

Tadeusz Marcinkowski

## ZAGROŻENIE SANITARNE WYNIKAJĄCE Z ROLNICZEGO WYKORZYSTANIA ŚCIEKÓW I OSADÓW KOMUNALNYCH

Wydalane przez ludzi i zwierzęta wirusy, bakterie, grzyby i robaki pasożytnicze wraz z kałem, moczem czy wydzieliną z błon śluzowych, dostają się do ścieków. Patogeny te trafiając do oczyszczalni, są w większości wydzielane w osadach wstępnych oraz częściowo w osadach wtórnych. Duże ilości tych mikroorganizmów można stwierdzić w osadach fermentowanych tlenowo lub beztlenowo. Również stwierdzono ich obecność w ściekach odpływających z oczyszczalni.

Przy wykorzystaniu ścieków i osadów do nawadniania i nawożenia gleb należy liczyć się z możliwością przeżycia ich w warunkach pólowych przez tygodnie, miesiące, a nawet lata [6]. Pojawia się więc problem zagrożenia gleby, roślin, zwierząt i ludzi. Dlatego koniecznym jest, by unieszkodliwiane rolniczo ścieki i osady poddawać procesom znacznie obniżającym ilość lub całkowicie likwidującym zawarte w nich czynniki chorobotwórcze. Szczególnie powinno to dotyczyć osadów, gdyż pod koniec lat 90-tych na skutek budowy nowych oczyszczalni ścieków będzie w naszym kraju powstawało ok. 2,0 mln m<sup>3</sup> osadów (w przeliczeniu na osady powietrznie suche [3]). Na pewno znaczna ich część będzie wykorzystywana w rolnictwie, leśnictwie, ogrodnictwie oraz terenach rekreacyjnych. Ścieki lub osady w stanie niodkażonym powinno się zużytkować jedynie na terenach, gdzie prowadzi się specjalne rodzaje upraw i to pod kontrolą kompetentnych służb sanitarnych. Należy również podkreślić fakt, że do tej pory nie zostały u nas w kraju opracowane normy określające dopuszczalną ilość organizmów patogennych w ściekach i osadach utylizowanych rolniczo. Obecność w ściekach mikroorganizmów patogennych może stanowić zagrożenie dla osób pracujących w oczyszczalniach i innych mających bezpośredni kontakt z tymi ściekami. Tym bardziej, że w ściekach miejskich można stwierdzić zarazki większości chorób zakaźnych, a są one odbiciem aktualnej sytuacji sanitarnej w aglomeracji, z której pochodzą.

### Wirusy

Przez wiele lat informacje o obecności i zachowaniu się wirusów w ściekach i osadach były dość skąpe. W ostatnim dziesięcioleciu zaczęto się zajmować tym zagadnieniem bardziej dokładnie, a to na skutek poprawy wirusologicznych metod diagnostycznych. Wirusy jelitowe pochodzenia ludzkiego, które stwierdzono w ściekach i osadach zestawiono w tabeli 1 [2]. Zawiera ona ponad 110 rodzajów wirusów, które należą do pięciu grup toksonomicznych. Mogą one być przyczyną różnych infekcji o lżejszym i cięższym przebiegu. Dokładny przegląd metod oznaczania wirusów podano jedynie w odniesieniu do wody pitnej [12]. Polegają one na zagęszczaniu wirusów w próbce badanej wody. Można w tym celu stosować odwróconą osmozę, hydroekstrakcję oraz polaryzację łącznie z odwróconą osmozą. Metody te jednak zawodzą przy podwyższonej zawartości substancji organicznych.

Oznaczając wirusy w ściekach lub osadach, stosuje się metody pośrednie. I tak np. wska-

Tabela 1  
WIRUSY WYSTĘPUJĄCE W ŚCIEKACH I OSADACH I WYWOŁYWANE PRZEZ NIE CHOROBY [2]

