

Wpłynęło 24.10.2011 r.
Zrecenzowano 10.11.2011 r.
Zaakceptowano 05.03.2012 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

Innowacyjna technologia uzdatniania wody dla gospodarstw z produkcją zwierzęcą

Andrzej EYMONTT^{ABCDEF}, Krzysztof WIERZBICKI^{ABCDEF}

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Oddział w Warszawie

Streszczenie

Przeprowadzone badania właściwości bakteriofagów i chitozanu wskazują na możliwość ich zastosowania do uzdatniania wody pitnej, szczególnie pod względem mikrobiologicznym. Na wsiach polskich buduje się coraz więcej sieci wodociągowych o długościach dochodzących do kilkunastu kilometrów, co zwiększa możliwość skażenia wody doprowadzanej do gospodarstw na skutek awarii lub osadzania się bakterii na ściankach rurociągów. Wobec powyższego konieczne jest opracowanie nowych, tanich i skutecznych technologii uzdatniania wody, przede wszystkim pod względem bakteriologicznym. W Laboratorium Bakteriofagowego Instytutu Immunologii i Terapii Doświadczalnej PAN, w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym (Oddział w Warszawie), na Politechnice Śląskiej oraz w innych ośrodkach naukowych podjęto prace w celu przebadania i wdrożenia układów fagowo-chitozanowych, skutecznie oczyszczających wodę ze skażeń bakteryjnych i chemiczno-fizycznych. Celem pracy jest przeprowadzenie analizy, czy badana technologia może mieć zastosowanie do uzdatniania wody zarówno dla ludzi, jak i dla zwierząt.

Słowa kluczowe: bakteriofagi, chitozan, woda pitna, uzdatnianie wody

Wstęp

Większość gospodarstw prowadzących produkcję zwierzęcą pobiera wodę ze zbiorczych systemów wodociągowych, wspólnym rurociągiem doprowadzającym wodę zarówno do budynków mieszkalnych, jak i dla zwierząt. Woda pitna jest uzdatniana i badana w stacjach uzdatniania, a także okresowo w stacjach sani-



tarno-epidemiologicznych, pod względem fizykochemicznym i bakteriologicznym, zanim zostanie wprowadzona do rurociągów oraz u końcowego odbiorcy. Uzyskane wyniki badań po stacji uzdatniania i u końcowego odbiorcy często różnią się, przede wszystkim pod względem bakteriologicznym. Dzieje się tak, ponieważ na terenach wiejskich długości rurociągów dochodzą do kilkunastu kilometrów i w trakcie przesyłu, w systemie dystrybucji może dochodzić do wtórnych skażeń bakteryjnych. W warunkach małych stężeń substancji dezynfekujących może dojść do wzrostu liczby żywych mikroorganizmów i w efekcie obniżenia jakości dostarczanej wody. Najmniej korzystna sytuacja jest u końcowych użytkowników systemu, do których dochodzi woda, często po kilkudniowym pobycie w rurociągach. Mikroorganizmy znajdujące się w wodzie zasiedlają wewnętrzne powierzchnie instalacji tworząc biofilm, który jest wtórnym źródłem zanieczyszczenia mikrobiologicznego wody pitnej. Jest to problem na tyle istotny, że wśród propozycji zmian dotyczących jakości wody przeznaczonej do spożycia [Dyrektywa 98/83/WE] oraz wprowadzenia planów bezpieczeństwa wody (Water Safety Plan), znalazła się część, dotycząca kontroli jakości wody we wszystkich elementach od ujęcia do punktu czerpalnego.

Podstawowym celem pracy jest uzyskanie odpowiedzi na pytanie, czy i jakie są możliwości opracowania nowych technologii uzdatniania wody pitnej. Osiągnięcie celu będzie realizowane na podstawie analizy dotychczasowych rozwiązań i propozycji nowych. Wątpliwości nasuwające się odnośnie do proponowanych technologii i materiałów będą wyjaśniane w trakcie badań, które mają być wykonywane w następnych latach.

