

Agnieszka TRUSZ-ZDYBEK*, Dominik DOBROWOLSKI*,
Anna SZYMCZYCHA-MADEJA**

ROLA NITKOWATYCH BAKTERII ŻELAZOWYCH I MANGANOWYCH ORAZ GRZYBÓW W FORMOWANIU BIOFILMU W SYSTEMACH DYSTRYBUCJI WODY

W sieci dystrybucji wody przeznaczonej do spożycia może występować grupa charakterystycznych mikroorganizmów takich jak: organizmy nitkowate i grzyby niestrzępkowe. Obecność ich w tym środowisku może być jednym z czynników umożliwiających tworzenie się biofilmu, który może stanowić rezerwar mikroorganizmów chorobotwórczych i jest jedną z głównych przyczyn wtórnego zanieczyszczenia wody w sieci wodociągowej. Drobnoustroje te tworzą struktury do których mogą przyczepiać się inne mikroorganizmy. Mogą umiejscawiać się na powierzchni materiałów z których konstruowane są sieci wodociągowe, zarówno w miejscach stagnacji wody, jak i jej przepływu szybkiego, a nawet turbulentnego, ułatwiając zasiedlenie tych miejsc przez inne mikroorganizmy. W związku z tym istotne jest jak najlepsze poznanie ich morfologii i fizjologii oraz warunków bytowania.

1. WSTĘP

Naturalną tendencją mikroorganizmów jest adhezja do powierzchni i formowanie się biofilmów. Jest to proces wieloetapowy polegający na przyłączeniu się mikroorganizmów do mokrych powierzchni, namnażaniu i osadzaniu się ich w matrycy składającej się z zewnątrzkomórkowych substancji EPS (extracellular polymeric substance), którą same wytwarzają [1, 2].

Biofilm powstający na powierzchni materiałów tworzących sieć dystrybucji wody jest ze względu na swoje właściwości odżywcze i ochronne rezerwuarem wirusów, bakterii, głównie heterotroficznych, grzybów i pierwotniaków oportunistycznie patogennych i cho-

* Zakład Biologii Sanitarnej i Ekotechniki, Wydział Inżynierii Środowiska Politechniki Wrocławskiej, pl Grunwaldzki 9, Wrocław, agnieszka.trusz-zdybek@pwr.edu.pl.

** Zakład Chemii Analitycznej, Wydział Chemiczny Politechniki Wrocławskiej

robotwórczych, które wraz z odrywającym się fragmentem biofilmu obniżają higieniczną jakość wody i mogą stanowić poważne zagrożenie zdrowia, a nawet życia konsumentów [3-6]. Zarówno bakterie jak i grzyby nitkowate oraz grzyby drożdżoidalne odgrywają kluczową rolę w tworzeniu obrostów biologicznych w systemie dystrybucji wody.

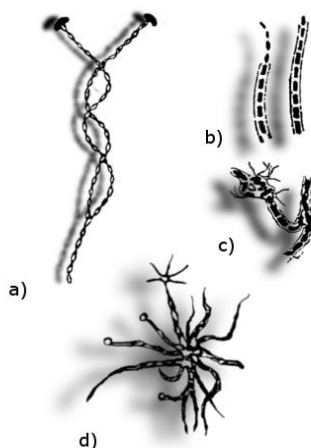
Pomimo wielu badań organizmy nitkowate, szczególnie bakterie, nie do końca zostały poznane. Wiele rodzajów nadal nie jest zidentyfikowanych, co spowodowane jest przede wszystkim tym, iż większość z nich nie daje się wyizolować z zbiorowisk innych mikroorganizmów, wyhodować na podłożach laboratoryjnych oraz ciężko jest określić ich przynależność taksonomiczną, stąd też nie są udokumentowane w standardowych podręcznikach mikrobiologicznych. Jest to związane między innymi z tym, że wiele z nich może zmienić swoją morfologię w odpowiedzi na zmiany warunków środowiskowych [7]. Produkty metabolizmu grzybów mikroskopowych obecnych w sieci dystrybucji wody – miktotoksyny, których do tej pory zidentyfikowano więcej niż 400 rodzajów, a ich liczba stale rośnie, są przyczyną wielu chorób człowieka [8]. Można do nich zaliczyć: martwice, uszkodzenia ośrodkowego układu nerwowego, nowotwory żołądka, uszkodzenia nerek i wątroby. Są również czynnikami wywołującymi alergię, zapalenie spojówek i błon śluzowych nosa oraz mogą być przyczyną astmy. Wywoływane przez nie grzybice dotyczą w większości zewnętrznych powierzchni organizmu (włosów, skóry i paznokci) [9].