Grupa wirusów	Ilość typów	Nazwa jednostki chorobowej
<b>Enterowirusy</b>		
Poliowirus	3	Paraliż dziecięcy, zapalenie opon mózgowych
Coxsackiewirus A	24	Wady serca, choroba dróg oddechowych
Coxsackiewirus B	6	Zapalenie opon mózgowych wrodzone wady serca
Echowirus	34	Wysypka, biegunka
Bliżej nie określone enterowirusy	4	Ostre krwotoki, zapalenie opon mózgowych, choroba dróg oddechowych
Adenowirus	30	Infekcja oczu, choroby dróg oddechowych
Reowirus	3	Dokładnie nie określone
Hepatitis typ A	1	Zapalenie wątroby
Rotawirus	?	Wymioty, biegunka
Astawirus	?	?
Calciwirus	?	Wymioty, biegunka
Coronawirus	?	Dreszcze
Parowirus	4	Dokładnie nie określone ale występujące przy chorobach dróg oddechowych u dzieci

znikiem obecności wirusów w ściekach czy osadach mogą być bakteriofagi *Escherichia coli* [7]. Z kolei w procesie fermentacji osadów wskaźnikiem Reowirusa mogą być bakterie *Streptococcus faecalis*. Wirusy jelitowe są trudno-usuwalne ze ścieków, gdyż stosowane metody nie inaktywują ich w takim stopniu jak to się dzieje np. w przypadku bakterii. W surowym osadzie wstępnym stwierdzono więcej niż 100 tysięcy cząstek wirusów w 1 cm<sup>3</sup> [4]. Mogą one przeżywać w ściekach lub wodach płynących więcej niż kilka miesięcy. Informacje o przeżywalności wirusów w glebie są mniej pełne od informacji o przeżywalności bakterii czy pasożytów. W Skadynawii zaobserwowano, że nawożenie osadami w okresie zimy powoduje znaczną redukcję ilości wirusów jelitowych. W glebie wirusy są adsorbowane w warstwie grubości 10—12 cm i trudno je z niej wypłukiwać, nie mogą więc stanowić zagrożenia dla wód gruntowych. Zakładając, że czas przeżycia wirusów w glebie jest podobny jak w ściekach, można wnioskować, że czas ich odporności na warunki glebowe będzie wynosił około 100 dni (taką stwierdzono w ściekach) [1]. Wirusy wykryto również na owocach i warzywach. Czas przeżycia dla wirusa Polio 1 na zraszanych ściekami rzodkiewce i pomidorach wynosił 36 dni, natomiast przy sztucznej infekcji ten sam rodzaj wirusa przeżył na kapuście i pomidorach od 4 do 18 dni. Udowodniono również, że wirusy przenikają do układu korzeniowego roślin i stamtąd dostają się do łodygi. Istnieją również możliwości mechanicznego przemieszczania się wirusów w czasie zbioru plonów, a także mogą one penetrować z powierzchni roślin do ich wnętrza.

Wg WHO [14] surowe osady można bezpiecznie wykorzystywać na terenach leśnych oraz zaorywać w glebę, osady przefermentowane lub suszone na poletkach można utylizować na terenach leśnych, a także na pastwiskach i polach uprawnych, gdy płody rolne nie są spożywane na surowo. Osady kompostowane i pasteryzowane można wykorzystać jak poprzednio oraz na pastwiskach, na terenach rekreacyjnych (parki, skwery) i przy nawożeniu pól uprawnych, gdy płody rolne są spożywane na surowo.

Z przytoczonych wyżej danych wynika, że osady ściekowe z wirusologicznego punktu widzenia można traktować raczej jako bezpieczne w odniesieniu do ludzi lecz nie znaczy to, by można je w tym przypadku lekceważyć.

## Bakterie

W odniesieniu do bakterii chorobotwórczych, zawartych w ściekach, brak kontroli, przy rolniczym wykorzystaniu może stworzyć poważne zagrożenie chorobowe. Bakterii patogennych nie wykrywa się w ściekach czy osadach bezpośrednio, a oznacza się w tym celu bakterie uznane za tzw. wskaźniki sanitarne. W Polsce za taki właśnie wskaźnik uznano bakterie *Escherichia coli* — pałeczkę okrężnicy, nato-

miast w krajach Europy zachodniej wskaźnikiem są bakterie w rodzaju *Salmonella*. Ilości i rodzaje bakterii obecnych w ściekach są bardzo zróżnicowane; zależne jest to od strefy klimatycznej i poziomu życia mieszkańców na danym obszarze. W tabeli 2 przedstawiono bakterie występujące w wodzie, ściekach miejskich i osadach oraz wywołane przez nie choroby [14].

