

Jan DULEWSKI, Bogusława MADEJ, Roman UZAROWICZ

Wyższy Urząd Górniczy, Katowice

Zagrożenie procesami termicznymi obiektów zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego

Słowa kluczowe

górnictwo węgla kamiennego, odpady wydobywcze, procesy termiczne, przepisy prawne

Streszczenie

Prezentując dane dotyczące ilości odpadów wytwarzanych w górnictwie oraz sposobu ich zagospodarowania omówiono stan prawny gospodarowania odpadami wydobywczymi, z uwzględnieniem zagrożeń pożarowych. Pokazując skalę występowania zjawisk termicznych w obiektach zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego omówiono czynniki wpływające na powstawanie i rozwój zjawisk termicznych, a także metody i działania w zakresie zapobiegania im. Dokonano ponadto oceny zagrożenia pożarowego obiektów, w których lokowane są odpady.

1. Wstęp

Wydobywaniu węgla kamiennego towarzyszyło i nadal towarzyszy, wytwarzanie znacznych ilości odpadów. W przeszłości, z powodu ograniczonych możliwości wykorzystania, przeważającą część odpadów składowano na powierzchni ziemi w postaci hałd, usypisk, zwałowisk, składowisk odpadów kopalnianych. Taki stan utrzymywał się do lat 80. ubiegłego wieku. Wprowadzenie określonych zasad gospodarowania odpadami, polegających m.in. na pobieraniu opłat za składowanie odpadów w obiektach do tego przeznaczonych, spowodowało zaniechanie powszechnie prowadzonego przez górnictwo składowania odpadów na rzecz ich zagospodarowywania. W efekcie stosunek ilości odpadów zagospodarowywanych do ilości odpadów wytworzonych zaczął się zwiększać. Przełom nastąpił w drugiej połowie lat 90. ubiegłego wieku i ilość odpadów wykorzystanych gospodarczo zaczęła przewyższać ilość odpadów składowanych. Pod koniec tego okresu gospodarczo wykorzystywano ok. 80% odpadów wytworzonych przez górnictwo węgla kamiennego (Chaber 2002). Obecnie w tym sektorze górnictwa w sensie prawnym na powierzchni składowane są zaledwie ok. 5% odpadów wytworzonych. Nie oznacza to jednak, że w podobnym stopniu zmniejszyła się ilość odpadów umieszczanych na powierzchni ziemi, ponieważ odpady poddane procesom odzysku są z reguły lokowane w postaci różnego rodzaju budowli ziemnych, a także jako materiał używany do niwelacji terenu oraz do wykonywania rekultywacji.

Charakterystyczną cechą odpadów z górnictwa węgla kamiennego jest ich skłonność do samozapalenia, dlatego w powszechnej świadomości mieszkańców regionów górnictwa węgla kamiennego utrwalony jest widok palących się hałd. Zagrożenia i uciążliwości dla otoczenia, stwarzane przez palące się hałdy, spowodowały podjęcie badań, których wynikiem było określenie mechanizmów i procesów prowadzących do rozwoju zjawisk termicznych w

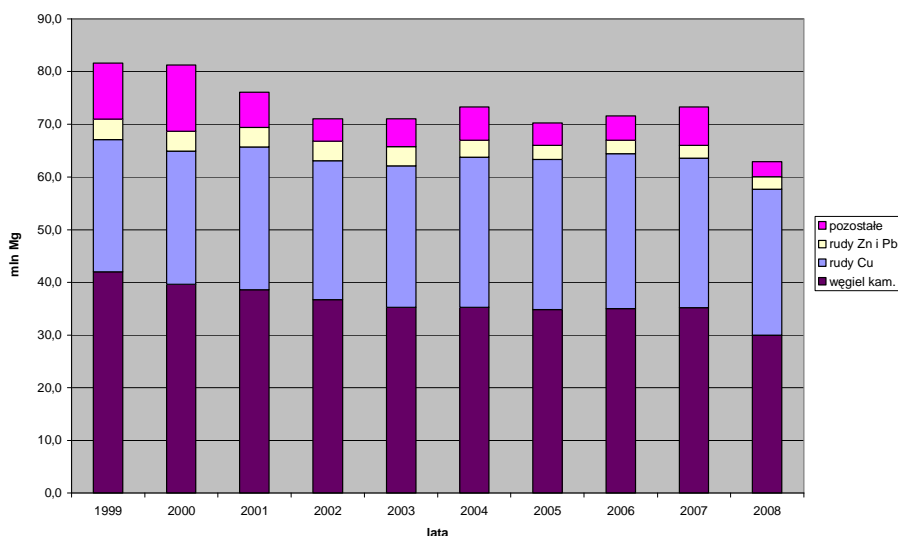
składowanych odpadach. Poznanie przyczyn powstawania oraz rozwoju procesów termicznych pozwoliło na określenie zasad bezpiecznego lokowania odpadów na składowiskach, w tym uwzględniających konieczność prowadzenia działań w zakresie profilaktyki pożarowej. Ukoronowaniem wieloletnich badań i obserwacji, prowadzonych w krajowym przemyśle węgla kamiennego, było opracowanie w latach 80. ubiegłego wieku nowych zasad budowy składowisk odpadów (Tabor 1995). W poprzednim ustroju społeczno-gospodarczym zasady te wdrażane były w oparciu o tzw. przepisy resortowe. Obecnie stosowanie tych zasad nie jest formalnie wymagane. Żadnych wymogów w zakresie profilaktyki pożarowej nie zawierają również obowiązujące aktualnie przepisy, dotyczące odzysku odpadów poza urządzeniami i instalacjami. Ten sam problem dotyczy budowli ziemnych powstających w rejonie Rybnika i Jastrzębia Zdroju z odpadów wytwarzanych przez tamtejsze kopalnie węgla kamiennego. Warto zauważyć, że chociaż z formalnego punktu widzenia nie są to obiekty składowania odpadów, to ilość wbudowywanych odpadów oraz charakter wykonywanych robót nie różni się w istotny sposób od ilości odpadów lokowanych i charakteru robót prowadzonych dawniej na składowiskach. Podobnie jest w przypadku wykorzystania znacznych ilości tych odpadów do wypełniania terenów oraz rekultywacji. Nietrudno zatem przewidzieć, że zagrożenie samozapaleniem odpadów, tak charakterystyczne dla składowisk, może wystąpić również w przypadku innych sposobów ich lokowania na powierzchni ziemi, jeżeli powstaną warunki sprzyjające rozwojowi zjawisk termicznych. Z tego powodu warto przypomnieć istotne czynniki rozwoju zjawisk termicznych oraz podjąć próbę oceny ryzyka wystąpienia pożaru w obiektach budowanych z odpadów lub ryzyka wystąpienia pożaru odpadów wykorzystanych do rekultywacji, czy też wypełniania terenu. Jest to tym bardziej istotne, że problem pożarów w obiektach składowania odpadów nie jest rozwiązany, a gaszenie pożarów jest z reguły skomplikowane i kosztowne.