Wyniki dotychczasowych badań

W ostatnich latach większość systemów wodociągowych budowano z rurociągów wykonanych z polichloru winylu (PVC) i polietylenu (PE) uważając, że gładkość powierzchni uniemożliwi zasiedlanie jej mikroorganizmami i tworzenie osadów. Na podstawie badań [ROGERS i in. 1994; SZCZOTKO i in. 2010] stwierdzono, że bakterie szczególnie łatwo zasiedlają powierzchnie materiałów polimerowych, a procesy adhezji trwają kilka godzin i po paru dniach liczba bakterii może być znacząca. Uszeregowano również materiały pod względem szybkości tworzenia na nich biofilmu od najodporniejszych na zasiedlanie do najmniej odpornych, a mianowicie: szkło, stal nierdzewna, polipropylen, polichlorek winylu, stal niskowęglowa, polietylen. Badania prędkości tworzenia się biofilmów, w zależności od prędkości przepływu wody i rodzaju tworzywa rurociągu, różnicują kolonie bakterii na heterotroficzne mezofilowe i psychrofilowe [ROŻEJ i in. 2011].

Na podstawie badań oceniono, że im większe są prędkości ($0,15\text{--}0,45\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) wody w rurociągach, tym mniejsza jest zawartość bakterii w przepływającej wodzie. Zmiana jakości mikrobiologicznej wody podczas stagnacji zależy od warunków hydrodynamicznych i rodzaju tworzywa, z jakiego jest wykonana instalacja. Największy potencjał zasiedlania biofilmem i wtórnego zanieczyszczenia wody wykazuje polietylen o dużej gęstości.

Najskuteczniejszymi z obecnie stosowanych metod przeciwdziałania tworzenia się biofilmów bakteryjnych są: systematyczna dezynfekcja rurociągów chlorem, chloraminami i dwutlenkiem chloru oraz mechaniczne płukanie instalacji, ozonowanie wody i naświetlanie promieniami UV. Należy jednak stwierdzić, że chlorowanie wody powoduje tworzenie się w niej rakotwórczych związków chloru (chlorowanych związków organicznych – ChZO i toksycznych trihalometanów – THM), co jest nieoczekiwanym efektem dezynfekcji. Także ozonowanie stwarza podobne zagrożenia.

Badania stacji wodociągowych

W świetle dotychczasowych badań wody wodociągowej podstawowym problemem do rozwiązania było opracowanie technologii uzdatniania wody pitnej, w której zostaną wyeliminowane związki chloru, ozon i droga technologia naświetlania wody promieniami ultrafioletowymi. W wielu stacjach uzdatniania wody stwierdzono częściową samoistną dezynfekcję wody. Uznano, że jedną z możliwych przyczyn jest obecność w nich bakteriofagów, które powszechnie występują w naturalnym środowisku i mają zastosowanie w medycynie do zwalczania antybiotykoodpornych szczepów bakteryjnych [ABULADZE 2008; GÓRSKI i in. 2009; MIĘDZYBRODZKI i in. 2006; SMITH, HUGGINS 1982; SULAKWELIDZE i in. 2001; WEBER-DĄBROWSKA i in. 2000; 2001; ŻACZEK i in. 2011]. W czasie leczenia bakteriofagami nie stwierdzono skutków ubocznych.

W trakcie badań wody, na jednej ze stacji uzdatniania wody w pobliżu Warszawy, stwierdzono w części ujęć brak bakterii chorobotwórczych. Wyniki badań wody w tej stacji przedstawiono w tabeli 1. Stwierdzone skażenie wody w ujęciu 1A (tab. 1) oraz wody uzdatnionej w obecnych warunkach eksploatacji ujęć wody, a także częste skażenia wód gruntowych i głębinowych ściekami odprowadzanymi z rozszczelnionych bezodpływowych zbiorników ścieków domowych oraz praktykowanego wylewania na pola płynnych odchodów zwierzęcych, jest sygnałem uzasadniającym konieczność opracowania nowych technologii uzdatniania wody pitnej, przeciwdziałających takim zjawiskom. Brak bakterii chorobotwórczych w studni nr 2 nasuwa przypuszczenie, że na pobieraną z niej wodę działają inne czynniki i mogą to być bakteriofagi z grupy działającej na bakterie e-coli i enterokoki. Badania na obecność tego typu bakteriofagów przeprowadzono w Instytucie Immunologii i Terapii Doświadczalnej PAN (IITD) we Wrocławiu, w Wojskowym Instytucie Higieny i Epidemiologii (WIHE) w Puławach oraz w Instytucie Ochrony Środowiska (IOŚ) w Warszawie. Badania przeprowadzono w IOŚ na 20 próbkach wody pobranych z wody wodociągowej w Chojnowie, w Białawach, z wodociągu warszawskiego (Gruba Kaśka), z indywidualnego ujęcia (wody podskórne), z oczyszczalni ścieków w Pleszewie (ścieki surowe i oczyszczone) oraz innych obiektów, zgodnie z normą ISO 1075-2:2000. Do poszukiwań bakteriofagów wykorzystano 436 szczepów bakteryjnych. Przeprowadzone badania wykazały obecność bakteriofagów w 15 z 20 przebadanych próbek wody (75%) oraz występowanie bakteriofagów zarówno w środowisku naturalnym w wodzie rzecznej, jak i w ściekach surowych i oczyszczonych, w wodzie