Tabela 2  
BAKTERIE PATOGENNE WYSTĘPUJĄCE W ŚCIEKACH I OSADACH I WYWOŁYWANE PRZEZ NIE CHOROBY [14]

Gatunek bakterii	Nazwa jednostki chorobowej
<i>Escherichia coli</i>	Zapalenie jelit
<i>Salmonella typhi</i>	Tyfus
<i>Salmonella paratyphi</i>	Paratyfus
Pozostałe <i>Salmonelle</i>	Zapalenie jelit
<i>Shigella dysenteriae</i>	Biegunka
<i>Shigella flexneri</i> i inne	Biegunka
<i>Clostridium botulinum</i>	Botulizm
<i>Clostridium perfringens</i>	Zapalenie jelit
<i>Vibrio cholerae</i>	Cholera
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	Zapalenie jelit
Inne typy <i>Vibrio</i>	Zapalenie jelit
<i>Leptospira</i> sp.	Leptospiroza
<i>Mycobacterium tuberculosis</i>	Gruźlica
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Zapalenie jelit Artryzm

Zawartość bakterii w osadach jest zróżnicowana i tak np. w osadzie surowym w jednej z oczyszczalni w Chicago (USA) stwierdzono w 1 m<sup>3</sup> 2,7·10<sup>9</sup> komórek bakterii *coli*, 1,1·10<sup>8</sup> komórek bakterii *Salmonella* sp. Prowadząc badania w niektórych krajowych oczyszczalniach ścieków stwierdzono [10] w surowym osadzie wstępnym z Lubina 2,5·10<sup>5</sup> komórek bakterii przetrwalnikujących i 1,1·10<sup>7</sup> komórek bakterii mezofilnych (wśród nich mogą być chorobotwórcze); natomiast w osadzie przefermentowanym np. z jednej z dzielnic Wrocławia stwierdzono 1,9·10<sup>4</sup> komórek bakterii mezofilnych. W badaniach przeprowadzonych w Holandii na obecność *Salmonelli* w osadach z trzech oczyszczalni ścieków [9] stwierdzono te bakterie w 59% do 97% prób. W ściekach odpływających z jednej ze szwedzkich oczyszczalni ścieków stwierdzono obecność *Salmonelli* w 30% do 56% spośród około 300 wykonanych prób.

Z doniesień literaturowych na temat przeżywalności bakterii chorobotwórczych wiadomo, że czas ich przeżycia w glebie wynosi od 2 do 12 miesięcy, a w roślinach od 1 do 12 miesięcy. I tak np. w eksperymencie z trawą *Salmonella typhimurium* [13] były w stanie przeżyć co najmniej 47 tygodni, podobnie zachowały się na powierzchniowej warstwie próchnicy. W innych badaniach opublikowanych przez Amerykańską Agencję Ochrony Środowiska [7] donoszą, że w próbach osadu przefermentowanego kierowanego na pola, w paszy z nich uzyskanej, w tkankach zwierząt na niej hodowanych i ich odchodach stwierdzono wysoki stopień skażenia bakteriami patogennymi. Wyizolowano *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus pyogenes* i *Salmonella enteridis*. W mięśniu serco-

wym stwierdzono Sarcosporidia, natomiast nie wykryto bakterii patogennych w badaniach tkanki wątrobowej, nerkowej, śledzionowej i krwi.

W badaniach przeprowadzonych w Wielkiej Brytanii [1] przy eksploatacji pól rolniczego wykorzystania ścieków i osadów wykazano, że bydło tam hodowane było dwukrotnie bardziej zakażone aniżeli normalne. Faktycznie więc niepoprawnie prowadzona kontrola eksploatacji pól rolniczego wykorzystania stwarza poważne zagrożenie bakteryjne dla zwierząt, a pośrednio i ludzi.

