

Figat, Anna

Odpady medyczne i sposoby ich unieszkodliwiania

Rocznik Żyrardowski 4, 61-85

2006

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych oraz w kolekcji mazowieckich czasopism regionalnych mazowsze.hist.pl.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Anna Figat^{*)}

Odpady medyczne i sposoby ich unieszkodliwiania

Wstęp

Wśród wielu rodzajów odpadów, które człowiek wytwarza, specyficznymi są odpady medyczne wymagające odrębnego traktowania.

Do tej grupy zaliczane są: zużyte materiały opatrunkowe, zużyty sprzęt jednorazowego użytku, szczątki pooperacyjne i posekcyjne, materiał biologiczny oraz inne odpady ze szpitali [1]. Stąd celem artykułu jest przedstawienie źródła powstawania tych odpadów, ich rodzajów, sposobów składowania i utylizacji. W końcowej części artykułu przedstawiono gospodarkę odpadami medycznymi w byłym mieście wojewódzkim.

Odpady medyczne to: odpady stałe, ciekłe i gazowe, powstające w szpitalach, przychodniach zdrowia, laboratoriach badawczych, farmakologicznych, stacjach krwiodawstwa, sanatoriach, jednostkach weterynaryjnych. Problem odpadów medycznych dotyczy również pozostałości z domowego leczenia, np. dializy, sprzętu jednorazowego użytku po podawaniu insuliny czy pozostałości po wizycie pogotowia ratunkowego, tj. strzykawki, igły [18] nie zużyte różnego rodzaju lekarstwa, które po prostu trafiają do kosza na odpadki komunalne, a następnie do osiedlowego śmietnika.

Problem odpadów medycznych nie jest tematem nowym, istniał na pewno już w chwili, gdy masowo zaczęto produkować penicylinę. Jednak nie w takim stopniu, jak dzieje się to obecnie, gdyż nie było sprzętu jednorazowego użytku, Strzykawki i igły poddawane były sterylizacji, dzięki czemu służyły do wielokrotnego użytku. Przy obecnym rozwoju coraz to nowszych technologii i produkcji sprzętu jednorazowego, który jest na pewno dużym udogodnieniem w leczeniu pacjenta tuż obok powstaje problem związany z pozbywaniem się tego typu odpadów.

Rocznie powstaje w Polsce ok. 200 tys. ton odpadów medycznych, z czego ok. 75–80% ma charakter komunalny. Pozostałe 20–25% odpadów

^{*)} Mgr inż. Jest absolwentką Prywatnej Wyższej Szkoły Ochrony Środowiska w Radomiu.

uznaje się za wymagające szczególnego traktowania (odpady infekcyjne, patologiczne, specjalne). Wielu specjalistów uważa, że rzeczywista masa medycznych pozostałości wymagających specjalnego traktowania wynosi w zależności od charakteru placówki ok. 25 500 ton/rok (12,7%)[2]. Odpady medyczne zawsze uważane były za bardziej niebezpieczne niż komunalne, gdyż istnieje ryzyko, że mogą być zakażone. Muszą być one utylizowane tak, aby unieszkodliwić zawarte w nich mikroorganizmy. Od czasów, kiedy palono ciała ofiar zarazy, spalanie uważano za jedyny skuteczny sposób niszczenia bakterii. Mikrobiologia potwierdziła słuszność takiego postępowania udowadniając, że proces spalania rzeczywiście niszczy chorobotwórcze bakterie i wirusy. Tak więc jest oczywiste, że właśnie ten proces wykorzystano do utylizacji odpadów medycznych i stosuje się go również obecnie. Prawdą jest, że odpady pochodzące ze szpitali są zakażone mikroorganizmami, a ich palenie powoduje zniszczenie chorobotwórczych mikrobów i jest to skuteczna metoda odkażania. Procesu powstawania odpadów w służbie zdrowia nie da się uniknąć, ale można stworzyć takie mechanizmy działania, aby zredukować ich ilość oraz usprawnić sposób postępowania bez obniżenia jakości oferowanych usług [18].

Problemem, o którym pisze się coraz częściej są także antybiotyki [19], które stanowią dużą grupę środków farmaceutycznych stosowanych powszechnie w leczeniu chorób bakteryjnych u ludzi i zwierząt. Znalazły również zastosowanie w ochronie roślin, uprawach warzyw i owoców, jako konserwanty żywności, a także w gospodarstwie domowym i w codziennej higienie człowieka.

Antybiotyki nie gromadzą się w organizmie. Po leczeniu są one w większości wydalane jako związki macierzyste lub jako metabolity. Ponieważ stopień rozkładu antybiotyków w organizmie waha się od 10–90%, w zależności od rodzaju substancji i celu użycia antybiotyku (leczenie, dodatki do pasz), każdego roku do środowiska dostaje się kilka ton antybiotyków w ich macierzystej postaci lub w postaci metabolitów. Wydalane z organizmów ludzi i zwierząt antybiotyki są odnajdywane w środowisku. W literaturze istnieją doniesienia na temat zanieczyszczenia antybiotykami gleby, wód gruntowych, wody pitnej, ścieków i osadów ściekowych. Koncentracja ich w glebie może dochodzić do 1 kg na hektar użytków rolnych, a poziom stężenia antybiotyków w glebie może osiągnąć poziom stężenia pestycydów.

Antybiotyki są ważną częścią współczesnej medycyny i weterynarii. Wyraźnie przyczyniają się do poprawy jakości życia. Jednakże wiedza co się dzieje z antybiotykami po ich użyciu, kiedy dostaną się do środowiska była do tej pory ograniczona. Antybiotyki uwalniane do środowiska mogą prowadzić do oporności bakterii, co stanowi duże zagrożenie dla zdrowia ludzi i zwierząt [19].

Zadaniem służby zdrowia jest pozbywanie się odpadów metodami, które pozwolą do minimum zmniejszyć potencjalne zagrożenie dla środowiska. Ogromne koszty utylizacji odpadów i pozostałości po spalaniu, doprowadziły, że gospodarka odpadami medycznymi stała się priorytetowym problemem administracji szpitala [18].

Proces spalania zmniejsza objętość odpadów o 90%, tzn. że na przykład z 1000 kg utylizowanych odpadów 100 kg trafia na składowisko. Dzięki temu maleją koszty składowania tych odpadów na składowisku, a w konsekwencji zmniejsza to tempo eksploatacji składowisk odpadów. W przeszłości, każdy ośrodek zdrowia posiadał własną spalarnię, w której utylizowano wszystkie odpady. Powstały w wyniku spalania popiół składowano na wysypiskach za niewielkie pieniądze, wobec kosztów, jakie należałoby ponieść, gdyby materiału odpadowego nie poddać spalaniu. Jednak wraz ze wzrostem wiedzy na temat zanieczyszczenia powietrza powodowanego przez spalarnie (tlenek węgla, metale ciężkie, lotne węglowodory, dioksyny i furany) zostały wprowadzone ostre wymagania co do urządzeń oczyszczających spaliny [3]. Urządzenia te wymagają znacznych nakładów finansowych. W konsekwencji cena utylizacji rośnie i metoda ta przestaje się opłacać. Raport Amerykańskiej Agencji Ochrony Środowiska (US EPA) na temat dioksyn wskazał na spalarnie przyszpitalne jako duże źródło niebezpiecznych związków chemicznych i spowodował, że w ramach Ustawy o Czystym Powietrzu (Clean Air Act) zostaną wprowadzone nowe przepisy dotyczące jeszcze ściślejszej kontroli nad tymi obiektami. Regulacje te spowodują prawdopodobnie dalszy wzrost kosztów spalania [3].

Wydawało się że wybudowanie takiego luksusu, jakim są spalarnie odpadów medycznych, rozwiążą problemy szpitali. Niestety w wielu spalarniach przyszpitalnych wymagana jest modernizacja urządzeń oczyszczających spaliny, gdyż przekraczane są normy emisji dioksyn i furanów. Niestety, spalarnie odpadów nie stały się cudownym środkiem końca XX i początku XXI w. na odpady, a raczej kolejnym przypadkiem, trudnym do wyleczenia.