2. Skala problemu potencjalnych zagrożeń procesami termicznymi w odpadach wydobywczych

Problem zagrożeń związanych z wystąpieniem procesów termicznych dotyczy tylko pewnej części odpadów wydobywczych, tzn. odpadów z górnictwa węgla kamiennego. Skala tego problemu jest dobrze widoczna w odniesieniu do ogólnej ilości odpadów wydobywczych z wszystkich rodzajów górnictwa oraz sposobu gospodarowania odpadami z górnictwa węgla kamiennego.

Prezentowane dane dotyczą lat 1999-2008, tj. ostatniego dziesięciolecia. Zostały one opracowane w Wyższym Urzędzie Górniczym (WUG 2009) na podstawie informacji uzyskanych z zakładów górniczych eksploatujących kopaliny podstawowe oraz niektóre kopaliny pospolite zaliczone do kopaliny podstawowych.

Ogólną ilość odpadów wydobywczych wytwarzanych rocznie w branży górniczej, z wyróżnieniem 4 grup odpadów, w zależności od rodzaju wydobywanej kopaliny, przedstawiono na **rysunku 1**. Od lat najwięcej odpadów wydobywczych w Polsce powstawało w wyniku eksploatacji węgla kamiennego. W ostatnich 10-ciu latach stanowiły one od 47,7% do 51,6% wytworzonych odpadów wydobywczych. Zaprezentowane dane wskazują, że zagrożenie zjawiskami termicznymi może dotyczyć około połowy ilości wytwarzanych odpadów wydobywczych.

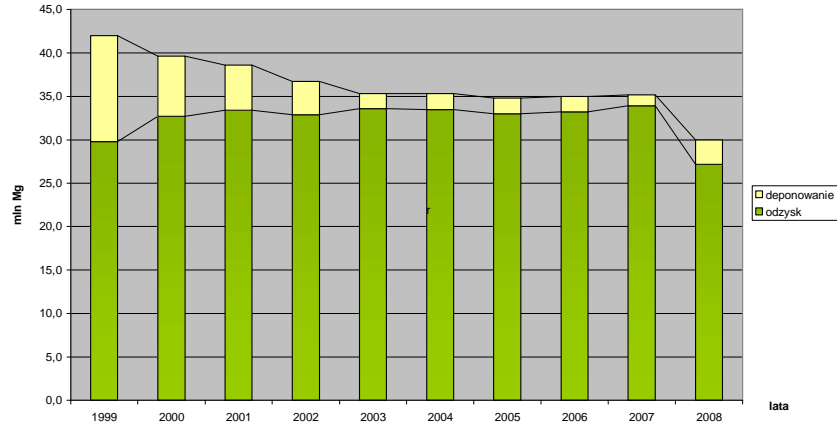


Rys. 1. Odpady wydobywcze wg kopaliny

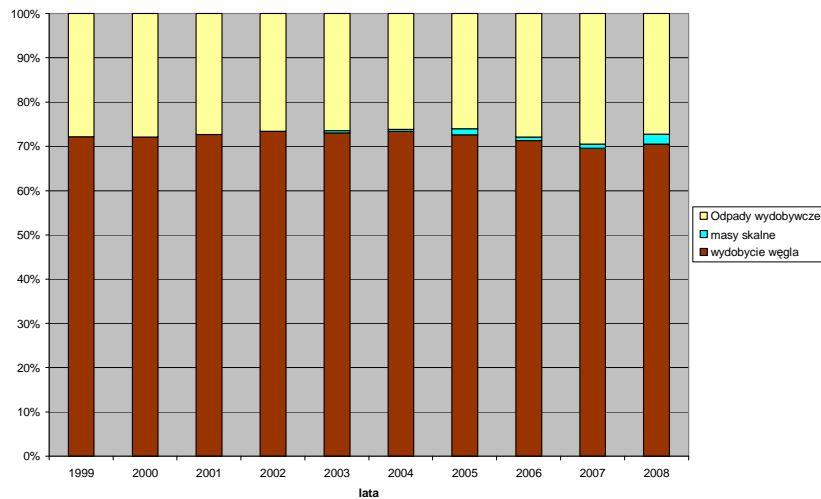
Fig. 1. Extractive waste according to mineral resource

Ze względu na to, że procesy termiczne mogą występować wyłącznie w odpadach z górnictwa węgla kamiennego, analizę w zakresie gospodarowania odpadami przeprowadzono dla tej gałęzi przemysłu wydobywczego. W analizowanym okresie ilość odpadów z górnictwa węglowego uległa ograniczeniu z 42,0 mln Mg do 30,0 mln Mg. Największy spadek ilości wytworzonych odpadów (o 5,2 mln Mg w stosunku do roku 2007) nastąpił w 2008 roku. Należy jednak dodać, że od 2003 roku oprócz odpadów zakłady górnicze wykazują również wytworzenie niepodlegających ustawie o odpadach mas skalnych powstałych podczas eksploatacji węgla kamiennego. Przykładowo w 2008 roku wykazano 2,5 mln Mg mas ziemnych lub skalnych.