2. ŻELAZOWE I MANGANOWE ORGANIZMY NITKOWATE ORAZ GRZYBY W SIECI DYSTRYBUCJI WODY

Bakterie żelazowe i manganowe to grupa mikroorganizmów różniąca się między sobą zarówno pod względem morfologicznym jak i fizjologicznym. Część z nich to mikroorganizmy nitkowate, głównie oddychające tlenowo, używające tlenu jako ostatecznego akceptora elektronów w metabolizmie oddechowym oraz względne tlenowce [7, 10]. Ze względu na wymagania pokarmowe bakterie nitkowate obecne w sieci wodociągowej dzielimy na: chemolitotroficzne, chemoorganotroficzne i miksotroficzne. Te ostatnie jako pierwsze rozpoczynają proces zasiedlania sieci wodociągowych [11-13]. Większość bakterii żelazowych potrafi jednocześnie utleniać żelazo i mangan. Jednak występują również gatunki zdolne do utleniania tylko jednego z tych metali. Grupy nitkowatych bakterii *Sphaerotilus* i *Leptothrix* różnią się między sobą tolerancją na duże stężenie związków organicznych, niedostatek tlenu i umiejętnością utleniania zarówno żelaza jak i manganu. Bakterie nitkowate utleniające tylko żelazo to np. *Sphaerotilus natans*, które rozwijają się w środowisku bogatym w substancje organiczne i ubogim w tlen. Gatunki z rodzaju *Leptothrix* mają zdolność do utleniania zarówno żelaza jak i manganu. Bytują w biotopach dobrze natlenionych, ubogich w substancje organiczne. Natomiast zdolność do utleniania tylko związków manganu

mają bakterie z rodzaju *Metallogenium*. Grupa bakterii *Sphaerotilus–Leptothrix* jako źródło węgla może wykorzystywać węgiel w postaci dwutlenku węgla lub węgla w połączeniach organicznych [12, 14].

Bakterie mogą akumulować produkty utleniania żelaza i/lub manganu na zewnątrz komórek (w wyrostach cytoplazmatycznych, stylkach i pochwawkach) lub w organelach wewnątrzkomórkowych (endosporach i magnetosomach).



Rys. 1. Grupy bakterii utleniających żelazo i mangan z uwzględnieniem charakterystycznych cech morfologicznych. Nienitkowate bakterie stylkowe (a - *Gallionella ferruginea*), bakterie nitkowate (b - *Leptothrix sp.*, c - *Sphaerotilus sp.*), bakterie z wyrostkami (d- *Metallogenium*) [rysunek własny]

