW dochodziło często do uszkodzeń mechanicznych, a więc i do odsłonięcia tkaniny. W takich przypadkach ingerencja grzybów pleśniowych z miejsca uszkodzenia taśmy przenośnikowej była bardzo szybka i rozchodziła się po całym przekroju poprzecznym taśmy. W związku z tym przeprowadzono badania skuteczności takich fungicydów jak: o-fenylfenyl, chloracetamid, merkaptobenzotiazol, laurynian pięciochlorofenolu oraz pochodna tiokarbamylu. Wyniki wykazały, że najlepsze zabezpieczenie bawełny w taśmach przenośnikowych osiągnięto przez dodanie do pasty z PCW 4% pochodnej tiokarbamylu. Szacuje się, że fungicyd ponad dwukrotnie zwiększył odporność mikrobiologiczną taśm [Zyska 2001].

Grzyby pleśniowe w emulsjach olejowo-wodnych stosowanych w układach hydraulicznych w kopalniach węgla kamiennego

Najbardziej uciążliwym zjawiskiem związanym z problematyką mikrobiologicznego rozkładu w kopaniach węgla kamiennego jest rozkład trudno palnych cieczy hydraulicznych zasilających obudowy zmechanizowane. W wyniku aktywności życiowej mikroorganizmów może nastąpić zmiana barwy i konsystencji emulsji, a więc i w konsekwencji utrata ich właściwości użytkowych.

Mikroorganizmy występujące w emulsjach stosowanych w układach hydraulicznych w kopalniach mogą powodować:

- rozwarstwienie cieczy w skutek ubytku emulgatorów,
- tworzenie kożuchów na powierzchni oraz zawiesin wytworzonej biomasy w cieczy,
- utratę właściwości smarnych,
- przebarwienie cieczy – powstawanie koloru szarego i czarnego, wskutek reakcji wydzielonego przez bakterie siarkowodoru z jonami żelaza,
- spadek wartości pH emulsji, spowodowany uwalnianiem się kwasów organicznych w procesach tlenowych oraz wydzielaniem H₂S w procesach beztlenowych,
- korozję metali na skutek spadku wartości pH oraz rozkładu elektrochemicznych inhibitorów korozji,
- zapychanie filtrów oraz utrudnianie cyrkulacji cieczy, spowodowane powstaniem i gromadzeniem się biomasy oraz wytrącaniem siarczków, powstających przy udziale bakterii beztlenowych redukujących siarczany,
- wyciekanie cieczy wskutek zwiększającej się agresywności korozyjnej wobec metali i innych elementów obudowy,
- pojawienie się nieprzyjemnych zapachów, np. zjełczalego tłuszczu, będącego lotnymi produktami przemiany bakterii tlenowych oraz siarkowodoru.

Duży udział w rozkładzie emulsji mają oprócz bakterii drożdże i grzyby pleśniowe. Rozwój ich następuje wtedy, gdy kwaśne produkty przemiany materii wywołanej przez bakterie przyczynią się do obniżenia wartości pH środowiska. Zespół mikroorganizmów występujący w emulsjach stosowanych w kopalniach węgla kamiennego jest zróżnicowany w zależności od ich rodzaju oraz warunków specyficznych dla poszczególnych kopalń. Grzyby pleśniowe wyizolowane z emulsji olejowo-wodnych stosowanych w kopalniach to: *Alternaria alternata*, *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *A. ruber*, *A. versicolor*, *Botrytis cinerea*, *Chaetomium globosum*, *Cladosporium cladosporioides*, *C. herbarum*, *Fusarium chlamydosporum*, *F. oxysporum*, *F. solani*, *Penicillium citrinum*, *P. chrysogenum*, *P. frequentans*, *P. spinulosum*, *P. variable*, *Rhizopus stolonifer*, *Trichoderma viride*. Gatunki drożdży to: *Candida albicans*, *Geotrichum candidum*, *Rhodotulula rubra* [Janda 2005].