Odpady wydobywcze z górnictwa węgla kamiennego są w przeważającej ilości wykorzystywane (różne formy odzysku). Pozostała ilość jest deponowana w środowisku (składowana lub magazynowana). Na **rysunku 2** przedstawiono zmiany w gospodarowaniu odpadami wydobywczymi z górnictwa węgla kamiennego na przestrzeni ostatnich 10-ciu lat. Należy wziąć pod uwagę, że niezależnie od tego, czy odpady są składowane, czy też wykorzystywane (do budowy nasypów, budowli ziemnych, wypełniania terenów niekorzystnie przekształconych), to i tak de facto są umieszczane w środowisku na powierzchni ziemi. Rozróżnienie pomiędzy odzyskiem a składowaniem odpadów dokonywane jest nie z technicznego lecz z prawnego punktu widzenia i jest związane z przepisami obowiązującymi w zakresie gospodarowania odpadami. Natomiast **rysunek 3** pokazuje procentowy udział wydobytego węgla, mas skalnych niepodlegających ustawie o odpadach i odpadów wydobywczych w ogólnej ilości materiału wydobytego na powierzchnię w kopalniach węgla kamiennego. Z danych zamieszczonych na **rysunku 3** wynika, że ilość odpadów wydobywczych w stosunku do ilości wydobytego węgla w analizowanym okresie czasu zmieniała się w niewielkim stopniu i utrzymywała na poziomie ok. 28%.



Rys. 2. Gospodarka odpadami wydobywczymi w górnictwie węgla kamiennego
Fig. 2. Management of extractive waste in the coal mining



Rys. 3. Procentowy udział wydobytych ilości węgla i skały płonnej/odpadów wydobywczych
Fig. 3. Share of extracted coal and barren rock/extractive waste

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego (2009), na koniec 2008 roku zeskładowanych było (nagromadzonych na wysypiskach, hałdach, stawach osadowych) ok. 600 mln Mg odpadów pochodzących z wydobywania węgla kamiennego i brykietowania, należy jednak założyć, że w tej kategorii ujęte zostały jedynie te odpady, które uwzględniono kiedykolwiek w ewidencjach odpadów. Takie nagromadzenie odpadów z górnictwa węgla kamiennego wynika z kilkusetletniego okresu funkcjonowania tego przemysłu na Górnym i Dolnym Śląsku.

3. Aspekty prawne gospodarowania odpadami wydobywczymi

Analizując zagadnienia dotyczące zagrożeń zjawiskami termicznymi obiektów gospodarowania odpadami wydobywczymi konieczne jest uwzględnienie uwarunkowań prawnych, ponieważ są one szczególnie ważne i determinują sposób postępowania ze wzmiankowanymi odpadami.

W ostatnich dwóch latach nastąpiły istotne zmiany w uregulowaniach prawnych dotyczących odpadów pochodzących z górnictwa. Aktem prawnym regulującym zagadnienia postępowania z odpadami jest ustawa o odpadach z 27 kwietnia 2001 r. Natomiast od dnia 15 sierpnia 2008 roku, kiedy to weszła w życie ustawa z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczych [4], jest ona podstawowym aktem prawnym regulującym zagadnienia postępowania z odpadami pochodzącymi z działalności wydobywczej. Ustawa ta definiuje po raz pierwszy takie pojęcia jak: przemysł wydobywczy, odpady wydobywcze, odpady przerobcze, przeróbka, obiekt unieszkodliwiania odpadów i hałda. Zasadnicza część ustawy o odpadach wydobywczych poświęcona jest regulacjom dotyczącym zasad prowadzenia obiektu unieszkodliwiania odpadów (OUO). Zgodnie z definicją zawartą w art. 3 ust. 1 pkt 5 OUO to obiekt przeznaczony do składowania odpadów wydobywczych zarówno w formie stałej, ciekłej, w roztworze lub zawiesinie, w tym tamy, hałdy i stawy osadowe. Obiektami nie są – jak wyraźnie zaznaczono – wyrobiska górnicze wypełniane odpadami wydobywczymi w celach rekultywacyjnych i technologicznych. Ustawa o odpadach wydobywczych nie ma zastosowania do mas ziemnych lub skalnych przemieszczanych w związku z wydobywaniem kopalin ze złóż jeżeli koncesja na wydobywanie kopalin ze złóż udzielona na podstawie ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. - Prawo geologiczne i górnicze lub miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego dla terenu górniczego określa warunki i sposób ich zagospodarowania (art. 2 ust. 1 pkt 4). Analogiczny zapis wprowadzono do ustawy o odpadach, do art. 2 ust. 2 pkt 1a. Zmiana w stosunku do zapisów poprzednich polega na wykreśleniu słów „usuwanych” i „wraz z ich przerabianiem”. Należy dodać, że te przepisy ustawy wchodzi w życie dopiero z dniem 1 maja 2012 r. Bardziej szczegółowej analizy omawianej ustawy w aspekcie jej znaczenia dla przedsiębiorców górniczych dokonano w artykułach autorstwa Dulewski, Madej, Waksmańska (2006, 2008).