Dużą rolę podczas procesów adhezji odgrywa budowa komórek kolonizujących. Kluczowe znaczenie ma obecność zewnętrznych struktur komórkowych, takich jak: fimbrie i rzęski. Bakterie nitkowate z grupy *Sphaerotilus–Leptothrix* w zależności od gatunku mogą być urzęsione lofotrichalnie bądź monotrichialnie i przy pomocy chwytników przyczepiać się do podłoża. *Sphaerotilus natas* wytwarzają chwytniki tylko w środowisku ubogim w substancje organiczne, z kolei *Leptothrix lopholea* są jedynymi przedstawicielami rodzaju *Leptothrix*, który wytwarza chwytniki [12]. Bakterie z rodzaju *Leptothrix* charakteryzują się tym, że pojedyncze komórki mogą opuszczać pochwęki. Rozmnażają się one za pomocą ruchliwych, cylindrycznych zoospor. A po opuszczeniu nici przyczepiają się do podłoża tworząc nową nić. *Metallogenium*, które mają postać kulistych komórek Gram-ujemnych, nie wytwarzających sztywnej ściany komórkowej. Przy podziale komórkowym bądź przy pączkowaniu tworzą spiczasto zakończone nici. Są rozgałęzione, wypełnione tlenkami manganu i układają się w kształt rozety. Na powierzchni nici powstają depozyty silnie załamujące światło. Ich wzrost jest stymulowany obecnością bakterii np.: *Pseudomonas sp.*, czy *Corynebacterium sp.* oraz grzybów [12, 16].

Grzyby mikroskopowe w sieci wodociągowej najczęściej rozwijają się w miejscach wżerów korozyjnych (wytwarzają kwasy organiczne wzmagające proces korozji [15]), w naroślach wewnątrz rurowych oraz w biofilmach. Do grzybów nitkowatych transportowanych wraz z wodą należą pleśnie z rodzaju: *Aspergillus* (*Aspergillus fumigatus*), *Penicillium*, *Alternaria*, *Cladosporium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Rhizopus*, *Botrytis* oraz *Sporocybe*, *Acremonium* i *Paecilomyces* [18, 32]. W sieci wodociągowej można zaobserwować również chorobotwórcze gatunki grzybów drożdżopodobnych. Dominują w nich takie gatunki jak: *Candida albicans*, *C. glabrata*, *C. tropicalis*, *Rhodotorula glutinis* oraz *Trichosporon beigelli* [15].

Z obecnością organizmów nitkowatych w sieciach dystrybucji wody związane są problemy techniczne takie jak m. in. zatykanie rur [5].

3. ORGANIZMY NITKOWATE I GRZYBY A BIOFILM TWORZĄCY SIĘ W SIECI WODOCIĄGOWEJ

3.1. CO TO JEST BIOFILM

Biofilm składa się z zespołu mikroorganizmów funkcjonalnie zorganizowanych i osadzonych w galaretowatym matrix składającym się z EPS, który jest mieszaniną białek, polisacharydów, kwasów nukleinowych, kwasów uronowych i humusowych, substancji lipidowych i innych wydzielonych przez te mikroorganizmy [19-22]. Biofilm w swojej strukturze gromadzi również zewnątrzkomórkowe enzymy i produkty metabolizmu, jak również sprzyja transferowi horyzontalnemu genów (m. in. oporności na leki) i czynników stabilizujących strukturę biofilmu [19, 23]. W jego skład mogą również wchodzić osady pochodzące z wody oraz produkty korozji. Dojrzały biofilm tworzący sieć mikrokolonii i kanałów [2] stanowi środowisko życia dla organizmów o różnych preferencjach pokarmowych i tlenowych [24]. Złożoność tej struktury wpływa na integralność biofilmu, na jego właściwości fizyko–chemiczne i biologiczne [25] oraz zapewnia ochronę komórkom przed stosowanymi środkami dezynfekcyjnymi [19, 20].

Obecność i rozwój organizmów w biofilmie uzależniona jest od wielu czynników m.in: rodzaju materiału z jakiego wykonana jest sieć wodociągowa, dostępności składników pokarmowych, obecności osadów korozyjnych, warunków hydrodynamicznych panujących w sieci, wieku biofilmu oraz stosowanych metod dezynfekcji, jak również stężenia środka dezynfekcyjnego w wodzie [1, 2, 24, 26]. Natomiast organizmy wchodzące w skład błony biologicznej są bardziej chronione przed niekorzystnymi czynnikami zewnętrznymi, takimi jak: zmiany hydrauliczne w sieci, szczególnie te gwałtowne, oddziaływanie antybiotyków, środków dezynfekcyjnych i promieniowania UV. Mają więc znacznie większe szanse na przetrwanie niekorzystnych warunków niż drobnoustroje występujące w formie planktonowej [19, 27].