Źródła powstawania odpadów medycznych

Odpady medyczne powstają w obiektach lecznictwa: zamkniętego i otwartego

- a) lecznictwo zamknięte to:
 - szpitale,
 - kliniki,
 - sanatoria,

- prewentoria,
 - opieka paliatywna, hospicja.
- b) lecznictwo otwarte to:
- przychodnie podstawowej opieki zdrowotnej,
 - przychodnie specjalistyczne,
 - poradnie różnych specjalizacji,
 - prywatne gabinety różnych specjalizacji,
 - prywatne laboratoria analityki medycznej.

W lecznictwie zamkniętym należy zwrócić uwagę na miejsca, w których powstają odpady niebezpieczne. Zaliczyć do nich należy pomieszczenia:

- sal operacyjnych i porodowych,
- oddziały intensywnej opieki medycznej,
- oddziały zakaźne,
- oddziały urologiczne,
- laboratoria anatomopatologiczne,
- laboratoria analityki medycznej,
- gabinety zabiegowe,
- gabinety stomatologiczne,
- zakłady patomorfologii.

W obiektach lecznictwa otwartego za niebezpieczne należy uznać poradnie, pracownie, gabinety wytwarzające odpady medyczne szczególnie niebezpieczne. Źródłami wewnętrznymi w lecznictwie tym są:

- diagnostyka analityczna,
- stomatologia
- gabinety zabiegowe,
- chirurgia ogólna,
- ginekologia,
- laryngologia,
- pulmonologia,
- rektoskopia,
- ultrasonografia dopochwowa,
- dermatologia i wenerologia.

Podział odpadów medycznych

Odpady wytwarzane podczas działalności placówek służby zdrowia można podzielić na:

1. Odpady bytowo-gospodarcze, składowane na składowiskach komunalnych;
 - typowe odpady bytowo-gospodarcze pochodzące z pomieszczeń administracyjnych, zaplecza warsztatowego i służb technicznych,

- odpady bytowe z oddziałów (przychodni) nie zabiegowych,
 - odpadki powstałe przy wstępnej obróbce surowców żywnościowych w obrębie kuchni i resztki pokarmowe z oddziałów nie zakaźnych.
2. Odpady specyficzne, przeznaczone do unieszkodliwiania:
- odpady specyficzne zakażone drobnoustrojami: – zużyte materiały opatrunkowe, strzykawki, igły, inny sprzęt, materiały medyczne i laboratoryjne jednorazowe, odpady z oddziałów chirurgicznych, sal operacyjnych i porodowych, tkanki pobrane do badań laboratoryjnych, amputowane części ciała, zwłoki zwierząt doświadczalnych, odpady posekcyjne, – wszystkie odpady z oddziału (szpitala) zakaźnego, łącznie z bytowymi i resztkami pokarmowymi, – odpady bytowe pochodzące z oddziałów szpitalnych zabiegowych (są to odpady potencjalnie zakażone),
 - pozostałości leków cytostatycznych ze sprzętem i bielizną używaną przy ich podawaniu,
 - przeterminowane leki, opakowania po lekach.

Wymienione odpady stanowią znaczne zagrożenie infekcyjne ze względu na bezpośredni kontakt z chorymi. Wymagają one izolowania od otoczenia już w miejscu powstawania, zapewnienia odpowiednich warunków przemieszczania na terenie placówki medycznej, zastosowania skutecznych metod unieszkodliwiania.

3. Odpady specjalne zagospodarowywane według odrębnych przepisów; Do grupy tej zaliczane są m.in.:
- odpady radioaktywne (szczególnie ze szpitali onkologicznych),
 - zużyte diagnostyki izotopowe,
 - substancje toksyczne (w tym środki dezynfekujące),
 - zużyte oleje,
 - substancje chemiczne nie nadające się do spalania ze względów bhp,
 - zużyte rozpuszczalniki i odczynniki chemiczne,
 - odpady srebronośne,
 - zużyte baterie,
 - uszkodzone termometry rtęciowe i zużyte świetlówki.

Odpady te stanowią znaczne zagrożenie dla zdrowia ludzi i środowiska, wymagają więc specjalnych metod gromadzenia, usuwania i unieszkodliwiania. Odpady radioaktywne, powstają w niewielkich ilościach, a postępowanie z nimi odbywa się wg obowiązującego prawa i instrukcji Instytutu Radiacji. W związku z uruchomieniem zakładów unieszkodliwiania odpadów specyficznych pojawiła się dodatkowa grupa odpadów, są to:

4. Odpady wtórne
- popiół,
 - zeszlony żużel,

- wyprężone elementy metalowe,
- pyły i szlamy pochodzące z urządzeń odpylających.

Odpady te zalicza się do odpadów niebezpiecznych dla środowiska. Ich wytwórca jest zobowiązany do składania wojewodzie informacji o rodzaju i ilości umieszczonych na składowisku odpadów oraz o czasie ich składowania w terminie do 31 stycznia następnego roku (Art. 29 ustawy o odpadach z 27.06.1997 r.).

Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. nr 112, poz. 1206). klasyfikuje odpady w wyniku działalności szpitali nadając im odpowiednie kody (tab. 1).

Tabela 1. Odpady medyczne powstające w wyniku działalności szpitala

Lp.	Rodzaj odpadu	Kod odpadu
1	Odpady z działalności służb medycznych	180101–180105, w tym 180103 i 180105 odpady niebezpieczne
2	Odpady ze spalarni	190402 odpad niebezpieczny
3	Zespolone odpady ze spalarni	190301
4	Zmięte klisze rentgenowskie i utrwalacz fotograficzny	0901107, 0901104 odp. niebezpieczne
5	Odpady surowe z oczyszczania ścieków z oddziału zakaźnego	180103 odp. niebezpieczne
6	Odpady komunalne, np.: świetlówki	200121 odp. niebezpieczne
7	Złom stalowy	200106
8	Makulatura	200101
9	Komunalne	200301

Źródło: [20]

Skład morfologiczny odpadów szpitalnych

Odpady szpitalne powstają we wszystkich placówkach służby zdrowia. Ilość powstających odpadów stałych zależy od wielkości rodzaju placówki leczniczej. Dla warunków polskich przyjmuje się, że łączna ilość odpadów w szpitalu wynosi 3,2 kg/łóżko i dobę, z czego do spalania należy przewidzieć 0,8–1,0 kg/łóżko i dobę. Odpady szpitalne mają bardzo zróżnicowany skład morfologiczny w zależności od wielu czynników, takich jak: nowoczesność obiektów leczniczych, stan wiedzy, rozwiązań w zakresie dostaw leków, sposobu gromadzenia odpadów (selektywny, bez segregacji itp.), trans-

portu i innych. W skład odpadów poszpitalnych mogą wchodzić zarówno odpady nie zainfekowane, a więc pozbawione kontaktu z chorymi lub stanowiące zagrożenie o charakterze chemiczno-bakteriologicznym. Odpady potencjalnie zainfekowane, nie stwarzające bezpośredniego zagrożenia epidemiologicznego i odpady zainfekowane, stanowiące największe zagrożenie chemiczne i toksykologiczne. Do tych ostatnich zalicza się odpady pooperacyjne i pozabiegowe, zużyte igły, strzykawki i opakowania po preparatach lub materiale badawczym, przeterminowane leki itp. [4].

Tabela 2. Skład morfologiczny odpadów szpitalnych

Lp.	Rodzaj odpadu	Wartości graniczne [%]	Wartość średnia [%]
1	Tworzywa sztuczne	10,0–28,0	19,0
2	Tkanka ludzka lub zwierzęca	0,5–0,6	0,5
3	Lignina	8,0–30,0	19,0
4	Wata	3,5 – 8,5	6,0
5	Bandaże	2,1–7,5	5,0
6	Papier + tektura	10,0–22,0	16,0
7	Szkło	2,8 – 10,5	5,0
8	Metale	0,3–3,5	2,0
9	Materiały tekstylne	1,0–10,5	6,0
10	Opatrunki gipsowe	1,0–4,0	3,0
11	Odpady spożywcze	3,0–8,0	5,0
12	Przeterminowane leki	0,5–5,0	3,0
13	Inne odpady	2,0–8,0	5,0

Źródło: [4].

Unieszkodliwianie odpadów medycznych

Przed wyborem metody unieszkodliwiania należy rozpoznać źródła powstawania, określić masę, morfologię, sposób gromadzenia odpadów wytwarzanych w rozpatrywanym obiekcie. Następnie powinno się wprowadzić system kontroli i segregacji powstających nieczystości na poszczególne kategorie, adekwatne do zaproponowanej metody unieszkodliwiania.

