

Tadeusz Marcinkowski

## NISZCZENIE ORGANIZMÓW CHOROBOTWÓRCZYCH W PROCESACH PRZERÓBKII OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Osady ściekowe, z higienicznego punktu widzenia, są koncentratem zawierającym znaczne ilości organizmów patogennych [1]. Wiadomo również, że osady miejskie zawierają znaczne ilości substancji nawozowych, a także mają dobre właściwości humusotwórcze. Coraz powszechniej więc utylizację tego odpadu technologicznego prowadzi się w glebie. Takie rozwiązanie problemu jest możliwe, gdy w osadach nie występują nadmierne ilości substancji i elementów toksycznych [2, 3]. Szacuje się, że w Polsce w latach 1985—2000 będzie powstawało od 900 tys. do 1150 tys. ton sm osadów zmineralizowanych, z czego znaczną część będzie można wykorzystać rolniczo [2, 4]. Nieoczyszczone ścieki lub surowe osady wykorzystywane do nawadniania lub nawożenia łąk i pól uprawnych stanowią poważne zagrożenie chorobotwórcze, dla obcujących z nimi pośrednio lub bezpośrednio ludzi czy zwierząt. Patogeny osadowe w warunkach polowych zachowują aktywność przez tygodnie, miesiące, a nawet lata [5, 6]. Stwierdzenie to dokładnie obrazuje tabela 1.

Tabela 1  
CZAS PRZEŻYCIA PATOGENÓW W GLEBIE I NA  
ROŚLINACH (W MIESIĄCACH)

Rodzaj organizmu	Gleba	Rośliny
Wirusy	3—6	1—2
Bakterie	2—15	1—12
Robaki	24—84	1—5

Niektóre organizmy chorobotwórcze cechuje szczególna odporność na działanie fizycznych i chemicznych czynników środowiskowych. Do takich organizmów należy np. forma przetrwalnikowa laseczki wąglika *Bacillus anthracis*, a okres jej przeżycia w glebie szacuje się na 20—30 lat [5]. Stąd też, w przypadku rolniczego wykorzystania osadów, bardzo ważna jest znajomość czasu aktywności organizmów chorobotwórczych, gdyż może się zdarzyć, że przyjęty okres karencji dla roślin przed ich spożyciem będzie niewystarczający. Nieodpowiednie gromadzenie i wykorzystanie osadów surowych może spowodować, wskutek występujących spływów powierzchniowych i infiltracji do gruntu, zakażenie zasobów wód. Potwierdzają to przypadki epidemii, będące następstwem nie-

pełnego uzdatniania wody przeznaczonej do celów spożywczych [7, 8]. Należy więc dążyć do ograniczenia ilości lub całkowitej likwidacji organizmów chorobotwórczych, zawartych w osadach ściekowych (składowanych na wysypiskach lub wykorzystywanych rolniczo). Można to osiągnąć poprzez stosowanie odpowiednich metod oczyszczania ścieków i przeróbki osadów. Przyjmuje się, że mechanizm usuwania wirusów i bakterii ze ścieków polega przede wszystkim na ich aglomeracji na cząstkach sedymentujących zawiesin [9, 10]. Na obniżenie ilości bakterii chorobotwórczych w ściekach istotnie wpływa także oczyszczanie biologiczne. Ponadto usuwanie cyst pierwotniaków i jaj robaków jelitowych, z uwagi na ich gęstość, przebiega bardzo wydajnie podczas sedymentacji w osadnikach wstępnych. Dalsze usuwanie czy niszczenie organizmów chorobotwórczych uzyskuje się w procesach chlorowania lub wapnowania ścieków biologicznie oczyszczonych, a także filtracji na złożach biologicznych. Efektywność usuwania tych organizmów ze ścieków przedstawiono szczegółowo w tabeli 2.

Tabela 2  
USUWANIE ORGANIZMÓW CHOROBOTWÓRCZYCH W PROCESACH  
OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW (%)

Proces technologiczny	Wirusy	Bakterie	Cysty ameby	Jaja nicieni
Sedymentacja	3	25—75	nieznaczące	10—98
Osad czynny	40—99	90—98	nieznaczące	10—99
Złoża zraszane	—	70—93	—	—
Chlorowanie ścieków biol. oczyszcz.	—	90—99	—	—
Wapnowanie ścieków biol. oczyszcz. do pH=12	99,99	99	—	26,5
Filtry gruntowe	40—82	95—98	11—99,9	10—76

### Niszczenie patogenów obecnych w osadach ściekowych

Osady stabilizuje się przeważnie w celu ograniczenia intensywności uciążliwych zapachów, zmniejszenia objętości, a także poprawy niektórych parametrów technologicznych, umożliwiających ich dalszą obróbkę i transport. Ponieważ osady zawierają znaczne ilości wirusów, bakterii, grzybów, cyst pierwotniaków, jaj robaków jelitowych, a także jaj stawonogów, coraz częściej zwraca się uwagę na zagrożenia, jakie mogą one spowodować.