Grzyby rozkładające drewno w kopalniach

Drewno i jego trzy główne składniki – celuloza, hemicelulozy oraz lignina – ulegają w różnym stopniu rozkładowi pod wpływem działania grzybów [Zyska 1970]. Rozkład celulozy i ligniny jest procesem biochemicznym, zachodzącym pod wpływem enzymów celulazy i ligninazy wydzielanych przez strzępki grzybni. Drewno pod wpływem rozkładu zmienia swoją barwę, zapach, gęstość (ciężar objętościowy). Zmieniają się w drewnie także właściwości mechaniczne. Wszystkie te zmiany zachodzące w drewnie uzależnione są od gatunku grzyba i od warunków, w jakich zachodzi proces rozkładu [Ważny 2001]. Grzyby porastające drewno są ważną fizjologiczno-ekologiczną grupą organizmów [Rypącek 1966]. W kopalniach węgla oprócz grzybów pleśniowych należących do gromad *Zygomycota*, *Ascomycota*, oraz grzybów anamorficznych mogą występować też grzyby domowe należące do gromady podstawczaków (*Basidiomycota*). W naszym kraju występuje kilkanaście gatunków grzybów domowych, które pod względem szkodliwości można podzielić na cztery grupy:

- **I** – grzyby najbardziej niebezpieczne, powodujące bardzo szybki rozkład drewna na dużych powierzchniach (np. krowiak łykowany, podskórnik zatokowaty)
- **II** – grzyby mniej szkodliwe w budynkach a bardziej w miejscach otwartych, charakteryzujące się gniazdowym występowaniem (np. ciemnoskórek belkowy)
- **III** – grzyby mało szkodliwe, rozwijające się tylko przy dużej wilgotności podłoża (np. czuprynka kulista)
- **IV** – grzyby mało szkodliwe dla drewna atakujące różne materiały: tynki, powłoki malarskie itp. powodujące ich niszczenie, rozwijające się tylko przy dużej wilgotności podłoża [Kozarski 1997].

Na drewnie kopalnianym może występować gatunek grzyba należący do I kategorii – grzyb kopalniany *Paxillus panoides* Fr. (*Paxillus acheruntius*) znany też jako krowiak łykowany. Grzyb ten powoduje silny i szybki rozkład brunatny drewna. Zniszczone drewno przybiera barwę żółtozieloną, która pod koniec rozkładu przechodzi w odcień brunatny. Drewno można łatwo rozetrzeć na proszek. Grzyb kopalniany rozwija się dobrze w miejscach o dużej wilgotności. Posiada zdolność owocowania w całkowitej ciemności.

Oprócz grzyba kopalnianego w kopalniach węgla występują często takie gatunki jak: grzyb domowy właściwy *Serpula lacrymans* (Wolf., Fr) Schoret – znany jako stroczek łzawy lub stroczek domowy, oraz grzyb piwniczny *Coniophora puteana* (Schum., Fr.), Karst, znany jako gnilica różgowata lub brunatny grzyb domowy, a także grzyb domowy biały *Poria vaporaria* Pers. – porzyca inspektowa oraz wrosłak rzędowy *Trametes serialis* Fr. [Ważny 2001].

Górnictwo węgla kamiennego w Polsce wprowadziło w ostatnich latach skuteczne metody zabezpieczania drewna kopalnianego przed destrukcją powodowaną przez grzyby, uzyskując tym samym spore efekty ekonomiczne.

Grzyby pleśniowe w kopalniach jako zagrożenie dla zdrowia górników

Oprócz negatywnej w skutkach biodeterioracji materiałów stosowanych w kopalniach grzyby pleśniowe wpływają na zdrowie górników. Nabywane drogą oddechową, pokarmową lub na skutek wniknięcia przez uszkodzoną skórę powodują zakażenia grzybicze. W wyniku narażenia zawodowego na grzyby może dochodzić do rozwoju grzybic skórnych wywoływanych przez takie gatunki jak: *Trichophyton verrucosum*, *T. mentagrophytes*, *T. rubrum*. Specyficzne warunki mikroklimatyczne w kopalniach (duża wilgotność i wysoka temperatura) sprzyjają wzmożonej potliwości i zakażeniom także drożdżakami *Candida albicans* [Wiszniewska 2009].

Grzyba *Sporothrix schenckii*, który często porasta drewno w kopalniach może wywoływać grzybicę sporotrychozę. Do masowej infekcji tym gatunkiem grzyba pleśniowego doszło w 1945 roku w kopalniach w Witwatersrand – Afryka Płd., gdzie zaobserwowano 1500 przypadków sporotrychozy [Müller i wsp. 1987]. Sporotrychoza może prezentować wielość obrazów klinicznych. Lokalizuje się w obrębie skóry, błon śluzowych, węzłów chłonnych, kości i narządów wewnętrznych. Infekcji sprzyjają urazy skóry materiałem drzewnym, na którym często bytuje omawiany gatunek [Zabawski i in. 1998]. *Sporothrix schenckii* rośnie w tkankach gospodarza w formie drożdżowej. Charakterystyczna dla sporotrychozy jest wrzodziejąca zmiana pierwotna na kończynie oraz mnogie guzki i ropnie wzdłuż naczyń chłonnych [Kayser 2007].