Jednym z najważniejszych instrumentów prawnych, jaki wprowadziła ustawa o odpadach wydobywczych jest program gospodarowania odpadami wydobywczymi, który stanowi podstawowy dokument zawierający najistotniejsze informacje o tych odpadach. Jest on przygotowywany przez posiadacza odpadów na samym początku jego działalności, związanej z wytwarzaniem odpadów lub ich zagospodarowaniem. Program zawiera przede wszystkim charakterystykę odpadów, informacje o procesach ich wytwarzania, przeróbki a także zagospodarowania polegającego na ich odzysku lub unieszkodliwianiu w obiekcie do tego przeznaczonym. W tym ostatnim przypadku program będzie bardzo obszerny, gdyż musi zawierać informacje również o samym obiekcie unieszkodliwiania odpadów. Chodzi tu o klasyfikację tego obiektu, a więc zaliczenie go, bądź nie zaliczenie, do kategorii A. Klasyfikacja przeprowadzana jest w oparciu o wyniki tzw. oceny ryzyka obiektu czyli oceny m.in. tego, jakie ryzyko dla ludzi oraz środowiska niesie ze sobą ewentualne nieprawidłowe prowadzenie tego obiektu lub utrata jego stabilności.

Po raz pierwszy w przepisach dotyczących odpadów zwrócono uwagę na specyfikę odpadów wydobywczych pochodzących z górnictwa węgla kamiennego. Dlatego też jednym z elementów, które powinien zawierać program gospodarowania odpadami, jest *opis technologii*

i środków technicznych służących zapobieganiu powstawania pożarów w obiektach unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, w których są składowane odpady zawierające części palne. Decyzja zatwierdzająca program gospodarowania odpadami wydobywczymi powinna zawierać opis ww. technologii. Również wśród obowiązków posiadacza odpadów prowadzącego obiekt unieszkodliwiania odpadów wydobywczych, w którym są składowane odpady zawierające części palne, ustawa wylicza obowiązek stosowania środków technicznych zapobiegających powstawaniu pożarów.

Na aspekt palności odpadów wydobywczych zwrócono również uwagę w decyzji Komisji Europejskiej Nr 2009/359/WE z dnia 30 kwietnia 2009 r. uzupełniającej definicję odpadów obojętnych w związku z wykonaniem przepisów art. 22 ust. 1 lit. f dyrektywy 2006/21/WE w sprawie gospodarowania odpadami z przemysłu wydobywczego [5]. Podstawowym celem uzupełnienia definicji odpadów obojętnych jest ustanowienie jasnych kryteriów i warunków, zgodnie z którymi odpady pochodzące z przemysłu wydobywczego można uznać za odpady obojętne. W decyzji tej najważniejsze zapisy zawiera art. 1 przedstawiający wszystkie kryteria, jakie muszą być spełnione, aby odpady wydobywcze uznać za obojętne w rozumieniu dyrektywy 2006/21/WE. Na podstawie jednego z wymienionych w decyzji kryteriów należy przyjąć, że odpady mogą być zaliczone do obojętnych jeśli *nie grożą samozapaleniem i nie są palne*. Inaczej rzecz ujmując – jeśli wyniki badań wskazują na to, że odpady grożą samozapaleniem lub są palne, to choćby spełniały one wszystkie pozostałe kryteria – nie mogą zostać zaliczone do obojętnych. Decyzja nr 2009/359/WE nie wskazuje dokładnej granicy pomiędzy odpadami palnymi i niepalnymi, a także nie wyjaśnia co należy rozumieć pod pojęciem „grożące samozapaleniem”.

Według nomenklatury pożarnej [6], wszystkie materiały możemy podzielić na: palne i niepalne. Materiał niepalny poddany badaniom w określonych warunkach i czasie nie zapala się. Nie wydziela też par i gazów, które mogą się zapalić, a także nie wydziela ciepła, które umożliwia podniesienie temperatury do określonej wartości. Materiał palny nie spełnia przynajmniej jednego z warunków określonych dla materiału niepalnego. Materiały palne dzielimy na: trudno zapalne i łatwo zapalne. Zgodnie z Polską Normą PN-EN 1127-1 z kwietnia 2001 r. „Atmosfery wybuchowe. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Pojęcia podstawowe i terminologia” - **substancja palna** jest zdefiniowana jako substancja w postaci gazu, pary, cieczy, ciała stałego lub ich mieszaniny, zdolna wchodzić w egzotermiczną reakcję z powietrzem po zapaleniu (Małolepszy 2003).

Z kolei samozapalenie to proces zachodzący w wyniku procesów biologicznych lub fizycznych i chemicznych (egzotermicznych) materiałów, przy czym samonagrzewanie się materiałów a następnie ich zapalenie następuje bez zewnętrznego bodźca termicznego (np. samozapalenie w wyniku egzotermicznej reakcji chemicznej itp.).

Trzeba dodać, że z prawnego punktu widzenia aspekt palności jest istotny w przypadku takiego gospodarowania odpadami wydobywczymi, które polega na ich składowaniu w obiekcie unieszkodliwiania odpadów. Natomiast w przypadku odzysku odpadów ta kwestia nie została uwzględniona. Jedyne odniesienie można znaleźć w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 21 marca 2006 r. w sprawie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów poza instalacjami i urządzeniami [7]. W załączniku nr 1 do rozporządzenia określającym rodzaje odpadów oraz warunki ich odzysku w procesie odzysku R14 uwzględniono taką kategorię odzysku jak *likwidacja zagrożeń pożarowych takich jak samozapłony na czynnych i zamkniętych zwalowiskach skał płonnych pochodzących z górnictwa węgla kamiennego*.

4. Występowanie zjawisk termicznych w obiektach zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego

Brak jest pełnych danych o ilości obiektów zagospodarowania odpadów z górnictwa węglowego zagrożonych rozwojem intensywnego pożaru lub obiektów, które wymagają podjęcia akcji gaśniczej. Przytoczone poniżej niepełne dane, dotyczące okresu ostatniego dziesięciolecia, wskazują jednak, że nie jest to problem marginalny.

