

ASPEKT HIGIENICZNO – SANITARNY ROLNICZEGO WYKORZYSTANIA OSADÓW ŚCIEKOWYCH

Przedstawiono aktualne poglądy nt. aspektu higieniczno-sanitarnego, związanego z rolniczym wykorzystaniem osadów komunalnych. Podano charakterystykę głównych mikroorganizmów chorobotwórczych, które mogą występować w osadach i stwarzać ryzyko zagrożenia dla zdrowia człowieka. Przedstawiono również stanowisko WHO dot. omawianej w publikacji problematyki.

Osady ściekowe są nieuniknioną konsekwencją oczyszczania ścieków, ich unieszkodliwianie i utylizacja wymaga nie tylko rozwiązań technicznych i technologicznych, a także odpowiedniego postępowania, eliminującego zagrożenie sanitarne dla zdrowia publicznego.

Jak rozróżnić i określić stopień zagrożenia sanitarnego ze strony osadów wykorzystywanych rolniczo? Program ten jest poważnym zadaniem służb sanitarnych, odpowiedzialnych za dostateczną ochronę zdrowia publicznego, jest on również tematem wielu dyskusji fachowych i celem wielu eksperymentów badawczych, medycznych i epidemiologicznych. Nie ma wątpliwości co do zagrożenia sanitarnego, jakie stworzyć mogą surowe ścieki miejskie. Brak odpowiednich urządzeń oczyszczających stwarza zawsze poważne zagrożenie sanitarne, nie tylko dla środowiska ale i dla samych ludzi. Ścieki muszą być więc oczyszczone, ale nie jest to działanie wystarczające. Efektem oczyszczania ścieków, podstawową konsekwencją tego procesu są osady, które muszą być poddane przeróbce i unieszkodliwione. Zagrożenie sanitarne środowiska, związane z utylizacją osadów, jest jednak zawsze mniejsze niż odprowadzanie do wód ścieków nie oczyszczonych.

Surowe osady ściekowe zawierają ogromne ilości mikroorganizmów chorobotwórczych pochodzenia ludzkiego, których odporność i przeżywalność jest w różnym stopniu zależna od metod przeróbki. Osady po przeróbce, kierowane do rolniczego wykorzystania zawierać mogą nadal aktywne patogeny. Nie wszystkie jednak stanowią zagrożenie dla zdrowia ludzkiego, bądź to z uwagi na małą ich liczbę, bądź też na małą odporność na warunki glebowe. Z uwagi na w/w czynniki jak też

i na ograniczone drogi przenoszenia patogenów z osadów do człowieka, zagrożenie sanitarne, pochodzące z osadów jest niewielkie i może być kontrolowane przez stosowanie odpowiednich wytycznych na bazie doświadczeń naukowych.

W Anglii np. [5] sporadycznie tylko rejestruje się przypadki zakażenia *Taenia saginata* pochodzenia osadowego; nie stwierdza się natomiast obecności innych chorób, wywołanych działaniem osadów, pomimo bardzo wysokiego stopnia (74%) wykorzystania osadów w rolnictwie. Uważa się tam, że regularna kontrola stanu zachorowalności wśród ludzi, a także bardziej szczegółowe badania ewentualnych wypadków o charakterze epidemicznym jest efektywniejszym, pod względem ekonomicznym, postępowaniem aniżeli szczegółowa analiza mikrobiologiczna osadów ściekowych. Na podstawie materiałów literaturowych i bezpośrednich doświadczeń ze współpracy w Grupie Ekspertów WHO przedstawiono aktualny stan informacji i poglądy nt. aspektu higieniczno-sanitarnego, związanego z rolniczym wykorzystaniem osadów z oczyszczalni miejskich, w warunkach gospodarczych i klimatycznych Europy.

Dotychczasowe doświadczenia z rolniczym wykorzystaniem ścieków i osadów wskazują na duże możliwości stosowania i rozpowszechniania takiej metody utylizacji. Niniejszy artykuł prezentuje punkt widzenia inżyniera sanitarnego, zainteresowanego ideą unieszkodliwiania osadów w systemie rolniczym. A poza tym, zamiarem autorów jest wywołanie szerszej dyskusji również i w formie publikacji nad tym zagadnieniem, które budzi tyle kontrowersji w opracowywaniu koncepcji rolniczego wykorzystania osadów ściekowych.

Charakterystyka mikroorganizmów chorobotwórczych, występujących w osadach ściekowych

Literatura fachowa wskazuje, że w osadach ściekowych występują analogiczne grupy i rodzaje mikroorganizmów chorobotwórczych. Uznano za celowe, z uwagi na brak tych informacji w literaturze krajowej, podanie szerszej charakterystyki tych mikroorganizmów, które uznaje się za istotne w kształtowaniu tego aspektu higieniczno-sanitarnego. Zasadnicze informacje zaczerpnięto z raportu ekspertów WHO [11] oraz z innych źródeł literaturowych [2, 3, 4, 9]. Do głównych grup organizmów chorobotwórczych, występujących w osadach należą: bakterie jelitowe, pasożyty, wirusy oraz grzyby i pleśnie.