Tabela 1. Wyniki pomiarów parametrów wody w wybranej stacji uzdatniania wody w województwie mazowieckim w 2009 r.

Table 1. Measurement results of water parameters in selected water treatment station of Mazowieckie province

Badany parametr Tested parameter	Jednostka Unit	Rodzaj wody Kind of water	Metodyka Methodology	Wyniki badań Test results	Wartości dopuszczalne Permissible values	Nr studni Well no.	Data badania Date of test
Ogólna liczba mikroorganizmów w 22+2°C po 72 h Total number of microorganisms at 22+2°C after 72 hrs	jtk·1 ml ⁻¹ c.f.u.·1 ml ⁻¹	uzdatniona conditioned	PN-EN ISO 6222:2004	63	100	–	22.06.
		surowa raw	PN-EN ISO 6222:2004	31	100	1A	21.07.
		surowa raw	PN-EN ISO 6222:2004	16	100	2	21.07.
Ogólna liczba mikroorganizmów w 36+2°C po 48 h Total number of microorganisms at 36+2°C after 48 hrs	jtk·1 ml ⁻¹ c.f.u.·1 ml ⁻¹	uzdatniona conditioned	PN-EN ISO 6222:2004	6	50	–	22.06.
		surowa raw	PN-EN ISO 6222:2004	5	50	1A	21.07.
		surowa raw	PN-EN ISO 6222:2004	4	50	2	21.07.
Bakterie grupy coli Coliform bacteria	jtk·100 ml ⁻¹ c.f.u.·100 ml ⁻¹	uzdatniona conditioned	PN-EN ISO 9308-1:2004 + Ap1:2005	0	0	–	22.06.
		surowa raw		61	0	1A	21.07.
		surowa raw		0	0	2	21.07.
<i>Escherichia coli</i>	jtk·100 ml ⁻¹ c.f.u.·100 ml ⁻¹	uzdatniona conditioned	PN-EN ISO 9308-1:2004 + Ap1:2005	0	0	–	22.06.
		surowa raw		12	0	1A	21.07.
		surowa raw		0	0	2	21.07.
Enterokoki kałowe Faecal enterococci	jtk·100 ml ⁻¹ c.f.u.·100 ml ⁻¹	uzdatniona conditioned	PN EN ISO 7899-2:2004	0	0	–	22.06.
		surowa raw		63	0	1A	21.07.
		surowa raw		0	0	2	21.07.

Źródło: opracowanie na podstawie badań dla Energetyki Ożarów Mazowiecki, wykonanych przez Zakład Inżynierii Środowiska EKO-PROJEKT, Pszczyna.

Source: elaboration based on tests for Ożarów Mazowiecki; power Engineering, realized by Environment Engineering Station EKO-PROJEKT, Pszczyna.

Uwaga: Woda ze studni 1A wykazywała przekroczoną liczbę bakterii coli, na wyjściu ze stacji uzdatniania nie zawierała tych bakterii. Na antibakteryjne działanie chitozanu i jego pochodnych wpływają także takie czynniki, jak: stopień polimeryzacji, stopień deacetylacji, rodzaj mikroorganizmu oraz inne właściwości fizykochemiczne. Chitozan stosuje się również do zaprawiania nasion [DOMORADZKI 2011].