## Składowanie w lagunach

Proces ten jest najmniej efektywnym sposobem niszczenia organizmów chorobotwórczych. Laguny osadowe, w postaci płytkich zbiorników lub naturalnych zagłębień terenowych, wykorzystywane są do fermentacji i odwadniania osadów surowych oraz do składowania osadów prefermentowanych [11]. Stosowanie lagun dla osadów surowych jest ograniczone ze względu na ich uciążliwość zapachową i plagi much w lecie. Lagunowanie osadów, w aspekcie higieniczno-sanitarnym powoduje obniżenie ilości wirusów [12], natomiast w odniesieniu do bakterii, cyst pierwotniaków i jaj robaków jest średnio bądź mało znaczące. Jedynie redukcja ilości bakterii z rodzaju *Salmonella* jest wysoka, ale dopiero przy ponad rocznym magazynowaniu [13]. Proces ten nie ma również wpływu na niszczenie patogennych grzybów i pleśni.

## Stabilizacja tlenowa

Stabilizacja tlenowa jest procesem stosowanym do przeróbki niewielkich ilości osadów. Proces ten zaleca się dla osadów miejskich ze znacznym udziałem osadów przemysłowych, nie podatnych na fermentację metanową. Stabilizację tlenową można prowadzić jako proces termofilowy lub mezofilowy. Podczas stabilizacji mezofilowej następuje około 98% zmniejszenie ilości bakterii chorobotwórczych, natomiast nie ulegają zniszczeniu jaja robaków jelitowych [14]. W badaniach nad termofilową stabilizacją tlenową prowadzonych w RFN [15], stwierdzono dość znaczne obniżenie ilości bakterii z rodzaju *Salmonella* po dwóch dobach napowietrzania przy pH=8,7 oraz 10 godzinach przy pH=9,2 (w temperaturze 318 K). Jednocześnie nie uzyskano zniszczenia jaj *Ascaris*. Jediną zaobserwowaną zmianą była odwracalna deformacja plazmy. Z kolei w temperaturze 322,5 K po 54 godzinach trwania procesu w środowisku o pH=7,5 stwierdzono zniszczenie plazmy komórkowej, a po 57 godzinach w temperaturze 323 K uśmiercenie wszystkich jaj *Ascaris*. Podczas badań prowadzonych w Szwajcarii [10], wykryto bakterie z rodzaju *Salmonella* w 85% prób osadów stabilizowanych tlenowo; spośród 40 prób analizowanych.

## Stabilizacja beztlenowa

Poprawnie prowadzona mezofilowa fermentacja metanowa w ciągu 30 dni zapewnia niemal 99% zmniejszenie ilości bakterii chorobotwórczych i całkowite zniszczenie cyst pierwotniaków, natomiast jest mało efektywna wobec jaj robaków jelitowych [16, 17]. Z badań prowadzonych w Szwecji i Szwajcarii wynika, że fermentacja psychrofilowa jest mało efektywna już w odniesieniu do bakterii. Bakterie z rodzaju *Salmonella* stwierdzono odpowiednio w 40% i 89% prób osadów prefermentowanych [10]. Z porównawczych badań fermentacji mezofilowej (308 K) i termofilowej (322 K) wynika, że w pierwszym przypadku zniszczeniu uległo 30—50% jaj *Ascaris suum*, a w drugim przypadku około 99% [16]. W badaniach nad zawartością nicieni w osadzie fermentowanym

w temperaturze 295—298 K w czasie 21—28 dni, stwierdzono wśród zdolnych do przeżycia: 64% jaj *Ascaris sp.*, 53% jaj *Toxocara sp.*, 63% jaj *Toxascaris leonina* i 20% *Trichuris sp.* [17].