3.2. ROLA ORGANIZMÓW NITKOWATYCH W BŁONIE BIOLOGICZNEJ

Mikroorganizmy nitkowate odgrywają znaczącą rolę w obrostach biologicznych. Posiadają one organelle ruchowe, które w istotny sposób wpływają na ich adhezję do powierzchni i możliwość zasiedlania kolejnych odcinków przewodów. Na przykład bakterie z rodziny *Leptothrix* dzięki wytwarzaniu mobilnych zoospor są zdolne szybciej rozpocząć kolonizację powierzchni niż inne mikroorganizmy. Niskie wymagania pokarmowe i oporność na czynniki zewnętrzne warunkują to, że jako pierwsze zasiedlają nowe biotopy zwiększając powierzchnię możliwą do zasiedlenia oraz są źródłem substancji pokarmowych dla innych drobnoustrojów, a produkty ich przemiany materii zmieniają właściwości organoleptyczne transportowanej wody. Jako źródło węgla wykorzystują one również znajdujące się w sieciach osady bogate w węglany. Mikroorganizmy te mają wpływ na korozję przewodów wodociągowych wykonanych z żelaza i żeliwa [12, 16].

Obecność organizmów nitkowatych ma związek m. in. ze strukturą tworzącego się biofilmu, na co może mieć wpływ wiele czynników, w tym dostępność składników pokarmowych i prędkość przepływu wody [2]. W badaniach prowadzonych przez Percival i in. [28] stwierdzono, że prędkość przepływu wody współdecyduje o rodzaju bakterii żyjących w biofilmie. Przy prędkości przepływu wody 0,03 m/s w biofilmie ilościowo dominowały bakterie nie tworzące nitek z rodzajów: *Acinetobacter*, *Corynebacterium* i *Arthrobacter*, natomiast przy prędkościach większych niż 0,96 m/s obecne były przede wszystkim bakterie nitkowate oraz nienitkowate bakterie z rodzaju *Pseudomonas* [26, 28]. Potwierdzenie, iż w biofilmie przy większych prędkościach przepływu wody w sieci wodociągowej dominują organizmy nitkowate znaleziono również w publikacji Kerstin Garnya i in. [5], w której wykazano dominację organizmów nitkowatych w biofilmie w warunkach przepływu turbulენტnego wody. Przetrwanie w niesprzyjających warunkach (są zdolne do przetrwania zmian w prędkości przepływu wody oraz w ilości substancji pokarmowych w wodzie) jest związane ze zdolnością do wytwarzania przez niektóre bakterie z rodzajów *Leptothrix* i *Crenothrix* stylików i chwytników. Z kolei bakterie utleniające mangan - *Metallogenium* podczas pączkowania tworzą nici układające się w kształt rozet. Zajmują one przez to większą powierzchnię niż inne bakterie nitkowate. Biofilm w którym one bytują ma bardziej zwartą budowę, co również zapewnia mu oporność na czynniki fizyczne. Organizmy nitkowate są również grupą dominującą w biofilmie w warunkach niskiej podaży składników odżywczych [5].

3.3. ROLA GRZYBÓW W BŁONIE BIOLOGICZNEJ

Cechą charakterystyczną grzybów kolonizujących systemy wodociągowe jest wytwarzanie pigmentów melaninowych oraz konidii otoczonych warstwą śluzu [17]. Grzyby drożdżopodobne występują w sieciach wodociągowych rzadziej i w mniejszych ilościach niż grzyby strzępkowe. Badania prowadzone przez Doggetta [29] po-

twierdzą występowanie takiej zależności w biofilmach. Liczba grzybów strzępkowych w błonie biologicznej była w zakresie 4,0-25,2 jtk/cm², a grzybów drożdżopodobnych 0-8,9 jtk/cm² [29]. Wymagania środowiskowe poszczególnych grup mikroskopowych grzybów warunkują różnorodność zasiedlania sieci wodociągowych. Środowisko bogate w substancje pokarmowe sprzyja rozwojowi drożdży i grzybów drożdżopodobnych, z kolei środowisko oligotroficzne - grzybom strzępkowym. Konidia tych grzybów wykazują większą oporność na działanie chloru [15].