Według danych Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Środowiska w Katowicach [8] prowadzono likwidację 7 pożarów na różnych obiektach składowania odpadów. Były to: składowisko „Skalny” KWK „Bolesław Śmiały”, składowisko byłej KWK „Siemianowice” w Bańgowie, hałda „Ruda” i hałda w rejonie ulic Piekarskiej i Bielszowickiej w Zabrze, hałda w Chorzowie przy ul. Siemianowickiej, teren dawnego zwałowiska odpadów przy ul. Piłkarskiej w Bytomiu, zwałowisko odpadów na terenie zakładu „Haldex” w Siemianowicach. Prawdopodobną przyczyną powstania pożarów ww. obiektów w 5 przypadkach było samozapalenie składowanych odpadów, natomiast w 2 przypadkach wystąpiły pożary egzogeniczne.

Według danych WUG, poza obiektami ujętymi w danych WIOŚ w Katowicach, pożary wystąpiły ponadto na terenie 10 obiektów. Były to obiekty zlokalizowane na obszarze GOP takie jak: nieczynne hałdy, zrehabilitowane zwałowiska odpadów, nasyp bocznicy kolejowej, nieczynne osadniki mułowe.

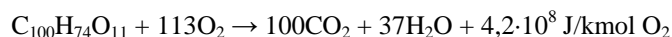
Kolejne źródło [9] wskazuje, że prowadzono działania gaśnicze na 3 hałdach w rejonie Wałbrzycha i Nowej Rudy oraz na 1 hałdzie zlokalizowanej na obszarze miasta Zabrze.

W sumie wg niepełnych danych w ostatnim dziesięcioleciu odnotowano 21 pożarów obiektów lokowania odpadów.

5. Mechanizm i czynniki wpływające na rozwój procesów termicznych

5.1. Rozwój zjawisk termicznych w odpadach węglowych

Rozwój zjawisk termicznych prowadzących do samozapalenia odpadów wydobywczych z górnictwa węgla kamiennego jest procesem złożonym, zależnym od wielu czynników, związanym z obecnością w odpadach węgla oraz pirytu i markasytu. W temperaturze otoczenia węgiel w odpadach utlenia się. Jest to skomplikowany proces egzotermiczny, obejmujący szereg etapów i reakcji współbieżnych. Wg Cebulaka i in. (2005) (za Kok 1981) w sposób przybliżony sumaryczny proces utleniania węgla kamiennych w stanie suchym można opisać następującym wzorem :



Pierwszy etap utleniania, w którym zachodzi chemisorpcja tlenu na powierzchni węgla, można opisać równaniem:



Prędkość reakcji utleniania węgla zależy od wielu czynników, z których najważniejszymi są stężenie tlenu, fizyczna struktura i skład chemiczny węgla oraz temperatura ośrodka reakcji.

Poza wyżej opisanymi reakcjami utleniania węgla innym źródłem ciepła inicjującym rozwój zjawisk termicznych w odpadach są procesy rozkładu pirytu i markasytu zachodzące pod wpływem wody i tlenu. Są to procesy egzotermiczne. Wydzielające się ciepło może doprowadzić do wzrostu temperatury otoczenia do wartości 72°C, tj. do temperatury krytycznej zapłonu większości węgla obecnych w odpadach. Temperatury krytyczne węgla różnią się w zależności od jego typów i sortymentów. Dla otwartych zwałów węgla temperatura krytyczna wynosi 60-80°C (Sawicki 2004).

W procesie samozapalenia odpadów wyróżnia się dwa charakterystyczne okresy: inkubacyjny oraz samozagrzewania. W okresie inkubacyjnym praktycznie nie obserwuje się wzrostu temperatury. W przypadku gdy temperatura przekroczy punkt krytyczny i nie wystąpią warunki sprzyjające ochłodzeniu odpadów następuje okres samozagrzewania, w którym temperatura odpadów szybko wzrasta aż do temperatury zapalenia się substancji węglowej (Sawicki 2004). Urbański (1983) w zależności od temperatury materiału rozróżnia się trzy stopnie rozwoju pożaru:

- zagrzewanie się hałdy, temperatury składowanych odpadów w granicach 40 do 150°C,
- mało lub średnio intensywny pożar, temperatury składowanych odpadów w granicach 40 do 150°C,
- intensywny pożar, temperatura składowanych odpadów powyżej 300°C.

Procesy termiczne w obiektach zagospodarowania odpadów z górnictwa węgla kamiennego mogą inicjować również zewnętrzne źródła energii cieplnej oraz procesy zachodzące w zagospodarowywanych odpadach. W związku z tym wyróżnia się:

- pożary egzogeniczne, powstające pod wpływem zewnętrznych źródeł ciepła, takich jak np. otwarty płomień z rozpalonych ognisk, gorące i żarzące się materiały,
- pożary endogeniczne, powstające w wyniku samorzutnych procesów zachodzących w odpadach, prowadzących do wzrostu temperatury i samozapalenia się odpadów.

5.2. Czynniki wpływające na rozwój procesów termicznych

Czynniki wpływające na rozwój procesów termicznych można podzielić na dwie grupy:

- czynniki związane ze składem i stanem odpadów, takie jak: skład petrograficzny, uziarnienie, wilgotność, struktura składników węglowych, zawartość substancji hamujących procesy utleniania,
- czynniki związane z obiektem lokowania odpadów, wpływające na swobodę wnikania powietrza do wnętrza obiektu oraz na możliwość akumulacji ciepła w obiekcie.