Notice: Water from A1 well showed exceeded number of bacteria coli; on the outlet from treatment station water did not contain these bacteria. Antibacterial action of chitosan and its derivatives is also affected by the factors, such as: polymerization degree, deacetylation degree, kind of microorganism and other physico-chemical properties. Chitosan is being used for seed dressing, too [DOMORADZKI 2011].

ze stacji uzdatniania i w wodzie wodociągowej. Istotne jest również stwierdzenie braku negatywnego oddziaływania procesu oczyszczania ścieków i uzdatniania wody na obecność bakteriofagów w środowisku.

W celu porównania wyników badań jakości próbek wody pobranej z wody wodociągowej w tabeli 2. przedstawiono podstawowe dopuszczalne parametry wody pitnej, zgodne z załącznikiem nr 1 do rozporządzenia Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej z dnia 4 maja 1990 r. [Rozporządzenie MZ... 1990]. Parametry te dotyczą wody przeznaczonej dla ludzi i zwierząt gospodarskich.

Proponowane rozwiązania

Obecny kryzys terapii antybakteryjnych, związany głównie ze wzrostem częstości pojawiania się wieloopornych szczepów bakterii dodatkowo pogłębia fakt wycofywania się światowego przemysłu farmaceutycznego z badań nad nowymi antybiotykami. W opinii ekspertów powracamy do tzw. ery przedantybiotykowej, w której zakażenia bakteryjne będą coraz częstszą przyczyną zachorowań i zgonów. Czołowy światowy periodyk medyczny określa obecną sytuację jako „clinical superchallenge” [ARIAS, MURRAY 2009]. Potwierdzeniem powyższych tez jest chociażby występujące ostatnio na terenie Niemiec zakażenie odpornymi na powszechnie stosowane antybiotyki bakteriami EHEC szczepu 0104. W wyniku współpracy jednostek naukowych wielokrotnie stwierdzono przypadki częściowej samoistnej dezynfekcji wody w wielu stacjach jej uzdatniania. Za jedną z prawdopodobnych przyczyn tego zjawiska uznano samoistne występowanie bakteriofagów w obrębie stacji uzdatniania wody.

Wstępne badania, opisane w poprzednim rozdziale, przeprowadzone w ramach nieformalnego konsorcjum przez Laboratorium Bakteriofagowego Instytutu Immunologii i Terapii Doświadczalnej PAN i IOŚ w Warszawie częściowo potwierdziły te możliwości. Wspomniane laboratorium od wielu lat stosuje u pacjentów terapię fagową, która okazuje się tańszą od innych alternatywą antybakterioterapii. Na podstawie uzyskanych wyników badań nasuwa się wniosek o możliwości opracowania i wdrożenia technologii zastosowania wyselekcjonowanych szczepów bakteriofagów w stacjach oczyszczania wody. Zastosowanie bakteriofagów w celu poprawy składu mikrobiologicznego wód stanowi obiecującą alternatywę w porównaniu z obecnie stosowanymi technologiami.

Do oczyszczania wody planuje się również wykorzystanie wyselekcjonowanej grupy biopolimerów. Na podstawie dotychczasowych badań przeprowadzonych w Politechnice Śląskiej (wyniki w trakcie publikacji) wykazano, że największe szanse na wykorzystanie rokuje chityna oraz chitozan. Biopolimery te, ze względu na swoje wyjątkowe właściwości, tj. bioaktywność, biodegradowalność, nietoksyczność, obecność aktywnych grup funkcyjnych oraz niskie koszty uzyskania, charakteryzuje szeroki zakres aktywności. Z wielu zastosowań chitozanu, opisanych w licznych pracach dotyczących jego wpływu na zanieczyszczenia bakteryjne i chemiczne wody, stwierdzono hamujące działanie chitozanu i jego pochodnych na wzrost bakterii z jednoczesną dużą aktywnością sorpcyjną w stosunku do licznej grupy substancji toksycznych, tj. barwników i metali ciężkich [BHATNAGAR, SILLANPÄÄ 2009; FENG-CHIN i in. 2009].