Obserwacje prowadzone Doggett [29] sugerują, iż najczęstszą formą występowania grzybów w biofilmie są spory, dlatego to głównie grzyby nitkowate wykazują intensywny wzrost w miejscach oderwania się fragmentów biofilmu, szczególnie w warunkach ograniczenia dopływu substancji pokarmowych i znacznego natężenia przepływu wody [5, 23]. Środowiska oligotroficzne sprzyjają również grzybom strzępkowym. Dodatkowo konidia tych grzybów wykazują większą oporność na działanie chloru [15]. Badania przeprowadzone przez Doggett S. M. [29] wykazały bardzo wysoką zdolność grzybów nitkowatych w tworzeniu obrostów biologicznych. Również w biokorozji, poza bakteriami, udział biorą grzyby nitkowate. W osadach korozyjnych zidentyfikowano grzyby redukujące żelazo, które mogą przyspieszać także proces korozji [13]. Według Oleńczuk-Nejman [30] oraz LeChevallier i in. [31] w biofilmach oprócz bakterii redukujących żelazo(III) również grzyby nitkowate takie jak: *Actinomucor*, *Alternaria* i *Fusarium* powodują rozpuszczanie tlenków żelaza (III), niszcząc tym samym powłoki ochronne materiałów z których zbudowana jest sieć wodociągowa [4].

4. PODSUMOWANIE

Organizmy nitkowate, w tym grzyby, są powszechnie występującymi mikroorganizmami na kuli ziemskiej. Bakterie nitkowate mimo, że nie są potencjalnie chorobotwórcze czy chorobotwórcze dla człowieka, tak jak większość grzybów, odgrywają rolę negatywną. Zarówno jedna jak i druga grupa organizmów gra kluczową rolę w tworzeniu się biofilmu na wewnętrznych powierzchniach materiałów z których zbudowana jest sieć dystrybucji wody. Błona biologiczna jest rezerwuarem organizmów oportunistycznych, nie mających negatywnego wpływu na organizmy posiadające właściwie działający układ immunologiczny i chorobotwórczych, które w momencie uwolnienia do wody zagrażają zdrowiu, a nawet życiu nie tylko ludzi, ale również i innych organizmów. Na strukturę błony biologicznej i jej rozwój mają również wpływ organizmy nitkowate i grzyby. To one sprzyjają powstawaniu błony biologicznej nie tylko w miejscach stagnacji czy wolniejszego przepływu wody, ale głównie dominują w tzw. trudnych warunkach, czyli w sytuacjach, gdy przepływ wody jest szybszy, a wręcz nawet turbulentny i ma miejsce niedostateczna ilość składników pokarmowych. Dodatkowo biorą również udział w korozji materiałów z których zbudowana jest sieć wodociągowa.