Obecność chorobotwórczych organizmów w ściekach i osadach jest odbiciem aktualnej sytuacji w aglomeracji, a zatem nie jest zjawiskiem stabilnym. Ten fakt należy zawsze brać pod uwagę w ocenie znaczenia poszczególnych czynników chorobotwórczych.

Bakterie jelitowe (Enterobacteriaceae)

Bakterie są najslabiej rozwiniętymi mikroorganizmami w grupie patogenów. Znaczną ich redukcję w osadach ściekowych można osiągnąć przez stosowanie najbardziej konwencjonalnych metod przeróbki osadów. Wielka ilość bakterii, która przedostaje się z osadem na pola usuwana jest na powierzchni gruntu. Okres przetrwania ich w glebie wynosi 7-10 dni. Jednakże, niektóre bakterie mogą przetrwać i dłużej jeżeli znajdują się w głębszych warstwach gleby (o większej wilgotności), szczególnie w miejscach spękanych i bruzdach [5, 8].

Przy ciągłym nawadnianiu osadem spowodować można zagnieżdzenie się bakterii w niższych poziomach (200-500 mm) szczególnie gdy szybkość przechodzenia z danego poziomu jest większa niż szybkość obumierania bakterii. W glebach wysokiej jakości (o drobnych ziarnach) odległość pionowego przemieszczania się może dochodzić do około 1,5 m, ale może być znacznie większa w glebach porowatych. W przypadku, gdy lustro wody znajduje się dość wysoko, mogą one dochodzić do wody gruntowej. Bakterie mogą również przemieszczać się w kierunku poprzecznym przez warstwę glebową. Obszar takiego przemieszczania się uzależniony jest od prędkości poprzecznego przepływu wód gruntowych, wydajności filtracji przez warstwę geologiczną oraz od okresu przeżywalności bakterii. Jeżeli warstwa geologiczna nie jest porowata, przemieszczanie poziome jest zwykle powolne i jeżeli bakterie nie zostaną usunięte z wodą, mają tendencję do obumierania zanim powędrują dalej. W wodach kwaśnych (pH 5-5,5) bakterie zanikają w ciągu 2 tygodni, natomiast w wodach obojętnych żyją dłużej do 3-4 tygodni.

Escherichia coli

Osady mogą być źródłem tych bakterii w środowisku, ale brak jest dotychczas wystarczających dowodów. Stwierdzono, że niektóre serotypy E.C.

są chorobotwórcze dla człowieka lub zwierząt, szczególnie dla osobników bardzo młodych. W działaniach kontrolnych należy zwrócić uwagę w pierwszym rzędzie na eliminację nadużywania antybiotyków. Gleby badane po okresie 5-12 miesięcy, od czasu nawożenia osadem wykazują mniejsze zanieczyszczenie bakteriologiczne: m. E. coli: 1-0,01, charakteryzujące gleby słabo zanieczyszczone.

Pseudomonas aeruginosa

Są one bardzo rozpowszechnione w środowisku i stąd nie są traktowane w sposób wyjątkowy.

Yersinia enterocolitica

Epidemiologia tego organizmu nie jest w pełni wyjaśniona i zrozumiała. Jego obecność w organizmie wiąże się z zatruciem żywności. Niezbędne są dalsze badania, zmierzające do wyjaśnienia, czy to osady są głównym źródłem zakażenia produktów żywnościowych tym mikroorganizmem.

Clostridium perfringens

Są one głównie organizmami glebowymi. Z uwagi na długi okres przeżywalności zarodników, nawożenie osadem może znacznie zwiększyć ich ilość w glebie, stwarzając jednocześnie możliwość infekcji. Praktyka wykazuje, że naturalny poziom występowania zarodników w glebie jest tak wysoki, że dodatek osadów nie wpływa istotnie na stopień skażenia żywności.

Clostridium botulinum

Ustalono, że mikroorganizm ten może przedostawać się do gospodarstw rolnych wraz z paszą niewłaściwie silosowaną lub też produkowaną z odpadów browarniczych. Jest to bakteria glebowa, ale w odróżnieniu od poprzedniej wytwarza jedną z najbardziej znanych substancji toksycznych. Eksperci stwierdzają, że występuje w tym przypadku szczególne zagrożenie sanitarne ze strony osadów ściekowych. Osady wpływają na wzrost ilości form przetrwalnikowych.