## Pasożyty

Dojrzałe organizmy, cysty i jaja, występujące w ściekach surowych lub oczyszczonych (po sedymentacji) znajdują się w stosunkowo dużych ilościach w osadach wstępnych, wtórnych i fermentowanych. Oczywiście w każdej strefie klimatycznej ilości ich i rodzaje są różne. Wiadomo, że najłatwiej jest wydzielić ze ścieków jaja *Ascaris*, gdyż są one najcięższe, a zatem stosunkowo szybko sedymentują. Z kolei cysty pierwotniaków wymagają dłuższego czasu przetrzymywania w osadniku, gdyż obecność ich stwierdzono w ściekach odpływających z oczyszczalni. Stwierdzono również, że jaja tęgoryjca wymagają 3-ch godzin sedymentacji. Ogólnie stwierdzono, że jaja robaków, których gęstość jest wyższa niż 1,1 sedymentują w czasie do 2-ch godzin [11]. W tabeli 3 przedstawiono rodzaje i gatunki pasożytów najczęściej występujących w ściekach i osadach oraz wywoływane przez nie schorzenia [8].

Tabela 3

**PASOŻYTY STWIERDZONE W ŚCIEKACH I OSADACH  
I WYWOLOWANE PRZEZ NIE CHOROBY [8]**

Organizm	Nazwa jednostki chorobowej
<b>Pierwotniaki:</b>	
<i>Balantidium coli</i>	balantidioza
<i>Entamoeba histolytica</i>	pełzakowica jelitowa
<i>Giardia lamblia</i>	lambioza
<b>Robaki pasożytnicze:</b>	
<b>N ic i e n i e</b>	
<i>Ascaris lumbricoides</i>	askarydoza ludzka
<i>Ancylostoma doudeanale</i>	ankylostomatoza
<i>Necator americanus</i>	ankylostomatoza
<i>Enterobius vermicularis</i>	owsica
<i>Strongyloides stercoralis</i>	węgorzycza
<i>Toxocara</i>	glistnica psia lub kocia
<i>Trichuris Trichiura</i>	nieżył przewodu pokarmowego
<b>T a s i e m c e</b>	
<i>Taenia solium</i>	wągrzyca mięśni
<i>Taeniarhynchus saginatus</i>	tasziemczyca
<i>Hymenolopsis nana</i>	hymenolopidoza
<i>Echinococcus granulosus</i>	bąblowica
<i>Diphyllobothrium latum</i>	difilobotrioza
<b>P r z y w r y</b>	
<i>Schistosoma haematobium</i>	bilharzioza
<i>Opisthorchis</i>	opisthorchidoza
<i>Dicrocoelium</i>	schorzenie dróg żółciowych
<i>Paragonimus wstermani</i>	paragonimoza
<i>Fasciola hepatica</i>	metrylica wątrobowa
<i>Clonorchis</i>	opisthorchidoza
<i>Fasciolopsis</i>	fascjolopsidoza

Występujące w ściekach i osadach cysty i jaja pasożytów przewodu pokarmowego ludzi i zwierząt stanowią zagrożenie chorobowe dla ludzi konsumujących płody z pól uprawnych oraz dla bydła wypasanego na łąkach. Chobanow [5] przeprowadził badania na zawartość jaj robaków w glebie i na roślinach. Na ponad 1900 prób wykonanych w Azerbejdżanie jaja *Ascaris* wykryto w 25% badanej trawy, 20% warzyw, 3% owoców. W innych badaniach [4], prowadzonych w rejonie Baku jaja *Ascaris* i włosogłówki stwierdzono w glebie, na źdźbłach trawy, na warzywach i owocach. Wiadomo, że czas przeżycia jaj *Ascaris* w glebie jest nawet do 7-miu lat, jaj *Taenia* do dwóch lat, a tęgoryjca do 20-tu tygodni. Na ziemniakach jaja *Ascaris* przeżywają do 5-ciu tygodni, a *Taenia saginata* przeżywają na warzywach od 3-ch do 12-tu miesięcy [11].

Osady ściekowe będące źródłem przenoszenia pasożytów i ich jaj są bardziej zakaźne dla bydła niż dla ludzi. Pasożyty mogą dostawać się do organizmu ludzkiego pośrednio. Ograniczyć to można poprzez zakaz nawożenia nieodkazanymi osadami terenów uprawnych, z których płody rolne spożywane są na surowo.