5.2.1. Czynniki związane ze składem odpadów

Skład petrograficzny odpadów wydobywczych jest konsekwencją budowy geologicznej złoża. W Górnośląskim Zagłębiu Węglowym skałami najczęściej występującymi w profilu stratygraficznym karbonu produktywnego są iłowce, mułowce, piaskowce i zlepieńce, przy czym ich udział jest zmienny w zależności od grupy warstw (brzeżne, siodłowe, łękowe). Odpady wydobywcze, obok skał płonnych, zawierają również pozostałości substancji węglowej. Według danych foresight-u (2009) średnia zawartość węgla w odpadach gruboziarnistych wynosi ok. 8%, w odpadach drobnoziarnistych ok. 10%, a w odpadach flotacyjnych nawet powyżej 20%. Wg innych źródeł, (Urbanski 1983) zawartość węgla w odpadach może być znacznie wyższa i wynosić nawet do 40%. Dlatego konieczne jest przytoczenie kilku informacji dotyczących petrografii węgla. Węgiel jest zatem palną skałą

pochodzenia organicznego, głównie roślinnego. Wyróżnia się cztery litotypy (odmiany petrograficzne) humusowego węgla kamiennego:

- wityryn (węgiel błyszczący),
- klaryn (węgiel półbłyszczący),
- duryń (węgiel matowy),
- fuzyn (węgiel włóknisty).

Litotypy w pokładzie węgla przyjmują formę wtrąceń i przewarstwień. Może im towarzyszyć w pokładzie palny łupek węglowy zawierający (Gabzdyl 1987) 20-60% (30-70%) składników mineralnych. Przy przekroczeniu 60% (70%) składników mineralnych jest to już skała płonna, np. iłowiec węglisty. Litotypy węgla są zbudowane z różnych grup macerałów, czyli składników petrograficznych wyróżnianych pod mikroskopem, charakteryzujących się określonymi cechami morfologicznymi i optycznymi, wykazujących zróżnicowaną budowę chemiczną. Występujące w węglu kamiennym humusowym macerały dzieli się dla potrzeb technologicznych na trzy grupy: wityryny, liptyny i inertyny.

Według Gabzdyla (1987) przy badaniach naturalnej skłonności węgla do samozapalności podstawą są analizy macerałów. Najbardziej podatny na utlenienie jest wityryn, natomiast w Górnośląskim Zagłębiu Węglowym najbardziej skłonne do samozapalenia niskouwęglone węgle zawierają powyżej 30% fuzyn i semifuzyn, a więc macerałów z grupy inertyn. Istotną cechą (obok składu petrograficznego) jest stopień uwęglenia oraz makrostruktura pokładu. Przyjmuje się, że najbardziej skłonne do samozapalności są niskouwęglone pokłady zawierające gruboławicowy wityryt. Wpływ na skłonność do samozapalenia się węgla ma zawartość substancji mineralnej, a zwłaszcza siarczków (pirytu). Z kolei wg Cebulaka i in. (2005) (za Ren i in. 1999) związek pomiędzy strukturą i składem chemicznym węgla a jego podatnością na samozagrzewanie pozostaje niejasny. Prowadzone są badania w celu określenia przydatności niektórych metod do określania skłonności substancji węglowych do samozapalenia. Taką metodą jest oksyreaktywna analiza termiczna. W tym wypadku przyjęto założenie, że decydujący wpływ na ryzyko samorzutnego zapalenia węgla ma proces chemisorpcji tlenu (Cebulak i in. 2005).

Skład ziarnowy odpadów jest zróżnicowany i zależy od rodzaju prowadzonych robót górniczych oraz stosowanych technologii wzbogacania węgla. Odpady lokowane na składowiskach są przeważnie wymieszane i składają się z różnych frakcji, począwszy od bloków skalnych, dużych kawałków, poprzez ziarna o wielkości od kilkudziesięciu, do kilku i poniżej 1 centymetra, aż po frakcje pyłaste. W niektórych przypadkach lokuje się odpady o ściśle określonym uziarnieniu, np. odpady poflotacyjne w warstwach uszczelniających. Na ogół najwięcej części palnych zawierają drobne frakcje odpadów, co nie oznacza, że automatycznie wzrasta zagrożenie pożarowe obiektu lokowania odpadów drobnoziarnistych, ponieważ struktura obiektu zbudowanego z frakcji drobnych nie sprzyja wnikaniu powietrza do jego wnętrza. Zagrożenie pożarowe wzrasta natomiast w przypadku lokowania odpadów w sposób umożliwiający naturalną segregację ziarnową odpadów, ponieważ w takim przypadku polepszają się warunki wnikania powietrza do obiektu.

Wilgotność odpadów nie jest czynnikiem obojętnym dla rozwoju procesów termicznych. Zawartość wody w odpadach (Sawicki 2004) powoduje destrukcję węgla prowadzącą do zwiększenia powierzchni adsorpcyjnej, co prowadzi do szybszego jego utleniania. Podobnej destrukcji podlegają inne niż węgiel składniki odpadów. Ponadto obecność wody wpływa na prędkość utleniania pirytu. Wilgotność odpadów może też hamować rozwój procesów

termicznych. Ma to miejsce wtedy kiedy ilość ciepła niezbędna do odparowania wilgoci przewyższa ilość ciepła wytworzonego w reakcji utleniania węgla i pirytu.

Zawartość substancji hamujących procesy utleniania, nazywanych antypirogenami lub inhibitorami utleniania węgla, takich jak: NaCl, związki wapnia, np.: CaCl_2 , Ca(OH)_2 , CaCO_3 , niektóre związki krzemu, glinu, żelaza, magnezu, a także sole amonowe, fosforany oraz odpady przemysłowe zawierające aminy, fenol i jego pochodne, może skutecznie ograniczać rozwój procesów termicznych. Obecność tych związków chemicznych w lokowanych odpadach obniża powinowactwo węgla w stosunku do tlenu, względnie że produkty rozkładu niektórych związków, np. wolny chlor, mają właściwości gaszące (Urbański 1983).