Bacillus anthracis

Jest on przyczyną groźnej choroby zakaźnej — węgliku u bydła; człowieka atakuje sporadycznie. Głównym źródłem pochodzenia węgliku jest skażone pożywienie (np. padlina), a także ścieki włókiennicze, pochodzące z procesów uszlachetniania lnu i wełny. Brak jest ewidentnych dowodów na stwierdzenie, że osady są źródłem węgliku u człowieka.

Listeria monocytogenes

Osady ściekowe mogą wprowadzić do gleby znaczny ładunek L.m., ale znaczenie tego faktu nie jest dobrze poznane.

Vibrio

Są to typowe organizmy pochodzenia wodnego. *Vibrio cholerae*, które są enterotoksygenne, wykazują krótki okres przeżywalności w środowisku i stąd wynika wniosek, że osady nie są źródłem choroby. Brak również dowodów na to, że mięso może być nosicielem tych zarazków. *Vibrio parahaemolyticus* jest organizmem żyjącym w wodzie morskiej i stąd produkty żywnościowe pochodzenia morskiego mogą być nosicielem zarazka cholery. Osady wyklucza się w sposób zdecydowany.

Mycobacterium

Osady ściekowe mogą być źródłem tego zarazka. Ścieki i odpady sanitarne muszą być bezwzględnie dezynfekowane. W przypadku osadów jedynie termiczna przeróbka gwarantuje pełne zniszczenie tych bakterii.

Leptospirae

Bakterie tego gatunku wykazują długi okres przeżywalności w wodach o podwyższonym pH. Brak jest dowodów na stwierdzenie, że osady mogą być ich nośnikami. Rzadkie są też przypadki zachorowań wśród ludzi za wyjątkiem osób będących w częstym kontakcie ze zwierzętami.

Salmonellae

Bezsprzecznie największą ilość bakterii patogenych, które znajdują się w osadach ściekowych, pochodzących z populacji człowieka, są osobniki grupy *Salmonellae*. Przypuszcza się, że ok. 10% populacji wydziela te mikroorganizmy. Z badań [5] osadów, przeprowadzonych na zawartość liczby bakterii *Salmonellae*, przypadających na 1 g badanych osadów wynika, że zależność ta jest sezonowa, uzależniona od pory roku. Przypadki salmonellozy wśród populacji człowieka mają tendencję do osiągnięcia maksimum w miesiącach letnich; konsekwencją tego jest najwyższa zawartość bakterii *Salmonellae* w osadach ściekowych późną porą letnią i wczesną jesienią.

Zarazki *Salmonellae typhi* i *Sal. paratyphi* mogą powodować dur brzuszny (tyfus) u ludzi. Podczas gdy *Sal. typhi* jest specyficzny dla człowieka, niektóre zarazki *Sal. paratyphi B* mogą infekować zwierzęta [1].

Pasożyty

Jaja różnych pasożytów jelitowych (helminatów) i cysty pierwotniaków mogą być obecne w osadzie i to zarówno w osadzie surowym jak i częściowo przefermentowanym [7]. W grupie pasożytów wyróżnia się trzy rodzaje mikroorganizmów chorobotwórczych:

PIERWOTNIAKI (PROTOZOA):

Toxoplasma gondii
Sarcocystis,

NICIENIE (NEMATODES):

Strongyloides stercoralis
Trichuris trichiura,

TASIEMCE (CESTODES):

Taenia saginata
Echinococcus (granulosus, multilocularis).

Pierwotniaki, występujące jako cysty w materiale fekalnym, podatne są na wszelkie zmiany warunków środowiskowych takich jak: wysuszenie, podniesiona temperatura w odróżnieniu do jaj helminatów. Cysty nie są zdolne do przetrwania rozkładu anaerobowego, nawet przy niskich temperaturach niszczone są w przeciągu trzech dni. Nicienie jelitowe i tasieńce odgrywają znaczną rolę przy ocenie stanu zdrowia populacji człowieka w przypadku rolniczego wykorzystania osadów ściekowych. Jaja nicieni i tasieńców są bardzo odporne na wpływ czynników środowiskowych.

Toxoplasma gondii

Toxoplazmoza jest szeroko w świecie rozpowszechniona odzwierzęcą infekcją, spowodowaną pierwotniakiem: *Toxoplasma gondii*. Zakażenie przez osad możliwe jest tylko w przypadku odprowadzania odchodów kocih do kanalizacji, które zawierają aktywne formy infekcyjne: oocyst. Istnieje jednak większe możliwości bezpośredniego zakażenia aniżeli przez osad.

Sarcocystis

W przypadku skażenia następuje szybka infekcja wśród bydła i trzody chlewnej. Nie znana jest, jak dotychczas, rola osadów ściekowych w rozprzestrzenianiu się tego mikroorganizmu w środowisku.

Strongyloides stercoralis

Jest bardzo rozpowszechniony w klimacie tropikalnym, ale często spotykany jest także na obszarach umiarkowanych. Infekcja grozi zarówno ludziom jak i zwierzętom.