Zastosowanie metod unieszkodliwiania posiada wiele zalet, wśród których wymienić należy:

- niższe koszty inwestycyjne i operacyjne,
- brak obciążenia środowiska toksycznymi produktami spalania,
- odpady pozostałe po procesie posiadają właściwości i cechy odpadów komunalnych,
- możliwość dostosowania wielkości urządzenia unieszkodliwiającego do ilości powstających odpadów,
- możliwość stosowania instalacji mobilnej,
- możliwość pracy zarówno w systemie przerywanym, jak i ciągłym,
- łatwość obsługi [2].

Wysegregowane odpady mogą być poddane unieszkodliwianiu w różny sposób:

1) Sanitacja parowa

Autoklaw albo sterylizator parowy jest urządzeniem używanym w medycynie od dziesięcioleci. Metoda ta zazwyczaj wykorzystywana była w ośrodkach medycznych do sterylizacji przedmiotów wielorazowego użytku.

Obecnie używane są dwa typy autoklawów – próżniowy i grawitacyjny. W urządzeniach próżniowych, powietrze jest usuwane z komory przed wprowadzeniem pary. W autoklawach grawitacyjnych, powietrze jest usuwane przez samą parę. Autoklawy są dostępne w wielu rozmiarach, od małych, do użytku w niewielkim gabinecie medycznym, do rozmiarów przemysłowych, mogących obsłużyć wiele szpitali.

Worki z odpadami medycznymi kierowane są do szczelnej komory reakcyjnej o cylindrycznym kształcie, do której doprowadzana jest para o temperaturze 130–190°C i ciśnieniu zazwyczaj 100–500 kpa, w zależności od typu i rozmiarów urządzenia oraz od składu i wilgotności odpadów. Odpady pozostają w autoklawie przez 30–90 minut. Pozwala to na lepszą penetrację materiału wsadowego oraz zapewnia zniszczenie patogenów.

Odpady, których objętość jest regulowana o ok. 75% (zawartość do 10% wody), są inertne i posiadają cechy odpadów komunalnych – tak też mogą być traktowane. Ponadto dezynfekcja parowa umożliwia suszenie i granulację tworzyw sztucznych.

Proces jest łatwy w obsłudze i kontroli, cechuje się dużą skutecznością w unieszkodliwianiu tego typu mikroorganizmów, pod warunkiem, że czas i temperatura reakcji jest wystarczająca dla zabicia form przetrwalnikowych (minimum 121°C).

Metody tej nie zaleca się jednak do unieszkodliwiania niektórych typów odpadów medycznych, w tym niskoradioaktywnych, rozpuszczalników organicznych i odczynników laboratoryjnych, odpadów chemoterapeutycznych, farmakologicznych, patologicznych [2].

Wady systemu to:

- możliwość uszkodzenia łańcucha mechanizmu rozdrabniającego,
- powstawanie w procesie odorów. Według raportu Biura Ocen Technologii USA problem ten jest do rozwiązania przez dodanie do każdego ładunku odpadów specjalnych substancji chemicznych;
- duże zapotrzebowanie energetyczne [2].

2) Sanitacja mikrofalowa

W procesie sanitacji wykorzystuje się parę podgrzaną za pomocą mikrofal. Większość mikroorganizmów ulega zniszczeniu pod wpływem działania fal o częstotliwości 2450 MHz i długości fali 12,24.

Operator wprowadza materiał odpadowy do zautomatyzowanego podajnika, przekazującego je do specjalnego kosza znajdującego się w górnej części urządzenia. Odpady są nawilżane, a nasycone gorącą parą do temperatury 110°C powietrze jest następnie usuwane przez system filtrów. Odpad przenoszony jest do komory gromadzenia odpadów na około 20 do 30 minut. Czas i temperatura procesu jest monitorowana w sposób ciągły; system automatycznie sygnalizuje operatorowi, że możliwy jest kolejny załadunek.

Odpady są przed procesem rozdrabniane, a następnie granulowane, mimo że ich objętość zostaje na ogół zredukowana nawet do 80%, ich masa pozostaje nie zmieniona.

System jest całkowicie zamknięty, a więc nie powoduje żadnych emisji, zatem urządzenia oczyszczające są zbędne. Technologia mikrofalowa nie może być stosowana w przypadku płynnej krwi i niebezpiecznych substancji chemicznych [2].

3) Odkazanie przegrzaną parą

Odkazanie odpadów medycznych za pomocą przegrzanej pary wodnej o temperaturze 480 do 705°C jest jedną z nowszych technologii. System odkazania składa się z podgrzewanego rozdrabniacza odpadów i odkazacza. Odkazacz działa w oparciu o proces tzw. reformowania parowego w wysokiej temperaturze w warunkach ciśnienia atmosferycznego. Wysoka temperatura pary wodnej pozwala na odparowanie organicznych cieczy i ciał stałych – redukując w ten sposób masę całkowitą odpadów nawet o 50%. Ta technologia degradacji może mieć zastosowanie do odpadów chlorowanych, a także do odpadów o niskim poziomie radioaktywności [8].

4) Sucha dezynfekcja termiczna

Odpad jest wstępnie rozdrabniany do średnicy ok. 25 mm i podgrzewany w powrotnym urządzeniu obrotowym (ślimaku). Temperatura procesu waha się w zakresie 110–140°C.

Nośnikiem energetycznym jest pozostający w obiegu cyrkulacyjnym olej. Czas trwania sanitacji wynosi ok. 20 minut, pozostały wtórny odpad jest następnie zagęszczany, a powstały gaz wylotowy filtrowany.

Metoda pozwala na 80% redukcję objętości odpadów i 20–35% masy. Proces nadaje się do unieszkodliwiania odpadów infekcyjnych i przedmiotów ostrych. Nie powinien być natomiast stosowany w przypadku materiałów ni-skoradioaktywnych, cytostatyków oraz odpadów patologicznych [2].

5) Metoda sterylizacji z mineralizacją

W metodzie tej wysterylizowane wstępnie odpady w temperaturze 100°C są rozdrabniane i po ostatecznej sterylizacji (ok. 210°C), mineralizowane. Odpady poddawane są działaniu tlenku wapnia i krzemianu sodu lub potasu. Następnie cała masa stabilizowana jest cementem. Substancje organiczne ulegają dehydratacji i zmydleniu, a następnie wiązaniu chemicznemu do węglanu wapnia, potasu i sodu. Nagrzewanie odpadów powoduje równoczesną sterylizację termiczną wirusów oraz rozkład niektórych materiałów, zwłaszcza PCW. Śladowe ilości Cl czy HCl są w chwili ich powstania wiązane przez nadmiar CaO na chlorek wapnia lub wapno chlorowane, uniemożliwiając powstawanie dioksyn [2].

Końcowy produkt powstały przy założonym niedomiarze wody jest twardą, nieprzepuszczalną i trudno wymywalną mieszaniną, która może być użyta do podbudowy dróg bądź jako warstwa izolująca na składowiskach. Substancje nie uczestniczące w sposób zasadniczy w procesie mineralizacji, jak np. termoplastyczne tworzywa sztuczne, szkło, ceramika i metale, w procesie intensywnego mieszania mechanicznego wypełniają w sposób przypadkowy wolne przestrzenie w mieszaninie. Nieznaczne ilości frakcji lotnych (par) kwasów organicznych, alkoholi itp., wydzielanych pod wpływem temperatury (ok. 100°C) i ciśnienia atmosferycznego, są skraplane i zawracane do masy cementowej i w niej zamknięte.

Podstawową zaletą tej metody są niskie koszty inwestycyjne i eksploatacyjne, możliwość neutralizacji na miejscu, brak wycieków i odcieków oraz możliwość zastosowania w przypadku małych placówek służby zdrowia [2].

6) Sterylizacja próżniowo-parowa suchym powietrzem

Sterylicacja – proces niszczenia drobnoustrojów i ich zarodników przy pomocy środków chemicznych i fizycznych. W procesie sterylizacji stosuje się wysoką temperaturę, promieniowanie nadfioletowe, ultradźwięki. Wyróżnić można także wyjaławianie mechaniczne – filtrowanie przez filtry bakteryjne, mające na celu usunięcie wegetatywnych i zarodnikujących form drobn-

ustrojów. Sterylizacja ma zastosowanie w medycynie, bakteriologii, w przemyśle farmaceutycznym, spożywczym, w rolnictwie i ogrodnictwie [9].