5.2.2. Czynniki związane z obiektem lokowania odpadów

Należą do nich: usytuowanie obiektu w stosunku do powierzchni terenu, kształt i wielkość obiektu, sposób lokowania odpadów i konstrukcja obiektu.

Ze względu na usytuowanie w stosunku do powierzchni terenu obiekty lokowania odpadów dzielą się na podziemowe, nadziemowe oraz podziemowo-nadziemowe. Obiektami zagrożonymi w małym stopniu pożarami są obiekty podziemowe, takie jak składowiska usytuowane poniżej powierzchni terenu, a także obiekty powstające w wyniku wypełniania terenu odpadami do rzędnych terenów otaczających oraz wypełniania odpadami wyrobisk odkrywkowych. Obiekty te charakteryzują się stosunkowo małą powierzchnią wnikania powietrza do wnętrza obiektu i są mało narażone na działanie wiatru i erozję. W większym stopniu zagrożone są nadziemowe obiekty lokowania odpadów, szczególnie obiekty o wysokości ponad 20 m w stosunku do otaczającego terenu (Urbański 1983).

Kształt nadziemowego obiektu lokowania odpadów nie jest obojętny dla rozwoju procesów termicznych. Obiekty o skarpach o dużym nachyleniu, szczególnie usytuowanych prostopadle do przeważających kierunków wiatru, są bardziej zagrożone pożarami niż obiekty o skarpach łagodnych. Zagrożenie pożarami zwiększa się wraz ze wzrostem wysokości obiektu. Już przy warstwie odpadów grubości powyżej 4 metrów ryzyko wystąpienia pożaru zwiększa się, przy czym rośnie ono wyraźnie przy grubości powyżej 10 metrów (Urbański 1983). Obiekty o wysokości ponad 20 metrów są szczególnie zagrożone pożarami. Natomiast obiekty o kształcie zapewniającym retencję wód deszczowych są mniej zagrożone pożarami niż obiekty nie spełniające tego warunku. Zapewnienie retencji wód deszczowych zwiększa wilgotność odpadów oraz przeciwdziała erozji powierzchni obiektu.

Kształt obiektu lokowania odpadów jest również istotny ze względu na warunki akumulacji ciepła. Obiekty duże (o objętości setek tysięcy m^3 i większej) o zwartej bryle, w których stosunek powierzchni do objętości ulokowanych odpadów jest mały, są obiektami dobrze akumulującymi ciepło. Nie bez znaczenia jest przy tym tempo lokowania odpadów w tego rodzaju obiektach. Wbudowywanie w krótkim okresie czasu znacznych ilości odpadów na małej powierzchni, w ilości kilku do kilkunastu tysięcy Mg dziennie (Tabor 1999), może uniemożliwić lub znacznie ograniczyć przebieg procesów wstępnego utleniania substancji węglowej. Jest to przyczyną zachowania dużego potencjału odpadów w zakresie ich skłonności do samozapalenia. W przypadku naruszenia stabilności lub konstrukcji utworzonych obiektów, nawet po znacznym upływie czasu, mogą powstać warunki sprzyjające rozwojowi procesów termicznych.

Sposób lokowania odpadów i konstrukcja obiektu mogą mieć zasadniczy wpływ na możliwość rozwoju procesów termicznych. Pomijając technologię najgorszą z punktu widzenia

możliwości rozwoju procesów termicznych, polegającą na usypywaniu stożków (stosowania tej technologii zakazano w Polsce w latach 60-tych ubiegłego wieku), najmniej korzystną technologią jest transport odpadów koleją i ich lokowanie z zastosowaniem tzw. frontów zwałowych. Rozładowane z wagonów odpady przemieszczane są za pomocą spycharek poza krawędź najczęściej stromej i wysokiej skarpy, co prowadzi do naturalnej segregacji ziarnowej oraz uniemożliwia prowadzenie bieżącego zagęszczania odpadów. Zabiegi z zakresu prewencji pożarowej można prowadzić najwcześniej dopiero po uformowaniu danego piętra obiektu. Drugi system lokowania odpadów, znany pod nazwą KTZ (koparka – taśmociąg - zwałowarka), rzadko stosowany przy zwałowaniu odpadów z górnictwa węgla kamiennego, umożliwia lokowanie dużych ilości odpadów warstwami. Nie zapewnia on jednak dostatecznego zagęszczenia i uszczelnienia odpadów. Obecnie najczęściej stosowanym jest system dowozu odpadów transportem samochodowym, co zapewnia pełną elastyczność w zakresie sposobu budowy i kształtu obiektu lokowania odpadów, a także wprowadzenie dowolnej metody prewencji pożarowej (Tabor 1995).

Właściwa konstrukcja obiektu lokowania odpadów powinna uwzględniać zasady prewencji pożarowej. Ze względu na możliwość rozwoju procesów termicznych istotnym jest dobranie właściwego kształtu bryły obiektu, eliminującego erozję skarp i zapewniającego retencję wód deszczowych, zapewnienie odpowiedniego zagęszczenia odpadów, przewarstwienia odpadów materiałami niepalnymi, względnie stosowanie materiałów uszczelniających.

6. Metody prewencji pożarowej w obiektach lokowania odpadów

Przyjmuje się (Tabor 1999), że zagrożenie pożarem endogenicznym obiektu zagospodarowania odpadów może wystąpić wtedy, kiedy równocześnie spełnione są następujące warunki:

- 1) odpady zawierają materiał palny w ilości niezbędnej do rozwoju procesów termicznych,
- 2) dopływ powietrza do wnętrza obiektu jest wystarczający do rozwoju i podtrzymania procesów utleniania/termicznych,
- 3) występują korzystne warunki akumulacji ciepła w obiekcie.