Tabela 2. Warunki bakteriologiczne, jakim powinna odpowiadać woda do picia i na potrzeby gospodarcze

Table 2. Bacteriological conditions ought to be fulfilled by water for drinking and household use

Wskaźnik jakości wody Water quality indicator	Woda z wodociągów sieciowych (publicznych, zakładowych) dezynfekowana Water from network piping (public, of works), disinfected		Woda z wodociągów sieciowych (publicznych, zakładowych) niedezynfekowana Water from network piping (public, of works), not disinfected		Woda z wodociągów lokalnych, studni publicznych, studni zakładowych Water from local piping network, works and public wells	Woda z urządzeń na potrzeby własne Water from private sources
	podawana do sieci supplied to network	w sieci in water-pipe network	podawana do sieci supplied to network	w sieci in water-pipe network		
Liczba bakterii grupy coli typu kałowego w 100 ml wody, nie większa niż Number of faecal coliform bacteria per 100 ml water, not more than	0	0	0	0	0	x
Liczba bakterii grupy coli w 100 ml wody, nie większa niż Number of coliform bacteria per 100 ml water, not more than	0	1	1	2	2	10
Liczba kolonii bakterii na agarze odżywcym po 24 godz. – w temp. 37°C w 1 ml wody, nie większa niż Number of bacterial colonies on agar-agar, after 24 hrs at temp. 37°C, per 1 ml water, not more than	10	20	20	40	40	100
Liczba kolonii bakterii na agarze odżywcym po 72 godz. – w temp. 20°C w 1 ml wody, nie większa niż Number of bacterial colonies on agar-agar, after 72 hrs at temp. 20°C, per 1 ml water, not more than	50	100	100	200	x	x

Źródło: Rozporządzenie MZ... [1990]. Source: Rozporządzenie MZ... [1990].

Uwaga: ostatnie rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi [Rozporządzenie MZ... 2010] upraszcza wymagania, natomiast nie daje pełnego obrazu wskaźników jakości wody.

Notice: Last Ordinance of the Health Minister of 20th April 2010, simplified the requirements, however, it does not give full picture of the water quality indicators.

Obecnie prowadzone są prace, mające na celu uzyskanie postaci biopolimerów z chitozanem o najkorzystniejszych, nowych w skali kraju i świata, właściwościach w dowolnej formie fizycznej (film, membrana, włókna, gąbki, żele, nano-

cząsteczki). Równocześnie prowadzone są dalsze badania nad możliwością otrzymania biokompozytów oraz bionanokompozytów [KRZESIŃSKA i in. 2007], o pożądanym właściwościach i strukturze.

Prace badawcze są ukierunkowane na modyfikację chemiczną i fizyczną, która umożliwi uzyskanie aktywnych, selektywnych układów adsorpcyjnych oraz na badania wykonanych układów w aspekcie bakteriologicznego i chemicznego oczyszczania wody. Układy biopolimerowe mogą być zastosowane jako matryca aktywna lub pasywna do immobilizacji fagów na stacjach uzdatniania wody, jak również u końcowych odbiorców, jakimi są rolnicy specjalizujący się w produkcji zwierzęcej. Należy podkreślić, że jakość wody przeznaczonej do konsumpcji zarówno przez ludzi, jak i zwierzęta powinna spełniać takie same wymagania (tab. 2).

Rezultatem tych prac powinna być membrana warstwowa, umożliwiająca jednocześnie niszczenie i separację bakterii chorobotwórczych, jak również czyszczenie wody z zanieczyszczeń fizykochemicznych, co umożliwia przeciwdziałanie skażeniu mikrobiologicznemu i chemicznemu wody na poziomie stacji uzdatniania oraz bezpośrednio u rolnika.

Zarówno chityna, chitozan i jego pochodne (w tym produkty depolimeryzacji) wykazują silną aktywność antybakteryjną oraz dużą aktywność sorpcyjną. Minimalne stężenie hamujące chitozanu i jego pochodnych wobec różnych szczepów bakteryjnych wynosi od 0,0005% do 0,4%, a wpływ średniej masy molowej chitozanu i otrzymanych z niego chitoooligosacharydów na aktywność antybakteryjną wynosi od 68% dla *Pseudomonas aeruginosa* do 100% dla *Streptococcus mutans* oraz bakterii kwasu mlekowego. Wykonano również badania możliwości usuwania metali ciężkich z zastosowaniem chitozanu oraz jego modyfikacji, które wynoszą do 100% dla Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} , M .