Oprócz grzybów pleśniowych i drożdży, które mogą powodować opisane wyżej grzybice, górnicy narażeni są na działanie grzybów alergogennych, które występują w kopalniach i rozkładają materiały techniczne. Zagrożenie alergogenne mogą potęgować także roztocze (*Acari*). Rozkruszek drobny *Tyrophagus putrescentiae* Schrank, dla którego grzyby te stanowią pokarm stwierdzany był w kopalniach węgla kamiennego na Górnym Śląsku [Solarz 2002].

Literatura

1. JANDA K.: Produkty naftowe. W : *Mikrobiologia materiałów* [red] Zyska B. Żakowska Z., Politechnika Łódzka, Łódź, 447 – 486, 2005
2. KAYSER F.H.: Grzyby jako patogeny człowieka W: *Mikrobiologia lekarska*, F.H. Kayser, K.A. Bienz, J Eckert, R.M. Zinkernagel, Red. naukowa tłumaczenia P.B. Heczko, A. Pietrzyk, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa, 328-343, 2007
3. KOZARSKI P.: *Konserwacja domu*, Polskie Stowarzyszenie Mykologów Budownictwa, Wrocław, 342, 1997
4. MÜLLER E., LOEFFLER W.: *Zarys mikologii dla przyrodników i lekarzy*, Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa, 523, 1987
5. PIONTEK M.: *Grzyby pleśniowe i ocena zagrożenia mikotoksycznego w budownictwie mieszkaniowym*. Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra, 174, 2004
6. RYPÁČEK V.: *Biologie holzerstörender Pilze*, Jena G. Fischer Verlag, 59, 1966
7. SOLARZ K.: Subclassis: *Acari* Latreille, 1795 – Podgromada: Roztocze. Roztocze alergogenne W: *Parazytologia i akarontomologia medyczna*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 332-378, 2002
8. WISZNIEWSKA M.: *Grzyby pleśniowe – ekspozycja zawodowa i zagrożenia*. Praca i zdrowie (<http://www.pracaizdrowie.com.pl/content/view/749/6/>), 2009
9. WAŻNY J.: Mikroorganizmy rozwijające się w budynkach. W: *Ochrona budynków przed korozją biologiczną*, Arkady, Warszawa, 52- 90, 2001
10. ZABAWSKI J., BARAN E.: Charakterystyka częściej występujących grzybów chorobotwórczych i grzybów oportunistycznych z podgromad: Zygomycotina, Ascomycotina i Deuteromycotina. W: *Zarys mikologii lekarskiej* [red] Baran E., Volumed, Wrocław, 37-72, 1998
11. ZYSKA B.: *Hamowanie dysymilacji bielu sosnowego przez preparaty stosowane w impregnacji kopalniaków*. Prace Głównego Instytutu Górnictwa, Katowice, 78, 1970
12. ZYSKA B.: *Katastrofy, awarie i zagrożenia mikrobiologiczne w przemyśle i budownictwie*, Politechnika Łódzka, Łódź, 300, 2001

13. ZYSKA B. Materiały elektroizolacyjne W : *Mikrobiologia materiałów* red. Zyska B. Żakowska Z., Politechnika Łódzka, Łódź, 493-520, 2005

BIODETERIOGENIC MOULDS IN COAL MINES

S u m m a r y

Studies on the prevalence of fungi, including moulds in the mines are done for many years. Moulds and other biodeteriogenic organisms develop on any type of material used in excavations, because the damage caused by these are not inevitable. In coal mines the growth of microorganism favour mico-climate of the mine, specific environmental conditions, both high relative humidity and temperature. These organisms grow on wood, insulation materials for electrical wiring, electrical equipment, can damage the conveyor, and also occur in the oil - water emulsions used in the hydraulic systems in the mines. In addition, moulds can cause health risks of people working in the mines.

Key words: biodeteriogenic organisms, moulds, coal mines