Trichuris trichiura

Jest powszechnie znanym pasożytem. Duża ilość jego jaj może się znajdować w osadach miejskich.

Taenia saginata

Jest to tasieńca żyjąca w mięsie wołowym. Powoduje on duże straty ekonomiczne w rolnictwie, doprowadzając najczęściej do spadku wydajności produkcji mięsa lub do wyginięcia zwierząt. Zainfekowany osobnik wydalać może zalęgnięte człony tasieńca, który może zainfekować paszę dla zwierząt i tą drogą doprowadzić do niebezpiecznego zainfekowania całego stada. Rozpoznane są trzy rodzaje zakażenia pasożytami mięsa wołowego:

1. przez występowanie zdegenerowanych cyst
2. przez występowanie zdolnych do życia cyst
3. przez całkowite skażenie lub wągrowatość.

W wypadku 1 tylko zakażone części mięsa odrzuca się; reszta natomiast może być zwolniona do sprzedaży po niższych cenach. W przypadku 2 mięso zamraża się na okres około 3 tygodni celem zabicia cyst. W tym wypadku straty są znaczne. Natomiast mięso z całkowitym skażeniem nie nadaje się do spożycia. Rozmiary skażenia bydła przez *Taenia saginata* zmniejszają się. I tak w Anglii w ciągu ostatnich 15 lat ilość wypadków zmalała z 0,30% bydła ubitego do 0,05%. Wydaje się także, że polityka zakazująca stosowanie osadu na polach nie wyeliminuje problemu zakażenia tym pasożytem.

Echinococcus (granulosus i multilocularis)

Głównymi żywicielami tego pasożyta są psy, lisy oraz koty. Człowiek może być jedynie tylko przejściowym nosicielem. Jaja pasożyta żyją czasami przez kilka lat w glebie.

Wirusy

Dr E. Lund, profesor wirologii i immunologii w Królewskim Instytucie Rolniczym i Weterynarii z Danii stwierdza [11], że badania nad wirusami obecnymi w osadach ściekowych są bardzo trudne i to z wielu względów:

- zdecydowana większość wirusów jelitowych nie wykazuje wyraźnych symptomów zakaźnych,
- objawy zakaźności w wielu przypadkach nie są jednoznaczne oraz, że podobne symptomy chorobotwórcze wykazywać mogą różne wirusy.

W osadach ściekowych znajdować się mogą najprawdopodobniej następujące grupy wirusów:

- Enterowirusy, Poliovirus, Coxackie A i B, Echowirusy,
- Enterowirusy nr 68-71, prawdopodobnie Hepatitis A*)
- Anderowirusy
- Reowirusy łącznie z rotawirusem*
- Parawowirusy
- Coronawirusy*

Najbardziej rozpoznany wirusem jest **Hepatitis A**. Jego „wodne” pochodzenie zostało przekonywająco udowodnione, prawdopodobnie z uwagi na dużą zależność infekcji i przypadków chorobowych, która wyraża się współczynnikiem 10; w przypadku innych wirusów współczynnik ten waha się od 100 — 1000. O innych wirusach wiedza jest znacznie mniejsza. Przypuszcza się, że **Rotawirus**, a także prawdopodobnie **Corona** — i **Parawowirusy** są powodem wielu bardzo ostrych przypadków nieżytu żołądka i jelit u niemowląt. Te przypadki występują najczęściej w krajach nierozwiniętych, ale nie tylko. Niewiele też wiadomo o zachowaniu się tych wirusów w środowisku. Uznaje się, że osady są głównym ich źródłem a tak-

że przyczyną zakażeń należy zmodyfikować, gdyż okazuje się, że aktualnie głównym źródłem zakażeń jest bezpośredni kontakt człowieka z wydalnikami lub ludźmi zakażonymi [6].

Wirusy mogą być obecne zarówno w ściekach oczyszczonych jak i w osadach; wykrywane są także na owocach i warzywach. W Danii zaobserwowano, że nawożenie osadem w okresie zimy powoduje znaczną redukcję **Enterowirusów**. W glebie wirusy są adsorbowane w warstwie grubości 10-20 cm i w warunkach klimatycznych, jakie panują w Północnej Europie, pozostają tam przez długi okres czasu. Jest bardzo trudno wyłukać je z tej warstwy gleby, a zatem wirusy wprowadzone z osadem nie zanieczyszczają wód gruntowych.

Rolnicze wykorzystanie osadów nie stanowi zatem problemu wirusologicznego. Jednakże, z uwagi na znaczne przypadki śmiertelne niemowląt na tle zatrucia wirusowych, szczególnie w krajach rozwiniętych, nie należy lekceważyć tego faktu w przypadku stosowania osadów na pola [10].