W praktyce sterylizacja przeprowadzana była i jest z zastosowaniem technologii:

- opalania – metoda stosowana dawniej w gabinetach stomatologicznych z zastosowaniem palników spirytusowych,
- wyżarzania – metoda bardzo rzadko spotykana, stosowana głównie w laboratoriach medycznych: analitycznych i mikrobiologicznych,
- wygotowywania – jedna z najstarszych metod i zarazem najbardziej popularna w służbie zdrowia, stosowana do wyjąławiania niemal wszystkich sprzętów i instrumentów medycznych od strzykawek i igieł wielokrotnego użycia zaczynając,
- parowej – autoklawowanie,
- suchego powietrza – z zastosowaniem sterylizatorów.

Dwie ostatnie metody (technologie) zdecydowanie wyparły poprzednie – starej generacji, dla choćby czystości procesów.

Technologię parową stosuje się również od dawna, ale obecnie na szeroką skalę. Wykorzystuje się w niej urządzenie powszechnie nazywane autoklawem lub sterylizatorem parowym.

Obecnie stosowane są dwa typy autoklawów: próżniowy i grawitacyjny. W próżniowym powietrze jest usuwane z komory przed wprowadzeniem pary. W grawitacyjnym powietrze jest usuwane przez samą parę. Autoklawy produkowane są w wielu rozmiarach, od małych do użytku w jednym gabinecie, do wielkich, tzw. przemysłowych – mogących obsłużyć wiele obiektów służby zdrowia.

Od kilku lat zaczęto spoglądać na autoklaw nie tylko jako sterylizator materiałów czystych, ale również jako urządzenie do utylizacji odpadów medycznych. Odpady utylizowane w autoklawie znacznie zmniejszają swoją objętość, z szacunkowych danych niemieckich nawet o 75% [10]. Zutylozwane odpady składowane są na wysypiskach komunalnych.

Sterylizacja z zastosowaniem technologii suchego powietrza dokonywana jest w urządzeniach, zwanych popularnie sterylizatorami. Sterylizatory przeznaczone są głównie do sterylizacji różnorodnego sprzętu medycznego wytrzymałego bez uszkodzeń długotrwałe działanie suchego, gorącego powietrza. Przy sterylizowaniu odpowiednio dobranego wsadu należy zwrócić szczególną uwagę, aby powstające w komorze roboczej ewentualne gazy i pary wydobywające się z niego nie tworzyły mieszaniny wybuchowej. Dlatego też sterylizatory mogą być wykorzystywane jedynie do wyjąławiania brudnych instrumentów i narzędzi medycznych jednorazowego użytku (skalpele, lancety) wykonanych z bardzo szlachetnych stali, jako odpady do powtórnego zagospodarowania [11].

7) Utylizacja mikro- i makrofalowa

Utylizacja odpadów medycznych przy zastosowaniu mikrofal lub makrofal zrodziła się w Niemczech w pierwszej połowie lat 80. [8]. Zastosowane zostało zjawisko zachodzące w obecności promieniowania wv. fal i ciał wilgotnych. Do przebiegu utylizacji niezbędnym warunkiem była odpowiednia wilgotność odpadów, ich właściwe rozdrobnienie i przygotowanie oraz odpowiedni czas przebywania w strefie promieniowania.

W metodzie tej wykorzystywana jest para wodna podgrzana za pomocą mikro- lub makrofal. Jej technologia wymaga oczyszczania wytwarzających się gazów. Nie zaleca się jej do utylizacji odpadów z krwią i tkanki ludzkiej lub zwierzęcej. Powstały produkt wymaga dalszego przetwarzania. Jest to metoda stosunkowo niebezpieczna, szczególnie dla obsługi, dlatego też całkowicie zakazana w Niemczech.

W Europie technologia ta ma dość ograniczone zastosowanie, natomiast w USA jest bardzo polecana. W Polsce praktycznie nie znalazła zastosowania na szerszą skalę, choć przetwarzanie jest konkurencyjne ekonomicznie, a urządzenia budowane są jako konstrukcje stacjonarne i przenośne w różnych wielkościach [8].

8) Piroliza

Piroliza – jest to rozkład związków chemicznych, zachodzący pod wpływem wysokiej temperatury. Polega na rozpadzie cząsteczek związków chemicznych o większych masach cząsteczkowych na cząsteczki mniejsze.

Piroliza jest podstawą wielu procesów technologicznych [12]. Pirolizę – jako zespół procesów fizykochemicznych, należy zainicjować i przeprowadzić w celu uzyskania efektu w postaci termicznego rozkładu paliwa oraz różnego rodzaju węglowodorów, będących składowymi substancjami organicznych w odpadach, bez udziału tlenu z powietrza. Nie wyklucza to jednak czynnego udziału tlenu występującego w odpadach, w procesie pirolizy [13].

Piroliza jako proces, mający zastosowanie przy termicznej sanitacji odpadów, może występować w kilku odmianach:

- piroliza klasyczna,
- piroliza kompleksowa,
- piroliza hybrydowa,
- piroliza improwizowana [14].

Piroliza klasyczna polega na termicznym rozkładzie, czyli odgazowaniu substancji organicznych bez dostępu tlenu z powietrza z możliwością wytworzenia gazu pirolitycznego, tzw. wytłewnego, fazy ciekłej w postaci oleju i smoły wytłewnej wraz z innymi składnikami organicznymi i wodą oraz fazy stałej, którą jest koks pirolityczny. Odgazowanie prowadzone jest w zakresie temperatur 400 do 800°C, a nawet i wyższej.

Ta odmiana pirolizy jest rzadko spotykana w przypadkach unieszkodliwiania odpadów, a tym bardziej medycznych [15].

Piroliza kompleksowa różni się od klasycznej tym, że zespół procesów został poszerzony o zgazowanie, w szczególności fazy stałej pozostałości procesu pirolizy. Do procesu wówczas doprowadzane są ściśle kontrolowane ilości tlenu z zewnątrz i pary wodnej.

W instalacjach małych gabarytów, (jakie stosowane są do utylizacji odpadów medycznych) celem procesu jest jedynie uzyskanie gazu wytłewnego, który łatwiej można doprowadzić do całkowitego i zupełnego spalania niż odpady stanowiące wsad procesowy [13].

Piroliza hybrydowa polega na stworzeniu układu z zastosowaniem przynajmniej dwóch składników, które różnią się od siebie własnościami termochemicznymi. Układ taki tworzy się z substancji, której w postaci czystej nie poddaje się pirolizie, np. odpadowy sortyment węgla, koks oraz drugi składnik, np. palne części odpadów komunalnych, przemysłowych i medycznych.

Głównym celem tworzenia układów hybrydowych w procesach pirolizy jest zwiększenie skuteczności procesu i poprawa struktury produktów powstających, np. podwyższenie wartości opałowej gazu wytłewnego lub produktu stałego. Dowiedziono, że przez układy hybrydowe znacząco podnosi się energetyczna sprawność pirolizy w stosunku do indywidualnych procesów każdego ze składników [13].

Piroliza improwizowana jest powszechnie stosowana do unieszkodliwiania odpadów medycznych. Jej zaletą jest elastyczność pracy urządzeń, polegająca na dowolnym porcjowaniu odpadów (oczywiście w granicach przewidzianych dla danej konstrukcji) oraz w dowolnych odstępach czasowych, bez przerywania procesu, czyli bez dopływu powietrza z zewnątrz oraz bez wypuszczania gazów pirolitycznych. Urządzenie może pracować przez dowolny czas, którego jedynym ograniczeniem jest konieczność odpopielenia [16].

Warunkiem poprawnej pracy instalacji jest utrzymanie w miarę stałej wielkości obciążenia rusztu lub cieplnego obciążenia komory spalania. W zamkniętej komorze, przy blokadzie dostępu powietrza i ograniczeniu warunków do prawidłowej pracy palników zapłonowych przeprowadzany jest cykl pracy „improwizowanej” pirolizy, który trwa od 40 do 120 minut [13].