Stąd też z uwagi na efektywność niszczenia organizmów patogennych (szczególnie *Ascaris suum*) w procesie fermentacji, najlepsze wyniki zapewnia prowadzenie procesu w warunkach termofilowych (318—322 K). Nie stwierdzono jednak wyraźnej zależności pomiędzy czasem fermentacji termofilowej a stopniem niszczenia patogenów, przy czym w procesie z pełnym wymieszaniem uzyskano gorsze efekty niszczenia patogenów, niż w procesie porcjowym [18]. Zatem fermentacja prowadzona w układzie łokowym nie może zagwarantować wysokiego stopnia odkażania, z uwagi na stały dopływ świeżych osadów. To samo dotyczy fermentacji tlenowo-beztlenowej.

## Stabilizacja tlenowo-beztlenowa

Dwustopniowa metoda tlenowo-beztlenowej stabilizacji osadów, polega na poddaniu osadów trwającej jedną dobę stabilizacji tlenowej czystym tlenem lub powietrzem, a następnie fermentacji beztlenowej trwającej 8 dni. W pierwszym stopniu reakcja biochemiczna powoduje podniesienie temperatury procesu do 330 K, natomiast w drugim stopniu przeróbki utrzymywana jest temperatura 308—328 K. W wyniku stosowania tej metody, oprócz dobrego ustabilizowania osadów, uzyskuje się również wysoki stopień ich odkażania [19, 20].

## Pasteryzacja

Proces termicznego odkażania osadów polega na ogrzaniu ich do temperatury 333—353 K, w czasie od około 30 do około 5 minut. Temperatura i czas ekspozycji zależą od sposobu prowadzenia procesu, rodzaju urządzeń, a także od uwodnienia osadów oraz ilości i rodzaju organizmów chorobotwórczych. W urządzeniach do pasteryzacji o działaniu okresowym, patogeny są niszczone w czasie 20—30 minut w temperaturze 343—333 K. W urządzeniach o działaniu przepływowym wymagana jest temperatura 353 K, przy czasie przetrzymania 5 minut. Proces ten musi być tak prowadzony, żeby w zalecanym czasie i temperaturze, odkażane osady były ogrzane w całej swej masie. W przeciwnym przypadku może nastąpić ponowny rozwój organizmów. Wyższą temperaturę limituje objętość komory pasteryzacji, przy uwzględnieniu krótszego czasu kontaktu.

W RFN stosuje się pasteryzację metodą Roedigera i Alfa-Laval [21]. Metoda Roedigera polega na ogrzaniu osadów niskociśnieniową parą wodną, przy czym proces prowadzi się porcjowo. Na podstawie badań stwierdzono, że z uwagi na niszczenie bakterii z rodzaju *Salmonella* wymagana jest temperatura 333 K w czasie 25 minut lub 343 K w czasie 5 minut. Ze względu na jaja *Ascaris suum* pasteryzacja musi być prowadzona w temperaturze 333 K w czasie 30 minut lub 343 K w czasie 5 minut. Metoda Alfa Laval jest procesem, który prowadzi się w układzie przepływowym i polega na ogrza-

niu osadów w spiralnym wymienniku ciepła parą wodną do temperatury 353 K. Po sześciu minutach kontaktu nie stwierdzono obecności testowanych bakterii i jaj robaków.

Jednym z nowszych sposobów pasteryzacji osadów jest metoda polegająca na stosowaniu palników nurnikowych. Palniki zasila się olejem opałowym lub gazem miejskim [22, 23]. W metodzie tej do wymiennika ciepła wprowadza się gorące gazy spalinowe w taki sposób, by ogrzewany osad utrzymać w ciągłej turbulencji dla uzyskania intensywnej wymiany ciepła. Proces prowadzi się w sposób ciągły w temperaturze 333—353 K w czasie od 5 do 1 minuty, przy czym zadowalające efekty uzyskuje się po czasie 5 minut w temperaturze 353 K. Innym rozwiązaniem procesu pasteryzacji jest metoda równoczesnej pasteryzacji i fermentacji osadów. Osady podgrzewa się palnikiem nurnikowym do temperatury 353 K i utrzymuje w komorze pasteryzacji przez 12 minut, a następnie przepompowuje do komory fermentacji mozofilowej, w której w czasie 14 dni utrzymywana jest temperatura 310—318 K. Uzyskany osad jest pewny pod względem higieniczno-sanitarnym. Przedstawiona metoda ma tę zaletę nad poprzednio opisanymi, że nie następuje tu wtórne zakażenie osadów [10].