Grzyby i pleśnie

Wydziela się dwie zasadnicze grupy grzybów, które wywołać mogą infekcję:

- A. Grupa drożdży: *Candida albicans*, *C. kursei*, *C. tropicalis*, *C. quilliermondii*, *Cryptococcus neoformans*, *Trichosporon*.
- B. Grzyby włókniste: *Aspergillus*, *A. fumigatus*, *Phialophora richardsii*, *Geotrichum candidum*, *Trichlophyton*.

Kryptokoki są znane w medycynie jako grzyby patogenne, wywołujące m. in. choroby kobiece. **Trichosporon** jest przyczyną schorzenia zwanego mieszkami włosowym.

Wymienione grzyby zostały wyizolowane z osadów ściekowych. Grzyby włókniste są w zasadzie mikroorganizmami pochodzenia glebowego, ale rozwijać się mogą także w przyrmach osadowych czy kompostowych. Przetwarzalniki **Aspergillus** w szczególności **A. fumigatus**, jeżeli są wdychane mogą wywoływać stany chorobowe o symptomach podobnych do zapalenia płuc lub reakcje alergiczne. **G. candidum** rozwija się czasami w ustach; spotykany jest również w mleku i żywności; jego etiologia nie jest w pełni wyjaśniona. Niektóre gatunki grzybów z rodzaju **Aspergillus** produkują w czasie wegetacji mykotoksyny, które jak wykazały badania mają wybitnie wysokie własności rakotwórcze. Generalny wniosek, jaki można sformułować z prezentowanych informacji to taki, że wszystkie omawiane grzyby i pleśnie wykrywa się w osadach we wszystkich fazach ich przeróbki; występują również i w ściekach. Należy zatem brać pod uwagę ten fakt w dyskusji aspektów sanitarnych, związanych z rolniczym wykorzystaniem osadów. Trudno jest jednoznacznie określić znaczenie tych organizmów dla zdrowia publicznego. Pleśnie i grzyby są bardzo rozpowszechnione w środowisku, obecne są więc w paszy zwierzęcej i w ziarnach zbóż.

* wirusy, których nie udało się dotychczas wyhodować

Pasteryzacja osadów jest praktycznie żadnym rozwiązaniem z uwagi na możliwość łatwej ponownej rekontaminacji. Stwierdzono, że największe zagrożenie zdrowotne stwarzają formy przetrwalnikowe, które są wnoszone z powietrzem w sąsiedztwie kompostowni i poletek osadowych.

Efektywność oczyszczania ścieków i przeróbki osadów

Podczas oczyszczania ścieków i przeróbki osadów następuje znaczna redukcja patogenów [5]. Tabela 1 ilustruje efektywność usuwania patogenów

Tabela 1
REDUKCJA LUB USUWANIE RÓŻNYCH MIKROORGANIZMÓW CHOROBTWÓRCZYCH PRZY RÓŻNYCH METODACH OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW I PRZERÓBKIE OSADÓW
(Liczby cytowane są wielkościami maksymalnymi a przedziały podane w % wynikają z danych, cytowanych przez różnych autorów).

Rodzaj oczyszczania	Rodzaj mikroorganizmu			
	E. Coli	Salmonella	Wirusy	Ova (Taenia)
Sedymentacja	3-72%	podobna do E. Coli	mały efekt	do 89% członów tasienca może pływać
+ oczyszczanie w procesie osadu czynnego	61-99%	90-99%	79-99%	mała poprawa; niektóre mogą osadzać się w osadzie
+ oczyszczanie w procesie filtracji na złożach biologicznych	79-98%	podobna do E. Coli	40-82%	podobnie jak wyżej
fermentacja mezofilna osadu		zależy od przebiegu fermentacji; możliwe jest do 93-95%	niektóre są redukowane	niektóre przeżywiają 6 miesięcy
fermentacja termofilna osadu		>99%	niektóre przeżywiają	53% redukcji
długoterminowe lagunowanie osadu (>12 m-cy)		dobrych wyniki		przeżywiają co najmniej 6 m-cy
suszenie na poletkach		uzależnione od czasu; duża redukcja w ciągu 3 m-cy		przeżywiają co najmniej 6 m-cy
wapnowanie osadu		pH 11-12 wyniki b. dobre 100%		utrzymują się przy życiu

podczas oczyszczania ścieków i przeróbki osadów różnymi metodami. Niestety zauważa się pewne nieścisłości, gdyż niektórzy autorzy stosują jakościową technikę oceny zamiast ilościowej, co utrudnia ocenę jednoznaczną. Przykład jakościowej oceny przedstawiono w tabeli 2 [5].