Pirolizę ze względu na stosowane temperatury w procesach można podzielić na:

- niskotemperaturową, tzw. wytłewanie – przebiega w zakresie temperatur 500 do 600°C, powstaje przy tym duża ilość smoły, oleju i mało gazu;
- średnotemperaturową – przebiegającą w zakresie temperatur 1000 do 1200°C;
- wysokotemperaturową, zwaną też pyrofuzją lub wysokotemperaturowym spalaniem – przebiega w zakresie temperatur 1400 do 1650°C, produktami procesu jest gaz i żużel odprowadzany w formie ciekłej [17].

9) Spalanie

Spalaniu poddaje się te odpady medyczne, które ze względu na zagrożenie życia i zdrowia ludzkiego zostały sklasyfikowane jako niebezpieczne oraz te odpady z grupy innych niż niebezpieczne, co do których zachodzi obawa, że mogą stać się przyczyną infekcji. Spalanie musi się odbywać w specjalnie do tego przeznaczonym piecu (spalarnie odpadów) – komorze wysokotemperaturowej. Nie wolno spalać nieczystości w kotłach nie przystosowanych do tego celu, np. w piecach centralnego ogrzewania.

Zgodnie z obowiązującym prawem ochrony środowiska spalanie odpadów może się odbywać w specjalistycznych spalarniach. Proces spalania musi być całkowity, co możliwe jest do osiągnięcia w temp. 1200–1400°C, przy nadmiarze tlenu i kilkusekundowym czasie przebywania w strefie spalania. Oprócz klasycznego spalania prowadzonego w piecach rusztowych i fluidalnych stosuje się również zgazowywanie odpadów, spalanie ich w tlenie oraz spalanie przy zastosowaniu plazmowych palników. Technologia zgazowywania odpadów pozwala na prowadzenie procesu zgazowania odpadów w stosunkowo niskiej temperaturze, co zmniejsza ilość tworzących się tlenków azotu i par metali ciężkich. W komorze dopalania, gdzie osiąga się temperaturę ok. 1200°C, wypala się składniki organiczne oraz rozkłada się niektóre związki toksyczne oraz następuje unieszkodliwienie mikroorganizmów. Czas przebywania gazów w tej strefie nie może być krótszy niż 2 sek. Produktami termicznego unieszkodliwienia odpadów są spaliny albo gaz syntezowy. Spaliny kierowane są do kotła, w którym zawarta w nich energia może być wykorzystywana do wytwarzania pary technologicznej.

Duża ilość procesów występujących w technologiach termicznego unieszkodliwiania odpadów powoduje, że jest to najbardziej złożony sposób unieszkodliwiania odpadów.

Wybierając spalanie odpadów szpitalnych należy pamiętać, że:

- są to technologie znacznie bardziej kosztowne w porównaniu do alternatywnych metod utylizacji odpadów;
- spalarnie przyczyniają się do znacznego obciążenia środowiska gazowymi, stałymi i ciekłymi produktami spalania;
- wtórny odpad poprocesowy uznawany jest za niebezpieczny i wymaga przewidzianego dla tej kategorii postępowania;
- zależnie od charakteru placówki służby zdrowia, odpady zainfekowane stanowią jedynie od 3 do 15% ogólnej masy powstających śmieci szpitalnych; możliwość spalania nie powinna być rozpatrywana dla więcej niż 2% ogólnej masy odpadów medycznych (ok. 4000 ton/rok);
- obecność w odpadach tworzyw sztucznych przyczynia się do emisji metali ciężkich (np. kadmu, chromu, ołowiu, dodawanych do tworzyw

jako stabilizatory lub barwniki) oraz polichlorowanych związków organicznych;

- spalanie zmniejsza możliwości odzysku surowców wtórnych [2].

Wybór metody unieszkodliwiania powinien być poparty wielokierunkową analizą biorącą pod uwagę liczne elementy ograniczenia ilości powstających odpadów:

- rodzaje odpadów do zagospodarowania i unieszkodliwiania,
- postępowanie z odpadem poprocesowym,
- bezpieczeństwo ekonomiczne i społeczne oraz wydajność systemu,
- wymagania dotyczące obsługi systemu, w tym dostępność serwisu, zapotrzebowanie przestrzeni,
- koszty inwestycyjne i operacyjne,
- lokalizacja jednostki unieszkodliwiającej,
- akceptację społeczeństwa,
- warunki prawne,
- tendencje światowe[2].

Przepisy dotyczące unieszkodliwiania odpadów medycznych

Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 roku zezwalało na unieszkodliwianie odpadów medycznych innymi metodami niż spalanie. Odpady medyczne i weterynaryjne mogły być unieszkodliwiane w jeden z następujących sposobów:

- 1) termiczne przekształcanie odpadów w instalacjach lub urządzeniach zlokalizowanych na lądzie,
- 2) przez autoklawowanie,
- 3) dezynfekcją termiczną,
- 4) działaniem mikrofalami [22].

Od 13 października 2005 r. zaczęła obowiązywać znowelizowana ustawa o odpadach (Dz. U. nr 175, poz. 1458). Wprowadza istotną zmianę dotyczącą postępowania z odpadami medycznymi: zakazuje unieszkodliwiania zakaźnych odpadów medycznych w sposób inny niż spalanie w specjalistycznych spalarniach.

Nowelizacja najbardziej uderza w te zakłady opieki zdrowotnej, które – zgodnie z rozporządzeniem wykonawczym do ustawy, wydanym przez ministra zdrowia w 2003 roku – zainwestowały w tzw. alternatywne metody unieszkodliwiania odpadów medycznych: autoklawowanie, dezynfekcję termiczną oraz działanie mikrofalami. W ciągu dwóch lat od jego wejścia w życie Państwowy Zakład Higieny dopuścił na rynek kilkanaście takich instalacji. Powstały prywatne firmy świadczące usługi utylizacji odpadów z zastosowa-

niem metod alternatywnych. Własne urzędnicy kupiło też kilka szpitali, m.in. Centrum Zdrowia Dziecka, Szpital Bielański w Warszawie, Wojewódzki Szpital Zespolony w Kielcach, a kolejne są tym zainteresowane. Na rynku pojawiła się konkurencja dla spalarni, ceny za utylizację kilograma odpadów medycznych spadły z 3,5 zł przed dwoma laty, do poniżej 2 zł obecnie [21].

Szpital, które zdecydowały się na zakup autoklawu lub innego „alternatywnego” urządzenia, mają zezwolenia od wojewodów ważne jeszcze przez co najmniej 10 lat na ich eksploatację. Instalacje okażą się bezużyteczne, jeśli odpady trzeba będzie jednak mimo wszystko spalać. Firmy, które zainwestowały kilkanaście milionów euro w inne urządzenia alternatywne staną przed perspektywą bankructwa.

Wojewódzki Szpital Zespolony w Kielcach ma zgodę wojewody na unieszkodliwianie odpadów metodą nietermiczną jeszcze przez 10 lat. Szpital dzięki dotacji z Urzędu Marszałkowskiego w wysokości 1 mln zł kupił instalację do autoklawowania odpadów i na każdym zutylizowanym w ten sposób kilogramie oszczędza 1,2 zł. W skali roku daje to oszczędności w wysokości 120 tys. zł [21].

Wydane przed wejściem w życie zezwolenia w zakresie unieszkodliwiania odpadów medycznych będą zachowywały moc jeszcze przez 10 lat. Po wygaśnięciu zezwoleń jedyną dopuszczalną metodą unieszkodliwiania odpadów medycznych będzie unieszkodliwienie termiczne.

Gospodarka odpadami medycznymi w szpitalu w mieście S...

W szpitalu w mieście S..., rocznie hospitalizującym 12 000 pacjentów, średnio „produkuje” się 40 t. odpadów, które utylizuje się we własnej spalarni. Gromadzenie odpadów jest tak zorganizowane, aby w możliwie największym stopniu następowała ich segregacja. W pomieszczeniach sal operacyjnych, porodowych, we wszystkich pomieszczeniach oddziałów zakaźnych, w pomieszczeniach zabiegowych, pokojach badań lekarskich, pokojach badań i zabiegów stomatologicznych są stosowane pojemniki jednorazowego użycia.