### Kompostowanie

Kompostowanie jest procesem, który można prowadzić w wielu wariantach. Zapewniona jest jednocześnie dobra mineralizacja osadów i wysoki stopień ich odkażania. Osady można kompostować z odpadkami miejskimi, z przemysłu skórzanego, celulozowego, ze słomą, trocinami, korą drzewną, wiórami, itp. Można również kompostować same osady, np. wg systemu Kneer-Weiss [24].

W kilkunastu seriach badań kompostowania osadu przefermentowanego z odpadkami miejskimi, z korą lub trocinami, po ponad dwudziestu dniach prowadzenia procesu w przedziale temperatur 335—348 K, uzyskano uśmiercenie testowanych wirusów, bakterii i jaj robaków jelitowych [25]. Badania te prowadzono w półkowym reaktorze wieżowym. W innym przypadku kompostowano same osady w przelotowym reaktorze wieżowym [26]. Uzyskano uśmiercenie *Salmonella sp.* i *Ascaris suum* po 24 godzinach w temperaturze 338—348 K. Natomiast w temperaturze 322—236 K, podobne wyniki osiągnięto po czasie 72 godzin. W tradycyjnym kompostowaniu osadów ze słomą [27] stwierdzono, że możliwe jest wytworzenie po siedmiu tygodniach kompostowania produktu pewnego pod względem higienicznym; zniszczenie testowych organizmów chorobotwórczych uzyskano po osiągnięciu temperatury 333 K.

Kompost osadowy, z uwagi na właściwości higieniczno-sanitarne, można wykorzystać rolniczo po czasie od 1 doby do 6 miesięcy tzw. dojrzewania — zależy to od metody prowadzenia procesu.

### Dezynfekcja chemiczna

Toksyczność związków chemicznych, stosowanych wobec organizmów chorobotwórczych

obecnych w osadach wynika ze zmiany pH powstałej mieszaniny osad-chemikalia. Wiadomo, że zarówno jony  $H^+$  jak i  $OH^-$  są silnie toksyczne dla mikroorganizmów, np. większość bakterii nie przeżyje w roztworze o  $pH \leq 3$ . Wysokie i niskie wartości pH powodują zmiany w jonizacji różnych składników białka, np. w grupach aminowych i karboksylowych. To z kolei powoduje zmianę w fizycznej budowie białek i stąd wywodzi się utrata aktywności enzymów [28].

Do odkażania osadów można stosować chlor lub wapno, które są często stosowane do kondycjonowania osadów przed ich dalszą przeróbką. Jednak wapno jest stosowane najpowszechniej, a to z uwagi na dobre właściwości dezynfekcyjne i deodoryzacyjne. W badaniach nad destrukcją wegetatywnych form bakterii stwierdzono ich niszczenie po godzinie ekspozycji przy  $pH=11,0$ . W innym przypadku wykazano destrukcję wskaźnikowych bakterii *Escherichia coli* w osadach przy odczynie  $pH=11,5-12,0$  w temperaturze 274 K [29]. Także bakterie z rodzaju *Salmonella* ulegają zniszczeniu przy wapnowaniu osadów do  $pH=11,6$  w czasie 1 godziny [30]. Dla zniszczenia wirusów w osadach wymagany jest odczyn alkaliczny ( $pH=10,5-11,5$ ) [31]. Wartość odczynu, zabójcza dla wirusów i bakterii nie powoduje jednak niszczenia jaj robaków [32]. Żywotność grubościennej jaj *Ascaris suum* ulega nieznacznemu ograniczeniu przy  $pH=12$  i to dopiero po czasie 48 h [33]. Całkowita destrukcja jaj *Ascaris suum* następuje przy dodawaniu CaO do odwodnionego osadu, w ilościach powodujących wzrost temperatury do minimum 321 K po czasie około 24 h [32]. W procesie wapnowania za pomocą CaO, utrudniona penetracja jonów  $OH^-$  poprzez ściankę jaj robaków jest mniej istotna, z uwagi na działanie podwyższonej temperatury, jako głównego czynnika destruktywnego. Wiadomo również, że podczas składowania osadów wapnowanych nie następuje wtórne lub zewnętrzne ich zakażenie mikroorganizmami chorobotwórczymi [33]. Istotną zaletą wapnowania osadów przed ich rolniczym wykorzystaniem jest fakt blokowania metali ciężkich mogących przenikać do upraw; wyjątek stanowią molibden i selen. Z agrochemicznego punktu widzenia, dodatek do gleby mieszaniny wapno-osad, jest bardziej korzystny od dodatku samego wapna. Wiadomo również, że wapnowanie gleby jest niezbędnym zabiegiem agrochemicznym, gdyż jony  $Ca^{2+}$  są wbudowane w tkankę roślin, zatem pobierane są z gleby bezpowrotnie [11]. Z doniesień literaturowych wynika, że w Polsce wapnowania wymaga 70—80% powierzchni gleb, gdyż są one zdecydowanie kwaśne [11, 35]. Zatem w warunkach naszego kraju, ze zbytem produktu wapno-osad nie powinno być specjalnych trudności.