Tabela 2
WZGLĘDNE EFEKTY RÓŻNYCH METOD PRZERÓBKIE OSADÓW

Rodzaj przeróbki	Redukcja		
	Słaba	Średnia	Dobra
Lagunowanie osadu surowego	jaja Ascaris jaja Taenia	Wirusy Bakterie	
Proces fermentacji metanowej	jaja Ascaris jaja Taenia	Tenia tegoryjca (Ancylostoma)	Wirusy Bakterie
Kompostowanie			Wirusy Bakterie Grzyby Robaki (jaja)
Wapnowanie	jaja Ascaris		Bakterie
Przeróbka cieplna			Wirusy Bakterie Robaki (jaja)
Napromienianie	jaja Ascaris		Bakterie Wirusy

Stanowisko Ekspertów WHO

Osady ściekowe zawierają różnorodne patogeny a mianowicie: bakterie, wirusy, pasożyty i grzyby. Ich obecność w osadach jest odzwierciedleniem występowania tych czynników wśród określonej populacji ludzkiej i zwierzęcej, mającej wpływ na powstawanie ścieków. Rolnicze wykorzystywanie osadów ściekowych (nawożenie pól i użytków zielonych) jest często jednym z najkorzystniejszych ekonomicznie sposobów utylizacji.

Osady wprowadzają do gleb określony ładunek substancji biogennej i wykazują działanie glebotwórcze; są one jednakże równocześnie źródłem patogenów w środowisku.

Stwierdza się, że istnieje jeszcze szereg innych źródeł niż osady, zagrażających zdrowiu ludzi i zwierząt. A zatem aspekt dodatkowego zagrożenia ze strony osadów należy rozważać na tle wszystkich źródeł. Stwierdza się, że niezmiernie trudno jest dokonać pomiaru tego dodatkowego oddziaływania za pomocą metod mikrobiologicznych i epidemiologicznych.

Stopień zagrożenia zdrowia publicznego może jednak zostać zredukowany przez zastosowanie odpowiedniej przeróbki osadów. Nie należy jednakże oczekiwać pełnego zabezpieczenia sanitarnego środowiska, o ile nie wyeliminuje się innych źródeł zagrożenia ze strony patogenów.

Określony stopień zagrożenia dla danego regionu zależy od szeregu czynników, do których należą: stan zdrowotności mieszkańców danego regionu, rodzaj gleb, temperatura, wilgotność, wysokość opadów i występowanie zasobów wód gruntowych; istotna jest także określona kultura rolna i hodowlana a równocześnie bezpieczny sposób transportu i rozprowadzania osadów na pola. Nie ma możliwości jednoznacznego określenia normatywnego (akceptowanego) stopnia zagrożenia, ale stwierdza się, że może on być kontrolowany przez stosowanie odpowiednich wytycznych postępowania, dostosowanych do warunków lokalnych.

Liczba bakterii typu **Salmonella**, jednych z głównych czynników powodujących skażenie żywności może wzrastać w środowisku w przypadku stosowania do nawożenia pól osadów, zawierających takie bakterie. Pomimo braku jednoznacznych objawów epidemicznych zaobserwowano, że u bydła, posiadającego kontakt z takim osadem częściej występują przypadki występowania **Salmonelli** aniżeli u bydła kontrolnego.

Taenia saginata jest typowym pasożytem ludzkim w przypadkach skażenia, jaja tego robaka są obecne w wydalinach ludzkich. Osady ściekowe mogą przyczynić się do rozprzestrzeniania się tego pasożyta w środowisku, co w konsekwencji może spowodować skażenia bydła a w dalszej kolejności i ludzi. Przez zastosowanie odpowiednich metod dezynfekcyjnych jak np. pasteryzacja, promieniowanie jonizacyjne lub magazynowanie przez dłuższy okres czasu zredukować można znacznie liczbę **Salmonelli** i **Taenia saginata**, przy czym stwierdza się, że **Taenia saginata** jest odporny na dezynfekcję chemiczną. Jak wynika z większości

badanych terenów wpływ zagrożenia dla zdrowia publicznego ze strony innych organizmów chorobotwórczych jest znacznie mniejszy aniżeli **Salmonella** czy **Taenia saginata**. Możliwość zagrożenia dla zdrowia ze strony wirusów i pasożytów nie została jeszcze w pełni udokumentowana. Dla przykładu: obecność w osadach wirusa **Hepatitis A** może stanowić zagrożenie jedynie w przypadku zachorowań w skali epidemii.

Zalecenia Grupy Ekspertów [11].

1. Podjąć należy badania nad opracowaniem sposobów lub metod, pozwalających na dostateczną redukcję patogenów w osadach ściekowych, wykorzystywanych rolniczo, szczególnie w przypadkach nawożenia upraw warzywnych.

2. Osady ściekowe, zawierające bakterie patogenne i mogące być przyczyną skażenia mięsa, drobiu i produktów mlecznych nie mogą być stosowane bez ograniczeń do nawożenia pól i użytków zielonych. Przy wykorzystaniu musi być przestrzegany ustalony okres karencji od nawożenia osadem do wprowadzenia bydła na pastwiska.