LITERATURA

- [1] ŁEBKOWSKA M., PAJOR E., RUTKOWSKA-NAROŻNIAK A., KWIETNIEWSKI M., WĄSOWSKI J., KOWALSKI D., *Badania nad rozwojem mikroorganizmów w przewodach wodociągowych z żeliwa sferoidalnego z wykładziną cementową*, Ochrona Środowiska, 2011, Vol. 33, Nr 3.
- [2] AHMAD S., ASHRAF M., SIDDIQUE M., MEHMOOD F., ARSHAD M., KHAN H. A., *Biofilm Formation and Drinking Water Quality in Relation to Escherichia coli at Commercial Poultry Farms*, JOURNAL OF AGRICULTURE & SOCIAL SCIENCES, 2008, ISSN Print: 1813–2235; ISSN Online: 1814–960X 07 262/ZIP/2008/04–2–77–80.
- [3] WINGENDER J., FLEMMING H., *Biofilms in drinking water and their role as reservoir for pathogens*, International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2011, Vol. 214, 417–423.
- [4] ŚWIDERSKA-BRÓŻ M., *Skutki braku stabilności biologicznej wody wodociągowej*, Ochrona Środowiska, 2003, vol. 25, nr 4.
- [5] GARNYA K., NEUB T. R., HORN H., *Sloughing and limited substrate conditions trigger filamentous growth in heterotrophic biofilms—Measurements in flow-through tube reactor*, Chemical Engineering Science, 2009, 64, 2723–2732.
- [6] BOE-HANSEN R., MARTINY A.C., ARVIN E., ALBRECHTSEN H.-J., *Monitoring biofilm formation and activity in drinking water distribution networks under oligotrophic conditions*, Water Science and Technology, IWA Publishing, 2003, Vol. 47, No 5, 91–97.
- [7] MARTINS AM, PAGILLA K, HEIJNEN JJ, VAN LOOSDRECHT MC., *Filamentous bulking sludge—a critical review*. Water Research, 2004, 38, 793–817.
- [8] *Desulfiovibrio vulgaris*, <http://www.flowcontrolnetwork.com/articles/microbiologically-induced-corrosion>.
- [9] PIERŚCIENIAK M., TRZECIŃSKA N., SŁOMCZYŃSKI T., WĄSOWSKI J., *Problemy wtórnego zanieczyszczenia wody wodociągowej*, Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych, 2009, Nr 39, 28–39.
- [10] EIKELBOOM D. H., VAN BUIJSEN H. J. J., *Podręcznik mikroskopowego badania osadu czynnego*, przekł. na język polski Gliniecka M., Wydawnictwo Seidel-Przywecki, Szczecin 1999.
- [11] SAŁEK A., *Biokorozja w przemysłowych systemach wodnych Cz. 2. Biokorozja tlenowa i beztlenowa*, 2010.
- [12] GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA A., *Biologiczne przemiany żelaza i manganu w środowisku oraz w urządzeniach wodociągowych i ciepłowniczych*. PZLiTS, Warszawa 2000.
- [13] NAWROCKI J., ŚWIETLIK J., *Analiza zjawiska korozji w sieciach wodociągowych*, Ochrona Środowiska 33, 2011, Nr 4, 27–40.
- [14] GINIGE M. P., WYLIE J., PLUMB J., *Influence of biofilms on iron and manganese deposition in drinking water distribution systems*, Biofouling, 2011, Vol. 27, No. 2, 151–163.
- [15] GRABIŃSKA-ŁONIEWSKA A., SIŃSKI E., *Mikroorganizmy chorobotwórcze i potencjalnie chorobotwórcze w ekosystemach wodnych i sieciach wodociągowych*, Wydawnictwo Seidel-Przywecki Sp. z o.o., Warszawa 2010.
- [16] STEIN L. Y., NEALSON K. H., *Manganese, metallogenium, and martian microfossils*, 1999.
- [17] GÖTTLICH E., LUBBE W., LANGE B., FIEDLER S., MELCHERT I., REIFENRATH M., FLEMMING H. C., HOOG S., *Fungal flora in groundwater-derived public drinking water*, International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2002, 205, 269–279.
- [18] SIQUEIRA V. M., LIMA N., *Biofilm Formation by Filamentous Fungi Recovered from a Water System*, Hindawi Publishing Corporation, Journal of Mycology, Volume 2013, Article ID 152941,
- [19] MANUEL C., NUNES O., MELO L., *Unsteady state flow and stagnation in distribution systems affect the biological stability of drinking water*, Biofouling, 2010, Vol. 26, 129–139.