Zakażone słoiczki i opakowania szklane są oddzielane od odpadów przewidzianych do spalania, ponieważ szkło w komorach spalania ulega podtopieniu, niszcząc ruszt i obudowę ceramiczną pieca. Opakowania po eterze lub spirytusie mogą być czynnikiem niebezpiecznych wybuchów, które mogą wystąpić przy załadunku lub żużlowaniu pieca. Materiały opatrunkowe, odpady pooperacyjne, posekcyjne, rękawice gumowe, aparaty po krwi i kroplówkach oraz igły i strzykawki pakowane są w miejscach ich użytkowania, w worki foliowe i wynoszone codziennie do utylizowania w miejscowej spalar-

ni odpadów medycznych, zgodnie z opracowanym postępowaniem z odpadami sanitarnymi i komunalnymi.

Mając na uwadze ochronę środowiska oraz profilaktykę zakażeń szpitalnych, wszyscy pracownicy zobowiązani są: do segregacji odpadów z podziałem na sanitarne i komunalne w miejscu i czasie ich powstawania.

Pielęgniarka przełożona (oddziałowa, koordynująca) ma za zadanie:

- nadzór nad segregacją odpadów, ich gromadzeniem i usuwaniem z oddziału,
- szkolenie pracowników w zakresie postępowania z odpadami,
- wyposażenie stanowisk pracy we właściwe opakowania do gromadzenia odpadów i ich usuwania.

1) Segregacja odpadów

W szpitalu uzgodniony został następujący sposób gromadzenia odpadów:

Do opakowań twardych (małych) z napisem „Materiał skażony” składa się skażony sprzęt medyczny z końcówką ostrą (igły, ostrza, wenflony).

W opakowaniach twardych (średnich) z napisem „Materiał skażony” składowane są skażone strzykawki, waciki, końcówki drenów.

W workach plastikowych czerwonych umieszcza się skażone rękawiczki, materiał opatrunkowy, cewniki, dreny, worki po moczu, kanki do odbytnicze, szpatułki, wata, lignina, opakowania po krwi, osoczu.

Do worków plastikowych czerwonych z oznaczeniem „tkanki-szczątki” – amputowane części ciała, narządy, łożyska poporodowe, inne.

Worki białe przeznaczone są na opakowania plastikowe po płynach infuzyjnych, lekach, innych preparatach medycznych (z wyłączeniem opakowań plastikowych po napojach).

Do worków czarnych plastikowych wrzuca się odpady komunalne (opakowania papierowe i inne po produktach żywnościowych, stłuczki naczyń, papier, opakowania szklane, butelki plastikowe po napojach itp.

2) Postępowanie z opakowaniami w czasie ich napełniania:

Otwory wrzutowe w opakowaniach twardych uchylać można tylko w momencie wrzucania zużytego skażonego sprzętu.

Worki plastikowe należy zabezpieczać przed cyrkulacją wymienną powietrza, poprzez ich zawiązanie.

Wiadra pedałowe umieszczone na salach chorych i w gabinetach lekarskich, do których trafiają wyłącznie odpady komunalne należy wykładać czarnymi plastikowymi workami.

3) Usuwanie odpadów ze stanowisk pracy

Usuwanie odpadów ze stanowisk pracy odbywa się w zależności od ilości odpadów zgromadzonych na danym oddziale lub w gabinecie, jednak nie rzadziej niż dwa razy na dobę.

Opakowanie twarde, jak i worki plastikowe, napełnia się maksymalnie do $\frac{3}{4}$ pojemności. Opakowania twarde należy opisać oznakowaniem placówki (oddziału). Otwory wrzutowe opakowań twardych należy zakleić oraz umieścić w czerwonym worku.

Worki plastikowe przed wyniesieniem do spalarni należy związać i oznakować nazwą oddziału.

Odpady sanitarne z oddziału do spalarni oraz odpady komunalne do kontenera transportowane są, uściślając, wynoszone przez salowe i sprzątaczkę i należy tę czynność wliczyć do ich codziennych obowiązków.

Tkanki (szczątki) bezpośrednio po operacji lub zabiegu salowa przekazuje do komory spalania. W razie awarii spalarni przekazywane są do chłodni w prosektorium.

4) Gospodarka odpadami komunalnymi

Odpady o charakterze komunalnym mają następujące przeznaczenie:

- złom składowany jest na terenie szpitala z przeznaczeniem do sprzedaży jako surowiec wtórny,
- makulaturę w postaci tekturowych kartonów gromadzi się w zadanej wiacie i sprzedaje do punktu skupu surowców wtórnych,
- zużyte świetlówki zabiera firma zajmująca się recyklingiem.

Typowe odpady komunalne gromadzone są w stalowych kontenerach ustawionych na terenie szpitala i wywożone przez Zakład Usług Komunalnych na składowisko odpadów komunalnych.

5) Gospodarka odpadami surowcowymi z oczyszczania ścieków z oddziału zakaźnego

Z uwagi na to, iż odpady z oddziału zakaźnego należą do grupy odpadów niebezpiecznych, w związku z tym zakwalifikowano je do rodzaju odpadów z działalności służb medycznych (180103, tj. odpady surowe z oczyszczania ścieków z oddziału zakaźnego) jako odpady z leczenia, uznane za niebezpieczne. Należy stosować szczególne środki ostrożności w postępowaniu z nimi.

Odpady z oczyszczania ścieków pochodzące z oddziału zakaźnego są to osady z podczyszczania ścieków surowych w tzw. osadniku Imhoffa.

Powstające osady wybierane są ręcznie przez dezynfektorów, rozkładane na poletku wokół osadnika, dezynfekowane i przekopywane. Szpital

unieszkodliwia wszystkie odpady surowe z oczyszczania ścieków z oddziału zakaźnego w sposób termiczny, polegający na zagęszczaniu osadów ściekowych trocinami. Tak przygotowane odpady są następnie spalane w spalarni.

6) Charakterystyka procesu spalania

Miejszem składowania odpadów z działalności służb medycznych, przeznaczonych do unieszkodliwienia jest utwardzony plac obok budynku spalarni oraz wydzielona część pomieszczenia wewnątrz budynku, aktualnie z powodu niewielkiej ilości odpadów unieszkodliwianych gromadzi się je tylko w budynku spalarni i poddaje na bieżąco procesom termicznym. Instalacja została zaprojektowana i jest użytkowana jako spalarka odpadów poszpitalnych. Projektant wykorzystał zasób wiedzy technicznej określającej sposób i warunki spalania tego typu odpadów. Toteż już w projekcie założono, że ma być to urządzenie bezpieczne dla zdrowia i życia ludzi, spełniające także wymagania ochrony środowiska.

Technologia spalania odpadów zastosowana w szpitalu to tzw. spalanie z kontrolowanym przepływem powietrza. Pozwala na takie przeprowadzenie procesu spalania, który umożliwia rozkład i likwidację zawartych w odpadach składników szkodliwych i toksycznych. Przyjmując konieczność spełnienia nadrzędnego celu spalarni odpadów szpitalnych, jakim jest zniszczenie wszelkich patogenów, spalarnia spełnia warunki spalania wg badań amerykańskich (Berbeito):

- pierwsza komora spalania – temp. powyżej 760°C,
- druga komora spalania – temp. powyżej 980°C i czas spalania > 2 s [4].

Spalanie w temp. 760°C w pierwszej komorze pozwala na uzyskanie bezpiecznego odpadu oraz możliwość jego wykorzystania. Ograniczenie emisji tlenków azotu otrzymuje się poprzez spalanie z niedoborem powietrza w pierwszej komorze i minimalnym nadmiarem w drugiej komorze spalania.

Dla ograniczenia dioksyn i furanów do poziomu dopuszczalnego temperaturę w drugiej komorze przyjmuje się 1000–1200°C przy czasie spalania nie krótszym niż 2 sek. Paliwem jest gaz ziemny. Instalacja eksploatowana jest 5 dni w tygodniu. Po zakończonym cyklu pracy, w piątek ok. godz. 22 wygasza się palenisko. Po wystygnięciu odpadów paleniskowych, w sobotę wygarnia się żużle i popioły do specjalnego pojemnika stalowego, w poniedziałek rano dokonuje się ich zestalenia (oraz zużytego koksu czy zeolitu po wymianie wypełnienia złoża), przygotowując mieszankę popiołowo-cementową w proporcjach 3:1. Mieszankę przygotowuje się w betoniarce usytuowanej w wydzielonym pomieszczeniu. Zmieszaną gęstwą wlewa się do pudełek tekturowych, gdzie beton zastyga. Zestalenie odpadów cementem oraz kształtowanie ich w bryły ogranicza emisję związków organicznych i metali ciężkich do środowiska. Zestalone odpady usuwane są na okresowo, własnym

transportem, na składowisko odpadów przemysłowych, gdyż kierownictwo składowiska odpadów komunalnych nie wyraziło zgody na składowanie tego typu odpadów. Popioły ze spalarni oraz zużyty koks i zeolit zostały zakwalifikowane jako niebezpieczne (kod 19 04 02), jednakże zastosowana metoda eliminacji związków szkodliwych poprzez ich cementowanie pozwala na zakwalifikowanie tych odpadów do grupy innych niż niebezpieczne (kod 19 03 01, tj. zespolone odpady ze spalarni) co pozwala na ich bezpieczne składowanie na wysypisku odpadów komunalnych, jako nie zagrażające środowisku [4].