3. Stosowanie jednego z poniższych sposobów przeróbki pozwala na stosowanie osadów bez ograniczeń: a) przeróbka termiczna w temp. 70°C przez okres około 30 minut: pasteryzacja, kompostowanie wysokotemperaturowe, suszenie termiczne, b) promieniowanie jonizujące w dawce ok. 500 rad. c) lagunowanie osadów przez dłuższy okres czasu, zależny od temperatury, d) dezynfekcja środkami chemicznymi.

4. Fermentacja metanowa i inne procesy stabilizacji biologicznej stwarzają możliwość ograniczonego rolniczego wykorzystania osadów. Nie należy ich jednak stosować do nawożenia warzyw konsumpcyjnych, spożywanych na surowo.

5. Nie zaleca się wprowadzenia jednolitych norm postępowania na dużych obszarach, bez uwzględnienia warunków lokalnych.

6. Sugeruje się zorganizowanie specjalnych badań epidemiologicznych, które określiłyby przyczynową zależność pomiędzy wykorzystaniem osadów a zagrożeniem dla zdrowia publicznego.

Podsumowanie i wnioski

Istnieje przekonanie, że aspekt higieniczno-sanitarny jest istotnym czynnikiem w ocenie przydatności i możliwości stosowania osadów do celów rolniczych. W publikacji niniejszej podjęto próbę bliższego rozpoznania tego zagospodarowania, głównie w oparciu o informacje literaturowe.

Jak wynika z doświadczeń i prac badawczych osady przefermentowane zawierają tak niskie stężenia bakterii patogennych, wirusów i pasożytów że są one bezpieczne przy wykorzystaniu ich do

nawożenia, bez potrzeby stosowania dodatkowych zabiegów. Stwierdza się jednocześnie, że stopień zagrożenia sanitarnego takich osadów jest bardzo zbliżony do podobnej charakterystyki normalnie nawożonych obornikiem gleb uprawnych.

Dodatkowa przeróbka osadów polegająca m.in. na pasteryzacji, suszeniu termicznym czy napromieniowaniu zwiększa potencjalny stopień bezpieczeństwa, ale metody te mogą być brane pod uwagę w powiązaniu z analizą techniczno-ekonomiczną. Mniej kosztownym zabiegiem jest kompostowanie osadów, którego działanie odkażające, szczególnie na patogeny, porównywane być może do efektów pasteryzacji.

Dotychczasowe obserwacje przekonywują, że większość organizmów chorobotwórczych nie rozmnaża się w osadzie i stopniowo ginie. Również środowisko i mikroflora glebowa wykazują podobne działanie. Istnieje jednak pewna niejasność co do szybkości przebiegu tego procesu i stąd nie ma zdecydowanej odpowiedzi, w jakiej fazie przeróbki osady nadają się do nawożenia warzyw konsumpcyjnych.

Istotnym parametrem technologicznym, niezbędnym w formułowaniu koncepcji rolniczego wykorzystania, a mającym jednocześnie silny związek z aspektem sanitarnym jest uwodnienie osadów doprowadzanych na teren pól.

Różne są względy i czynniki warunkujące stopień uwodnienia osadów, ale najistotniejsze to sprawa transportu i aspekt higieniczno-sanitarny. Niewątpliwa jest ekonomiczność hydraulicznego transportu osadów płynnych, ale właśnie względy sanitarne narzucają wysoki stopień sprawności działania systemu transportowego i służb eksploatacyjnych. Przy tym osady muszą być albo w sposób ciągły odprowadzane na pola lub w okresach przerw w nawożeniu — gromadzone w odpowiednich zbiornikach. Stosowanie na polach osadów płynnych, a w szczególności ich magazynowanie stwarza ponowne wtórne duże potencjalne zagrożenie sanitarne. Dotyczy to przede wszystkim regionów gęsto zaludnionych, jakie najczęściej występują w warunkach naszego kraju. Wnioskiem więc z powyższych rozważań, jak i materiałów przedstawionych w publikacji jest wyraźne założenie, że na pola odprowadzać można jedynie osady odwodnione, najkorzystniej w stanie powietrznie — wysuszonym. Daje to możliwość łatwego ich składowania i bardzo elastycznego a zatem i pełnego gospodarowania nimi. Stwarza to też możliwość ich kompostowania lub modyfikowania składu, a przede wszystkim nie powiększa stopnia zagrożenia sanitarnego ze strony osadów przefermentowanych.

LITERATURA

1. SR. BICNELL: Salmonellae Aberdeen in Cattle Associated with Human Sewage. I. Hygiene. 70(1), 121—126, 1972.
2. R. S. BUND: A Study of Sludge Handling and Disposal: Federal Water Poll. Control Adm. US Department of Interior. Cincinnati Report WP-20-4, 1966.