### Sterylizacja radiacyjna

Dezaktywacja osadów, polegająca na napromieniowaniu ich wiązką przyspieszonych elektronów lub promieni  $\gamma$  ze źródeł izotopowych Cs-137 i Co-60, znajduje się obecnie w fazie

badań na skalę pilotową [36, 37]. Stosowanie promieni  $\gamma$  okazało się przydatne dla osadów wysuszonych, natomiast wiązki elektronów stosowane są przede wszystkim do odkażania osadów płynnych. Z higienicznego punktu widzenia, każda z tych metod poprawia zdecydowanie jakość produktu końcowego i w przyszłości mogą się one stać przydatne w szerszym stopniu. Bakterie *E. coli*, *Salmonella sp.* i *Shigella sp.* ulegają zniszczeniu przy dawce 200 kiloradów, natomiast dawka 400 kiloradów uśmierca pozostałe bakterie chorobotwórcze oraz robaki jelitowe. Dawką 400 kiloradów można zniszczyć wirusy w ściekach i ciepłych osadach [37]. Cysty *Coccidia* giną przy dawce 300 kiloradów [36]. Zatem w wyniku stosowania sterylizacji radiacyjnej można uzyskać osady całkowicie wyjałowione. Istotnym mankamentem tej metody są wysokie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne [36, 37].