Udział odpadów własnych szpitala w końcu lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku wahał się od 50%–60% wszystkich odpadów unieszkodliwionych. W ostatnim czasie w spalarni unieszkodliwiane są tylko odpady własne i niewielkie ilości spoza terenu szpitala. Udział odpadów własnych wynosi ponad 90% wszystkich odpadów unieszkodliwianych w spalarni. Ilość odpadów, jaką z działalności szpitala zakwalifikowano do spalania wyniosła przeciętnie około 0,23 kg/dobę/łóżko. Dla oddziału zakaźnego średnio 0,63 kg/doba/łóżko i 0,17 kg/doba/łóżko dla oddziałów pozostałych. Koszt jednostkowy spalanych odpadów, bez kosztów amortyzacji wynosił od 1,57 do 5,30 za kilogram unieszkodliwionych odpadów.

Placówki służby zdrowia, które wchodziły w dawną strukturę organizacyjną szpitala w momencie przekształcenia w Niepubliczne Zakłady Opieki Zdrowotnej i przejściu na własny rozrachunek, szukając oszczędności podpisały umowy z firmami prywatnymi świadczącymi usługi utylizacji odpadów z zastosowaniem metod alternatywnych. Oferty firm biorących udział w przetargach organizowanych w przychodniach, średnio kształtowały się na poziomie 3 zł za kilogram utylizowanych odpadów. Ponadto firma nie wymagała rozdziału strumienia odpadów. Tak więc w odbieranych z przychodni workach znajduje się obecnie wszystko. Gwałtownie zmalało obciążenie spalarni, spowodowane zbyt wysokimi kosztami za utylizację odpadów.

7) Oddziaływanie spalarni na stan czystości powietrza

Do podstawowych zanieczyszczeń pochodzących ze spalarni odpadów należą:

- cząstki stałe zawieszone, tj. materiały niepalne, niedopalone materiały palne, skondensowane substancje lotne,
- metale toksyczne, m.in.: As, Cd, Hg, Pb, Cr, Cu, Mn, Ni, Mo, Sb, V, Zn,
- toksyczne związki organiczne: (w tym: dioksyny i furany),
- tlenek węgla,
- kwaśne zanieczyszczenia gazowe: chlorowódz (HCL), fluorowódz (HF), dwutlenek siarki (SO₂) i tlenki azotu (NO_x)
- mikroorganizmy chorobotwórcze [4].

Przeprowadzone pomiary emisji zanieczyszczeń w 2000 r. wykazały następujące wielkości stężeń zanieczyszczeń:

Stężenie zanieczyszczeń mniejsze niż 10% wartości normowanych: węgiel organiczny, fluorowodór, rtęć.

Stężenie zanieczyszczeń większe niż 10% wartości normowanych: chlorowodór, pył ogółem, dwutlenek siarki, tlenek węgla.

Stężenie zanieczyszczeń przekraczające wartości normowane: kadm i tal, suma metali ciężkich, dioksyny i furany.

Aktualnie procesy spalania odpadów niebezpiecznych wykazują przekroczenia w odniesieniu do następujących substancji: kadm i tal (186,2%), suma metali ciężkich (107,3%), dioksyny i furany (1100,0%) (tab. 3) [4].

Tabela 3. Zestawienie wyników pomiarów emisji

Lp.	Analizowana substancja	Wartości zmierzone w przeliczeniu na 11% O ₂ suchego gazu [mg/m ³]				Wartości normowane w przeliczeniu na 11% O ₂ suchego gazu [mg/m ³]	Wart. zmierz. Wart.
		1995 r.	1996 r.	1998 r.	2000 r.		
1	Dioksyny i furany jako TEQ w [mg/m ³]	0,079	0,42	28,11	1,1	0,1	1100,0
2	OTR	0,079	2,95	145	1,2	20	6,0
3	HC1	15,35	38,5	478	9,8	60	16,3
4	HF	0,75	0,21	12,6	0,3	4	7,5
5	pył ogółem	poniżej 1	0,35	380	18,1	30	60,3
6	NO _x	37	112,5	96	90	–	–
7	SO ₂	poniżej 1	poniżej 1	17,3	22	200	11,0
8	CO	4	14,4	130	15	100	15,0
9	CO ₂	w % obj. 4,9	w % obj. 1,9–2,8	w % obj. 3,2	w % obj. 7,3	–	–
10	O ₂	w % obj. 12,5	w % obj. 17,2	w % obj. 16,6	w % obj. 12,4	–	–
11	Kadm Tal	0,0004	0,001	0,18	0,0852 0,0079 E 0,0931	łącznie 0,05	186,2
12	Rtęć	0,00008	0,0012	0,28	0,00019	0,05	0,4
13	Cynk	0,431	9,05	–	–	–	–
14	Nikiel	0,0112	0,208	–	0,02854	suma metali z pozycji 14–22	–
15	Chrom	0,0003	0,045	1,65	0,00752	–	–
16	Ółów	0,0788	0,636	2,10	0,05762	–	–
17	Miedź	–	0,295	3,35	0,27142	–	–
18	Mangan	0,0003	0,008	0,45	0,00312	–	–
19	Kobalt	0,00003	0,002	0,015	0,00048	0,5	107,3
20	Arsen	0,0002	0,0004	0,77	0,00385	–	–
21	Antymon	–	–	–	0,01119	–	–
22	Cyna	–	–	–	0,15085	–	–
23	Wand	–	–	–	0,00202	–	–
24	Suma metali 14–20	0,12	10,24	17,94	0,5366	–	–
	Temp. gazu	150–180°C	150–180°C	150–180°C	150–180°C	–	–

Źródło: [4].

Wnioski

Utarło się że, podstawowym zadaniem szpitala jest w pierwszej kolejności i jak tylko to możliwe wyleczyć pacjenta, odesłać go do domu, a nie segregować odpady [1], chyba dlatego wcześniejsze zainteresowanie odpadami medycznymi było marginalne, a sam temat traktowano jako wstydlivy.

Problem odpadów medycznych w Polsce istniał od dawna. Jednak odzwierciedlenie w publikacjach naukowych znalazł dopiero na początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku.

Działający w Polsce sposób gospodarowania odpadami medycznymi wymaga jeszcze wielu zmian, wielu uzupełnień dostosowanych do przepisów Unii Europejskiej. System ten powinien obejmować wprowadzanie nowych rozwiązań, ujednoczenie prawa w zakresie, ochrony środowiska, jak również wszelkie przedsięwzięcia inwestycyjne związane z procesami utylizacji odpadów medycznych.

Uruchomiona w szpitalu specjalistyczna spalarnia w 37,2% sfinansowana ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, o zdolności przerobowej do 120 kg odpadów na godzinę (teoretycznej), jest wykorzystywana w stopniu niedostatecznym.

W czasie jej rzeczywistej eksploatacji spalano bowiem przeciętnie od 19,6 kg do 27,7 kg odpadów na godzinę. Stopień wykorzystania spalarni, jest więc daleko niższy od wynikającego z jej charakterystyki technicznej oraz określonego w kontrakcie z dostawcą, tym bardziej, że pracuje ona 5 dni w tygodniu w wymiarze początkowym 8, później 12 godzin na dobę [4].

Rzeczywistym ograniczeniem zdolności przerobowej spalarni jest niewłaściwe rozwiązanie schładzania gazów spalinowych, a w szczególności brak w godzinach nocnych odbioru ciepłej wody, wytwarzanej w procesie schładzania spalin.