## Podsumowanie

Rolnicze wykorzystanie ścieków i osadów z ekonomicznego punktu widzenia jest bardzo korzystnym i coraz częściej w świecie stosowanym sposobem ich unieszkodliwiania. Nie wolno jednak lekceważyć faktu obecności znacznych ilości organizmów chorobotwórczych, które stanowią zagrożenie dla stykających się ze ściekami lub osadami w sposób pośredni, czy bezpośredni ludzi i zwierząt. Należy zatem dążyć do ograniczenia ilości lub całkowitego zniszczenia tych mikroorganizmów, uwzględniając jednocześnie możliwość recykulacji bogatych zasobów substancji pokarmowych zawartych zwłaszcza w osadach miejskich. Cel ten można osiągnąć poprzez pasteryzację, kompostowanie lub chemiczną dezaktywację osadów i dezynfekcję ścieków przed nawożeniem lub nawadnianiem łąk czy pól uprawnych.

## LITERATURA

1. R. ALDERSLADE: The problems of assessing possible hazards to the public health associated with the disposal of sewage sludge to land: Recent experience in the United Kingdom. Working Group on Sewage Sludge to Land: Public Health Implication of Microbial Content. Stevenage, U.K., 6—9, January 1981. (materiały WHO nie publikowane).
2. T. ASANO, G. TCHOBANOGLIOUS, R.C. COOPER: Significance of Coagulation-Flocculation and Filtration. Operations in Wastewater Reclamation and Reuse. Symposium Proceedings, The Future of Water Reuse, Water Reuse Symposium III. San Diego, USA, August 26—31, 1984.
3. J. CEBULA: O gospodarce osadami ściekowymi w Polsce. Ochrona Środowiska. Nr 365, Tom I—II (VII—VIII). Wrocław, VI. 1981.

4. S. N. CHANBUJEVA: Sanitarno-gelmintologičes-kije issliedovanije v prigorodnoj i rekreacionnoj zomach Baku. *Gig. i Sanit.*, 5, 1981, s. 64—66.
5. R. E. CHOBANOW: Rezutaty sanitarno-gelmintologičeskogo issliedovanij zeleni, ovoszczej, jagod i fruktoŭ w Azerbajdžanskoj SSSR. *Gig. i Sanit.* 3/76, s. 100—101.
6. F. M. DITRI, J. AGUIRRE-MARTINEZ, M. ATHIE-LAMBARII: *Municipal wastewater in agriculture*. Academic Press, New York, London, 1981.
7. G. T. EDDES, J. M. DAVIDSON: Swage sludge viral and pathogenic agents in soil-plant, animal systems. Raport EPA-600/S1-81-026 Apr. 1981.
8. M. T. KAŻMIERCZUK: Badania biologicznych skażeń gleby i wybranych rodzajów roślin warzywnych na skutek stosowania przefermentowanych osadów ściekowych. Rozprawa na stopień doktora nauk biologicznych. WIHE Warszawa 1981.
9. E. M. KOMPELMACHER, L. M. van NOORLE JANSEN: Reduction of bacterie in sludge treatment. *JWPCF*, Vol. 44, 2. 1972, s. 309—313.
10. T. MARCINKOWSKI: Odkazanie osadów ściekowych tlenkiem wapniowym. Rozprawa doktorska. Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1984.
11. T. MARCINKOWSKI: Decontamination of Sewage Sludges with Quicklime. *Waste Management and Research* (1985) 3, 55—64.
12. E. J. MIDDLEBROOKS: *Water Reuse*. Ann Arbor Science. Michigan 1982.
13. D. STRAUCH: Mikrobiologische Untersuchungen zur Hygienisierung von Klärschlamm 1. Mitteilung: Einfürung in die seuchenhygienische Problematik. 121, (1980) H. 3. gwf — wasser abwasser.
14. WHO. The risk of health of microbes in sewage sludge applied to land, *EURO Reports and Studies* 54. Regional Office for Europe, WHO, Copenhagen.

## T. Marcinkowski

### ENVIRONMENTAL IMPACT OF MUNICIPAL SEWAGE AND SLUDGES AS APPLIED TO AGRICULTURAL PURPOSE

*Literature data on the behaviour of viruses and bacteria, as well as human and animal parasites in sewage, sewage sludge, soil and vegetation are reviewed.*

*From these data it is obvious that pathogens entering the soil together with the sewage or sewage sludge applied as fertilizers create serious health hazards. It is, therefore, necessary that either the number of pathogenic organisms be substantially reduced or the total population of pathogens be killed (by pasteurisation, composting, sterilization or chemical inactivation) before the valuable fertilizing substances present in the sludge (nitrogen, phosphorus and some microelements) are recirculated.*