Podsumowanie i wnioski

Połączenie biotechnologii opartej na zastosowaniu bakteriofagów i chitozanu stwarza nowe możliwości rozwoju omawianej problematyki zarówno w skali krajowej, jak i międzynarodowej. Znajduje uzasadnienie wobec zwiększających się kosztów uzdatniania wody, zapobiegania chorobom oraz powiększającym się trudnościom pozyskiwania wody bez zanieczyszczeń. W Zakładzie Inżynierii Sanitarnej Wsi ITP podjęto, wspólnie z Laboratorium Bakteriofagowym Instytutu Immunologii i Terapii Doświadczalnej PAN, Politechniką Śląską, Instytutem Ochrony Środowiska oraz Instytutem Higieny i Epidemiologii w Puławach, wstępne badania możliwości zastosowania bakteriofagów w połączeniu z biokompozytami, tworzonymi na bazie chitozanu do uzdatniania wody zarówno na stacjach uzdatniania, jak i bezpośrednio u rolników, w celu zapobieżenia skażeniu wody w miejscu jej ujęcia oraz wtórnego u odbiorców.

1. Zastosowanie bakteriofagów i biokompozytów do uzdatniania wody może znacznie ograniczyć stosowanie dotychczasowych środków, takich jak: chlorowanie, ozonowanie lub naświetlanie wody promieniami UV.

2. Konieczne jest przeprowadzenie pełnych, zespołowych badań nad zastosowaniem bakteriofagów i biokompozytów do uzdatniania wody w celu zweryfikowania proponowanej metody uzdatniania i określenia kosztów jej zastosowania w praktyce.

Bibliografia

ABULADZE T., LI M., MENETREZ M.Y., DEAN T., SENEAL A., SULAKVELIDZE A. 2008. Bacteriophages reduce experimental contamination of hard surfaces, tomato, spinach, broccoli, and ground beef by *Escherichia coli* 0157:H7. *Applied Environmental Microbiology*. Vol 74(20) s. 6230–6238.

ARIAS C.A., MURRAY B.E. 2009. Antibiotic-resistant bugs in the 21st century – a clinical super-challenge. *New England Journal Medicine*. Vol. 360(5) s. 439–443.

BHATNAGAR A., SILLANPÄÄ M. 2009. Applications of chitin-and chitosan-derivatives for the detoxification of water and wastewater – a-short review. *Advances in Colloids and Interface Science*. Vol. 152(1–2) s. 26–38.

DOMORADZKI M. 2011. Doskonalenie technologii pozbiiorowej obróbki nasion ekologicznych na przykładzie roślin baldaszkowatych. *Rozprawy*. Nr 149. Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. Jana i Jędrzeja Śniadeckich ss. 148.

FENG-CHIN W., RU-LING T., RUEY-SHIN J. 2010. A review and experimental verification of using chitosan and its derivatives as adsorbents for selected heavy metals. *Journal of Environmental Management*. Vol. 91. Iss. 4 s. 798–806.

Dyrektywa 98/83/EC z 3 listopada 1998 dotycząca jakości wody przeznaczonej do konsumpcji. *Dz.U. UE*. L 330/32.

GÓRSKI A., MIĘDZYBRODZKI R., BORYSOWSKI J., WEBER-DĄBROWSKA B., LOBOCKA M., FORTUNA W., LETKIEWICZ S., ZIMECKI M., FILBY G. 2009. Bacteriophage therapy for the treatment of infections. *Current Opinion in Investigational Drugs. Review*. No. 10(8) s. 766–774.

KRZESIŃSKA M., TÓRZ A., ZACHARIASZ J., MUSZYŃSKI J., SOCHA J., MARCINKOWSKI A. 2007. New chitosan/CEG (compressed expanded graphite) composites-preparation and physical properties. *Green Chemistry*. Vol. 9 (8) s. 842–844.

MIĘDZYBRODZKI R., BORYSOWSKI J., FORTUNA W., WEBER-DĄBROWSKA B., GÓRSKI A. 2006. Terapia fagowa jako alternatywa w leczeniu zakażeń wywołanych przez bakterie antybiotykoodporne. *Kardiologia i Torakochirurgia Polska*. Vol. 3. Nr 2 s. 201–205.