## LITERATURA

1. T. MARCINKOWSKI: Zagrożenia sanitarne wynikające z rolniczego wykorzystania ścieków i osadów komunalnych. Ochrona Środowiska, Wyd. PZITS nr 463/4 (26), s. 23—26, Wrocław 1985.
2. J. CEBULA: Kryterium przydatności osadów ściekowych w rolniczym ich wykorzystaniu. Mat. badawcze, seria: Gospodarka wodna i ochrona wód. IMGW, Warszawa, 1981.
3. Utilisation of sewage sludge on land. D. Riedel Publishing Company Dordrecht, 1984.
4. G. WASIAK, L. PAWŁOWSKA: Gospodarka osadowa w oczyszczalniach ścieków miejskich. Mat. Konf. „Polkan 81”, PZITS, Łódź 1981, s. 103—110.
5. Z. WACHNIK: Zarys chorób zakaźnych zwierząt. PWN, Warszawa 1983.
6. F. M. D'ITRI, J. AGUIRRE-MARTINEZ, M. ATHIE-LAMBARII: Municipal wastewater in agriculture. Academic Press, New York 1981.
7. SHUN DAR LIN: Giardia lamblia and water supply. JAWWA, No 2, 1985, s. 40—47.
8. R. ALDERSLADE: The problems of assessing possible hazards to the public health associated with the disposal of sewage sludge to land. Stevenage, U.K., 6—9 January 1981 (mat. WHO niepublikowane).
9. E. LUND: Health problems associated with the re-use of sewage. Proc. Seminar on health aspects of treated sewage re-use, Algier 1980.
10. D. STRAUCH: Einführung in die seuchenhygienische Problematik. gwf-wasser/abwasser, 1986, 121 H. 4.
11. E. S. KEMPA, T. MARCINKOWSKI: Alkalinization of acid soils with a hygienized sludge-quicklime mixture. Water quality bulletin. Vol. 11, No 4 Canada, 1986 p. 200—203.
12. G. T. EDDS, J. M. DAVIDSON: Sewage sludge viral and pathogenic agents in soil-plant-animal systems. Report EPA-600/S1-81-026, 1981.
13. J. A. HUDSON, H. FENNEL: Disposal of sewage to land: Chemical and microbiological aspects to land policy. Wat. Pollut. Contr. 1980, p. 370—387.
14. E. MUDRACK: Die aerobe Schlammstabilisierung. Müncher Beiträge Abwasser. No 13, 196, s. 290.
15. D. STRAUCH: Weitere Untersuchungen Schlammstabilisierung. gwf wasser/abwasser. 1980, 121 H. 11.
16. E. B. PIKE, D. L. MORRIS, E. G. CARRINGTON: Inactivation of ova of the parasites *Taenia saginata* and *Ascaris suum* during heated anaerobic digestion. Wat. Pollut. Contr. 1983 p. 501—509.
17. R. G. ARTMER, P. R. FITZGERALD, J. C. FOX: Parasite ova in anaerobically digested sludge. JWPCF, 1981, Vol. 53, p. 1334—1338.
18. E. G. CARRINGTON, A. HARMAN: The effect of anaerobic digestion temperature and retention period on the survival of *Salmonella* and *Ascaris* ova.
19. L. G. MATSCH: Zweistufige aerobe-anaerobe Schlammbehandlung unter besonderer Berücksichtigung des erforderlichen Energieaufwandes und des zu erwartenden Casanfalls. G.W.A. 45 1981, s. 137—150.
20. K. D. MEYER, M. REIMAN: Duale Schlammstabilisierung — optimale Energierückgewinnung aus Klärschlamm Korrespondenz Abwasser. 6/82.
21. D. STRAUCH, T. BERG: Versuche an Pasteurierungsanlagen. gwf-wasser/abwasser, 1980, 121, H.4.
22. M.T. GELLER: Bakteriologische und parasitologische Untersuchungen an pasteurisierten Klärschlämmen aus Tauchbrenneranlagen des Niersverbandes in den Jahren von 1971 bis 1979. Dissertation.
23. G. KUGEL: Simultaneous pasteurisation-digestion SPD — process. Wat. Sci. Tech. 1982, Vol. 14, p. 739—748.
24. KNEER-WEISS: Für weitere Informationen steht Ihnen die Abteilung Bio-Reaktor-Bau, 1983, Dillenburg, RFN.
25. D. STRAUCH, T. BERG, W. FLEISCHLE: Untersuchungen an Bio-Zellen-Reaktoren. gwf-wasser/abwasser, 1980, 121, H.8.
26. D. STRAUCH, W. FLEISCHLE: Untersuchungen an Bioreaktoren. gwf wasser/abwasser, 1980, 121, H.7.
27. D. STRAUCH, T. BERG, W. FLEISCHLE: Versuche bei der Mietenkompostierung von Stroh mit Faulschlamm gwf wasser/abwasser, 1980, 121, H.6.
28. O. J. SPROUL: Virus inactivation by water treatment. JAWWA, 1972, s. 31—36.
29. F. BEAUMONT: An acceptable alternative: Lime stabilisation of sewage sludge stabilization and disinfection. WRC, Chichester 1984.
30. L. M. RIEHL, H. O. HARTUNG, F. S. TAYLOR: Effects of lime softening. JAWWA, 5, 1954 p. 495.
31. G. BERG, R. B. DEAN, D.R. DAHLING: Removal of Poliovirus 1 from secondary effluents by lime flocculation and rapid sand filtration. JAWWA 60, 193, 1968.
32. T. MARCINKOWSKI: Decontamination of sewage sludge with quicklime. Waste Management and Research 3, 1985, s. 55—64.
33. T. MARCINKOWSKI: Odkażanie osadów ściekowych tlenkiem wapniowym. Rozprawa doktorska. Politechnika Wrocławska, 1984.
34. R. CZUBA: Nawożenie. PWN, Warszawa 1980.
35. H. UGGLA: Gleboznawstwo rolnicze. PWN, Warszawa 1979.
36. O. HOLL, H. SCHNEIDER: Versucherfahrungen mit der Hygienisierung Elektronenbesuch von Abwasser. GWA, Aachen 1975, s. 361—384.
37. A. J. SINSKEY, D. SHAH, T. J. METCALF: Biological effects of Irradiation with Energy Electrons. Sludge management, disposal and utilization. p. 160—163.

## T. Marcinkowski DESTRUCTION OF PATHOGENS BY SEWAGE SLUDGE PROCESSING

A critical account of sewage sludge processing methods with respect to the destruction of pathogens is

given. Inactivation by lagooning or digestion (either aerobic or anaerobic) appears to be insufficient. The highest efficiencies of pathogen destruction from sewage sludges are achieved when using thermal-chemical processes or radiation methods.