Ogranicza to zatem czas pracy spalarni, a przez to jej wydajność, a ponadto zmniejsza możliwości do uzyskania efekt energetyczny, podwyższając koszty jej eksploatacji. Jednostkowy koszt spalania odpadów w szpitalu, bez kosztów amortyzacji i transportu odpadów, wynosił w końcu lat dziewięćdziesiątych od 1,57 zł do 5,30 zł za kilogram unieszkodliwionych odpadów, przy czym udział mediów energetycznych w strukturze tych kosztów wynosił od 26% aż do 56%.

To dość wysoki koszt za utylizację odpadów i nie sprzyja propagowaniu, uzasadnionej, idei skutecznej eliminacji odpadów sanitarnych, będących potencjalnym źródłem groźnych zanieczyszczeń epidemicznych i ekologicznych.

Na uwagę i wyjaśnienie zasługuje ilość odpadów, jaką z działalności szpitala zakwalifikowano do odpadów sanitarnych i oddano do spalania. Wyniosła ona średnio 0,32 kg/dobę/łóżko – to o wiele mniej niż przewidywały

założenia w projekcie spalarni odpadów szpitalnych. Założenia określały przeciętną ilość odpadów do spalenia w granicach 1,0 kg/łożko/dobę dla oddziałów zakaźnych (w szpitalu średnio 0,63) i 0,8 kg/łożko/dobę, dla pozostałych oddziałów (w szpitalu średnio 0,17 kg/łożko/dobę). Okoliczności skłaniają do zwrócenia uwagi na właściwą segregację odpadów szpitalnych, w miejscu ich powstawania z podziałem na odpady komunalne i sanitarne.

Aktualnie procesy spalania odpadów niebezpiecznych wykazują przekroczenia w odniesieniu do następujących substancji: kadm i tal (186,2%), suma metali ciężkich (107,3%), dioksyny i furany (1100,0%) [4].

Dyrekcja szpitala, biorąc pod uwagę ten fakt oraz obecną, trudną sytuację finansową, ustaliła harmonogram prac, jakie będą podjęte w celu dostosowania instalacji do obecnych standardów. Jest to m.in.: wykonanie dodatkowych pomiarów temperatury w komorze dopalania (mierzonej w pobliżu jej ściany wewnętrznej) oraz opracowanie schematu umieszczenia dodatkowych palników w celu utrzymania reżimu 1100°C podczas trwania procesu technologicznego. Zapewnienie wymaganej temp. 1100°C powinno spowodować dotrzymanie warunków emisji dioksyn, furanów. Wykonanie remontu instalacji odprowadzenia spalin, konstrukcji filtrów zeolitowego i koksowego oraz wymiana złoża zeolitowego i koksowego, pozwoli na dotrzymanie norm emisji metali ciężkich [4]. Obecnie spalarnia jest wyłączona z eksploatacji z powodu niedostosowania do wymogów UE.

Gospodarowanie odpadami szpitalnymi w kraju jest ciągle niezadowalające jednak nie do końca zależy to tylko od szpitali. Prawdą jest, że organizacja selekcjonowania, usuwania i unieszkodliwiania odpadów szpitalnych mimo ustalonych zasad, nie jest w pełni realizowana, ale brak też konsekwencji i stanowczości w działaniu organów kontrolnych. Jest prawdą również to, że wydawane akty prawne wymagają ze strony szpitali znacznych nakładów finansowych. Uzyskanie środków, wobec wciąż niewystarczających wydatków na cele szpitala, nie jest zadaniem łatwym. Powszechnie wiadomo, że służba zdrowia „choruje przewlekłe” na ciągły brak funduszy na podstawowe środki opatrunkowe, leki, sprzęt jednorazowego użytku, ale też jak na lekarstwo są inwestorzy i sponsorzy, którzy chcieliby pomóc w tej dziedzinie. A przecież wszystko to w trosce o ratowanie tego, co nas otacza – zniszczone środowisko naturalne.

Literatura

1. Wandrasz J., *Gospodarka odpadami medycznymi*, PZLiTS, Poznań 2000.
2. Kowalska M., *Alternatywne w stosunku do spalania technologie unieszkodliwiania odpadów medycznych* [htm].

3. dr P. Coppinger, *Problem szpitali: spalanie zakażonych odpadów stanowi zagrożenie zdrowia. Jak mogą rozwiązać ten problem placówki, które nie mogą zrezygnować z tej metody utylizacji.* [Htm].
4. Kopczyński M., *Przegląd ekologiczny dla spalarni odpadów poszpitalnych.* Czerwiec 2002. Materiały wewnętrzne, szpitala w mieście S.....
5. Harion E., Kaczmarczyk G., *Unieszkodliwianie i zagospodarowanie odpadów medycznych.* Materiały konferencyjne, Poznań 1994.
6. *Preparaty dezynfekcyjne przeznaczone do stosowania w zakładach opieki zdrowotnej,* Informacja VII, Wydawnictwo Metodyczne PZH, Warszawa 1996.
7. Chochulski J., Bunikowska A., *Programy gospodarki odpadami medycznymi,* Przegląd Komunalny 6(93), 1999, s. 33.
8. Wandrasz J.W., Gaska K., *Usuwanie i unieszkodliwianie odpadów medycznych,* Przegląd Komunalny – Dodatek nr 3(5), 1998 r., s. 16.
9. *Nowa Encyklopedia Powszechna PWN,* tom 6, s. 924, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997.
10. Alternatywne technologie utylizacji odpadów szpitalnych – file:A:\Alternatywne technologie utylizacji odpadów szpitalnych.htm.
11. Instrukcja obsługi sterylizatora – typ SPW-65M produkcji: Zakłady Aparatury Precyzyjno-Medycznej „PREMED” Spółdzielnia Pracy, Marki – Pustelnik, ul. Duża 1.
12. *Nowa Encyklopedia Powszechna PWN,* tom 4, s. 897, wyd. PWN, Warszawa 1996.
13. Nowak E., *Termiczne metody unieszkodliwiania odpadów, cz. I, Piroliza i/lub zgazowanie odpadów,* Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów, nr 6, 1994.
14. Raport Greenpeace, tłumaczenie Beaty Cieślak, Ekopartner 7–8(9–10), 1992.
15. Oleniacz R., *Zastosowanie procesów pirolizy i zgazowania do termicznej utylizacji odpadów,* Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów, vol. 33, nr 3, 1999.
16. Ambroziewicz K., *Termiczna utylizacja odpadów lakierniczych i poszpitalnych,* Ekologia i Technika, nr 5, 1994.
17. *Termiczne metody unieszkodliwiania odpadów komunalnych,* Poradnik gospodarowania odpadami, wrzesień 1998.
18. Kowalska M., *Alternatywne w stosunku do spalania metody unieszkodliwiania odpadów medycznych* [htm].
19. Maćkowiak Cz., *Antybiotyki a środowisko, W: Środowisko naturalne w warunkach polskiej transformacji.* Praca zbiorowa pod redakcją Witolda Rakowskiego, s. 88–96, Radom 2004.

20. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów (Dz. U. nr 112, poz. 1206).
21. „Szpitali nie stać na profesjonalną utylizację odpadów”, „Utylizacja zakaźnych odpadów medycznych”. Puls Medycyny, wydanie nr 24(121).
22. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2002 roku w sprawie dopuszczalnych sposobów i warunków unieszkodliwiania odpadów medycznych i weterynaryjnych na podstawie art. 42 ust. 3 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (Dz. U. Nr 62, poz. 628 oraz z 2002 r. Nr 41, poz. 65, Nr 113, poz. 984 i Nr 199, poz. 1671).

Hospital and Medical Waste and Methods of Their Disposal

Summary

Of various types of waste produced by man, the hospital and medical waste are not readily noticeable. In terms of quantities produced, they are but a small proportion of all waste. However, they are mostly extremely hazardous waste which call for highly sophisticated technologies of neutralisation. There is a wide variety of medical / hospital waste, and each type of waste requires a different method of disposal and/or neutralisation. The authors discuss the following issues in their paper:

- the sources of waste production and their classification,
- the morphological composition of hospital waste,
- neutralisation of waste
- legislation on the neutralisation of medical waste;
- hospital/medical waste management in a hospital located in a former provincial capital;
- the impact of an incinerating plant upon the quality (i.e. cleanness) of the air.