ROGERS J., DOWSETT A.B., DENNIS P.J., LEE J.V., KEEVIL C.W. 1994. Influence of plumbing materials on biofilm formation and growth of *Legionella pneumophila* in potable water systems. *Applied Environmental Microbiology*. Vol. 60 s. 1842–1851.

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 28 kwietnia 2010 r. w sprawie jakości wody. *Dz.U.* 2010. Nr 72 poz. 466.

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 4 maja 1990 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi. *Dz.U.* 1990. Nr 35 poz. 205.

ROŻEJ A., KOWALSKI D., KOWALSKA B. 2011. Wpływ stagnacji na jakość mikrobiologiczną wody w instalacji pilotażowej wykonanej z tworzyw sztucznych (PVC, PE-HD, PEX). W: *Materiały z IV Ogólnopolskiej Konferencji Naukowo-Technicznej – Instalacje wodociągowe i kanalizacyjne*. 12–13 maja 2011, Warszawa – Dębe s. 53–65.

SMITH H.W., HUGGINS M.B. 1982. Succesfull treatment of experimental *Escherichia coli* infections in mice using phages: its general superiority over antibiotics. *Journal of General Microbiology*. No. 128 s. 307–318.

SULAKVELIDZE A., ALAVIDZE Z., MORRIS J.G. 2001. Bacteriophage therapy. *Antimicrobial Agents and Chemistry*. No. 45 s. 649–659.

SZCZOTKO M., STANKIEWICZ A., MAZIARKA D., JAMSHEER-BRATKOWSKA M., KROGULSKA B. 2010. Nowe wymagania higieniczne dotyczące wyrobów z tworzyw sztucznych kontaktujących się z wodą przeznaczoną do spożycia – badania podatności na powstawanie obrostów biologicznych. *Instal*. Nr 12 s. 48–53.

WEBER-DĄBROWSKA B., MULCZYK M., GÓRSKI A. 2001. Application of specific bacteriophages in the treatment of bacterial infections. *Działalność Naukowa*. Nr 11 s. 138–140.

WEBER-DĄBROWSKA B., ZIMECKI M., MULCZYK M. 2000. Effective phage therapy is associated with normalization of cytokine production by blood cell cultures. *Archiwum Immunologiae et Therapiae Experimentalis*. Vol. 48. Nr 1 s. 31–37.

ŻACZEK M., WEBER-DĄBROWSKA B., LUSIAK-SZELACHOWSKA M., MIĘDZYBORSKI R., LECION D., WIERZBICKI K., GWOREK B., KASSNER J., ADAMSKI R., GÓRSKI A. 2011. Occurrence and characteristics of bacteriophages in environmental waters. [Materiały posterowe z The 19th International Phage Biology Meeting]. [7–12.08.2011. The Evergreen State College, Olympia].

Andrzej Eymontt, Krzysztof Wierzbicki

INNOVATIVE TECHNOLOGY OF WATER TREATMENT FOR THE ANIMAL FARMS

Summary

The results of recent studies on characteristics of bacteriophages and chitosan indicate their utility to purification of drinking water, especially in microbiological aspect. Actually, in the country regions of Poland there are built many water-pipe networks of the length up to several kilometers. Such a distance increases contamination risk for the water supplied to farms, as resulted from piping failures, cracking the pipes or settling bacteria on the pipe walls. In such a situation it is necessary to elaborate new, inexpensive and effective technologies of water treatment, first of all in bacteriological way. In the Bacteriophage Laboratory of Immunology and Experimental Therapy Institute, Polish Academy of Sciences, in the Institute of Technology and Life Sciences (Branch in Warsaw), as well as in Silesian Technological University and some other research centres, the studies have been undertaken in order to investigate and implement the bacteriophage – chitosan system for effective biological treatment and chemical purification of drinking water. The aim of research is to analyse, whether the investigated technology may be applied to treatment of water supplied for both, human and animal consumption.

Key words: bacteriophages, chitosan, drinking water, water treatment

Adres do korespondencji:

dr hab. inż. Andrzej Eymontt, prof. ITP
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Oddział w Warszawie
ul. Rakowiecka 32, 02-532 Warszawa
tel. 22 542-11-16; e-mail: a.eymontt@itep.edu.pl