3. AE. GREENBERG & E. KUPKA: Tuberculosis Transmission by Waste Water — A review. Sew. Ind. Wastes. 29, 524, 1957.
4. GA. HALL & P. W. JONES: I. Hyg., Camb. 80, 409-414, 1978.
5. I.A. HUDSON: Disposal of Sewage Sludge to Land: chemical and mikrobiological aspects of sludge to land policy. Water Pollution Control. vol. 79, No 3, 1980.
6. E.P. LARKIN, I.T. TIERNAY & R. SULLIVAN: Persistence of Virus on Sewage — Irrigated Vegetables. I. Environ. Eng. Div., ASCE. 102, 29-35, 1976.
7. PAHREN, R. HERBERT: An appraisal of the relative health risks associated with land application of municipal sludge. Presented at the 50-th Annual Conference of the Water Pollution Control Federation. Philadelphia, PA., October 2-6, 1977.
8. RUDOLFS, WILLEM, L. FALK, and ROBERT A. RAGOTZKIE: Contamination of vegetables grown in polluted soil. Sewage Ind. Wastes. 23, 253-268, 1951.
9. RUDOLFS, WILLEM, L. FALK, and ROBERT A. RAGOTZKIE: Contamination of vegetables grown in polluted soil: VI. Application of results. Sewage Ind. Wastes. 23, 992-100, 1951.
10. TIERNAY, I.T., R. SULLIVAN & E.P. LARKIN: Persistence of Polio Virus I in Soil and Vegetables Grown in Soil Previously Flooded with Inoculated Sewage Sludge or Effluent Appl. Environ. Microbials. 33, 109-113, 1977.
11. **Working Group on Sewage Sludge to Land:** Public Health Implication of Microbial Content. Stevenage United Kingdom, 6-9, January 1981 (materialy dla WHO, nie publikowane).

mgr Czesław Okoń

Zespół Szkół Zawodowych, Węgrów

ZASTOSOWANIE FERMENTACJI METANOWEJ DO OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW PRZEMYSŁOWYCH

W niniejszej pracy omówiono wyniki badań zastosowania procesu fermentacji metanowej przy oczyszczaniu ścieków wysoko obciążonych zanieczyszczeniami typu organicznego. 1)

W projektowanych i realizowanych oczyszczalniach ścieków dość często znajdują zastosowanie komory do fermentacji beztlenowej. Są one jednak zwykle usytuowane w gospodarce osadowej oczyszczalni. Fermentacja metanowa pozwala bowiem na stabilizację osadów ściekowych, zmianę ich struktury i częściowe zmniejszenie objętości. Jako substraty użyto dwa rodzaje ścieków:

- ciecz nadosadową po termicznej synerdzie osadów biologicznych nadmiernych
- ścieki po drożdżowaniu wywaru z gorzelnii.

Zastosowanie termicznej synerdy w przeróbce osadów ściekowych powoduje wzrost obciążenia oczyszczalni, z której pochodzą, ładunkiem organicznym o 12—15%. W istniejących oczyszczalniach ścieków często pociąga to za sobą bardzo kosztowną rozbudowę części biologicznej. W nowo projektowanych obiektach również rosną koszty związane z koniecznością powiększenia części biologicznej. Podobny problem występuje przy innych rodzajach ścieków z dużą zawartością substancji organicznych. Ścieki te najczęściej oczyszcza się według ogólnie znanych tlenowych me-

tod biologicznych. Rzadziej stosuje się — choć jest to przeważnie bardziej ekonomiczne — system dwustopniowego oczyszczania takich ścieków. W systemie tym I° stanowi fermentacja metanowa, a II° — osad czynny lub złoża biologiczne. W wyniku oczyszczania ścieków metodami tlenowymi powstają znaczne ilości kłopotliwych osadów (40—70% usuniętego ładunku zanieczyszczeń), zaś podczas fermentacji metanowej ilości powstałych osadów nie przekraczają 5% usuniętego ładunku organicznego. Głównym produktem fermentacji metanowej jest wysokokaloryczny gaz fermentacyjny co ma określone znaczenie podczas obserwowanego kryzysu energetycznego.

Beztlenowy rozkład substancji organicznych znajdujących się w ściekach polega na hydrolizie dużych cząstek organicznych do kwasów tłuszczowych, a następnie ich zgazowaniu. Przekształcenie dużych cząstek substancji organicznych w półprodukty, podlegające zgazowaniu dokonują bakterie heterotroficzne określane „kwasotwórcze”. Są to na ogół bakterie fakultatywne. Są one mniej wrażliwe na zmiany odczynu pH i temperatury, a ich czas generacji wynosi od kilku do kilkunastu godzin.

Bakterie metanowe są organizmami ściśle beztlenowymi. Są one specyficzne dla produktów

1) Badania wykonano w laboratorium B.P. Błprowód, Warszawa. Autor dziękuje Biuru za udostępnienie laboratorium do omawianych badań.