- [20] FLEMMING H., *Biofouling in water systems – cases, causes and countermeasures*, Applied Microbiology and Biotechnology, 2002, Vol. 59, 629-640.
- [21] PAL A., INDIAN P., *Microbial extracellular polymeric substances: central elements in heavy metal bioremediation*, J. Microbiol., 2008, 48, 49–64.
- [22] YING W., YANG F., BICK A., ORON G., HERZBERG M., *Extracellular Polymeric Substances (EPS) in a Hybrid Growth Membrane Bioreactor (HG-MBR): Viscoelastic and Adherence Characteristics*, Environ. Sci. Technol., 2010, Vol. 44, 8636–8643.
- [23] LEBKOWSKA M., *Występowanie bakterii antybiotykoopornych w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi*, OCHRONA ŚRODOWISKA, 2009, Vol. 31, Nr 2.
- [24] BIEDROŃ, I. TRUSZ-ZDYBEK, A. TRACZEWSKA T. PIEKARSKA, K., *Zastosowanie pomiaru impedancji do oceny rozwoju biofilmu w systemach wodociągowych*, Instal, 2013, Nr 5, 37-42.
- [25] AGUILERA A., SOUZA-EGIPSY V., SAN MARTÍN-ÚRIZ P., AMILS R., *Extracellular matrix assembly in extreme acidic eukaryotic biofilms and their possible implications in heavy metal adsorption*, Aquatic Toxicology, 2008, Vol. 88, 257–266.
- [26] ŚWIDERSKA-BRÓŻ M., *Czynniki współdecydujące o potencjale powstawania i rozwoju biofilmu w systemach dystrybucji wody*, 2010, Vol. 32, Nr 3.
- [27] MANUEL SIMOˆES A, LUˆCIA C. SIMOˆES B, MARIA J. VIEIRA B., *A review of current and emergent biofilm control strategies*, LWT - Food Science and Technology, 2010, 43, 573–583.
- [28] PERCIVAL S. L., KNAPP J. S., EDYVEAN R. G.J., WALES D.S., *Biofilms, mains water and stainless steel*, Wat. Res., 1998, Vol. 32, No. 7, 2187-2201.
- [29] DOGGETT S. M., *Characterization of fungal biofilms within a municipal water distribution system*, Applied and environmental microbiology, 2000, Vol. 66, No. 3, 1249–1251.
- [30] OLEŃCZUK–NEJMAN I.K., *Mikroorganizmy w kształtowaniu jakości i uzdatnianiu wód podziemnych.*, Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN, vol. 1, Wyd. Polit. Gdańskiej, 2001.
- [31] LECHEVALLIER M. W., LOWRY C.D., LEE R. G., GIBBON D.L., *Examining the relationship between iron corrosion and the disinfection of biofilm bacteria*, Journal AWWA, 1993, No. 7, 111-123.
- [32] MELETIADIS J., MEIS J. F.G.M., MOUTON J. W., VERWEIJ P.E., *Analysis of Growth Characteristics of Filamentous Fungi in Different Nutrient Media.*, Journal Clinical Microbiol, 2001 Vol. 39 No. 2, 478-484.

THE ROLE OF FILAMENTOUS BACTERIA OF FERRUGINOUS, MANGANESE AND FUNGI IN FORMATION OF BIOFILM IN WATER DISTRIBUTION SYSTEMS

The group of characteristic organisms - the filamentous microorganisms and non-filamentous fungi are in the water distribution network. The presence of their in water distribution systems is one of the factors which enable the formation of a biofilm. It is a reservoir of pathogenic microorganisms and is a major cause of secondary pollutants in the water supply. In view of their structure and properties of the formed structure, to which can adhere other microorganisms. They may be located on the surface of the materials used in their construction in a rapid flow and even turbulent water, making these areas easier to the colonization of other microorganisms. Therefore, it is important to know their morphology and physiology as well as the conditions in which they are present.