Zatem metody prewencji pożarowej polegają na ograniczeniu lub wyeliminowaniu co najmniej jednego z wyżej wymienionych warunków. Można to osiągnąć w wyniku zastosowania właściwych technologii lokowania odpadów oraz zapewniając odpowiednią konstrukcję obiektu. Z reguły możliwość eliminacji pierwszego warunku wystąpienia zagrożenia pożarowego obiektów zagospodarowania odpadów jest ograniczona, ponieważ zazwyczaj zawartość substancji węglowej w odpadach jest wystarczająca do rozwoju procesów termicznych i wystąpienia zagrożenia pożarowego. Wynika to z cech skał karbonu produktywnego i stanu techniki procesów przeróbki węgla. Tylko w wyjątkowych przypadkach, np. przy wykonywaniu niektórych robót udostępniających złoża kopaliny, odpady nie zawierają węgla lub zawartość węgla jest zbyt niska do rozwoju procesów termicznych. Dlatego metody prewencji pożarowej polegają przeważnie na ograniczaniu lub eliminacji drugiego i trzeciego warunku rozwoju zjawisk termicznych.

Metody ograniczania wnikania powietrza do obiektu lokowania odpadów polegają na:

- zagęszczaniu walcem wibracyjnym odpadów z bieżącej produkcji lub odpadów „sezonowanych” w określonym okresie czasu do osiągnięcia wskaźnika zagęszczenia rzędu 0,95 i współczynnika filtracji K rzędu 10^{-7} do 10^{-8} m/s,
- doszczelnianiu odpadów materiałami drobnoziarnistymi np. ilami, mułami, szlamami, odpadami poflotacyjnymi, popiołami z energetyki.

Doszczelnianie prowadzi się różnymi metodami, takimi jak:

- wspólne lokowanie odpadów węglowych i innych materiałów drobnoziarnistych, przez co uzyskuje się wypełnienie przestrzeni międzyziarnowych,
- przewarstwienie odpadów węglowych drobnoziarnistym materiałem inertnym,
- wprowadzanie do wnętrza obiektu wodnych zawieszin na bazie popiołów z energetyki, ewentualnie z różnymi dodatkami.

Zawiesziny popiołów z energetyki wprowadza się za pomocą rowów chłonnych lub przy użyciu iniekcji otworowej. Ta ostatnia technologia ma głównie zastosowanie przy likwidacji zagrożeń pożarowych na istniejących obiektach lokowania odpadów.

7. Ocena zagrożenia pożarowego obiektów lokowania odpadów

Zanim omówione zostaną kwestie dotyczące oceny zagrożenia pożarowego obiektów lokowania odpadów warto zaznaczyć, że technologie wzbogacania węgla kamiennego w polskich kopalniach nie zmieniły się zasadniczo w ostatnim 30-leciu. Oczekiwać zatem można, że nie zmieniła się również w istotny sposób jakość odpadów wydobywczych z tego sektora górnictwa, a tym samym, że nie stracił aktualności krajowy dorobek naukowo-techniczny z zakresu metod i technologii prewencji pożarowej. Stąd można przyjąć, że odpady wydobywcze z górnictwa węgla kamiennego mają na ogół skłonność do samozapalenia, a o tym, czy może wystąpić rozwój procesów termicznych prowadzących do pożaru, decydować mogą czynniki zidentyfikowane we wcześniejszych badaniach, niezależnie od formalnej kwalifikacji sposobu lokowania odpadów na powierzchni ziemi.

Jak już wcześniej wspomniano, w ostatnich latach tylko ok. 5% odpadów wydobywczych z górnictwa węgla kamiennego deponowana jest na składowiskach odpadów, natomiast pozostała ilość lokowana jest w różny sposób na powierzchni ziemi. Odpady te używane są:

- w budownictwie drogowym (jako warstwy konstrukcyjne korpusu dróg, nasypy, do robót pomocniczych) i hydrotechnicznym (wały przeciwpowodziowe),
- do wznoszenia różnego rodzaju budowli ziemnych,
- do rekultywacji różnego rodzaju terenów,
- wypełniania terenów niekorzystnie przekształconych.

Jeżeli proporcje pomiędzy ilością odpadów składowanych w obiektach unieszkodliwiania odpadów a ilością odpadów lokowanych w inny sposób na powierzchni ziemi utrzymywać się będą na podobnym poziomie, to wymóg zastosowania właściwej technologii i środków technicznych służących zapobieganiu powstawania pożarów w obiektach unieszkodliwiania odpadów wydobywczych dotyczyć będzie tylko niewielkiej części odpadów wytworzonych w górnictwie węgla kamiennego. Wobec tego można oczekiwać, że obiekty unieszkodliwiania tego rodzaju odpadów będą budowane i eksploatowane w sposób uwzględniający stosowanie metod i technologii prewencji pożarowej, a zatem że ryzyko wystąpienia pożarów w takiego rodzaju obiektach będzie niskie.

A w jakim stopniu zagrożone mogą być inne obiekty lokowania odpadów? Odpowiedź na to pytanie może być różna.

W przypadku stosowania odpadów w budownictwie drogowym i hydrotechnicznym, zdaniem autorów referatu, ryzyko wystąpienia pożaru endogenicznego jest niskie. Po pierwsze w robotach tego rodzaju stosuje się określone frakcje odpadów, nie zawierające innych niż węgiel materiałów palnych. Po drugie kształt tego rodzaju obiektów (obiekty liniowe w formie nasypów o wysokości kilku-, kilkunastu metrów) nie stwarza dogodnych warunków do akumulacji ciepła. Ponadto w budownictwie drogowym i hydrotechnicznym wymagany jest

wysoki stopień zagęszczenia wbudowywanych materiałów, co utrudnia wnikanie powietrza do budowli. Dodatkowo odpady wydobywcze stosowane w budownictwie hydrotechnicznym są przed ich wbudowaniem „sezonowane”, co z jednej strony umożliwia wstępne utlenienie substancji węglowej, z drugiej zaś strony prowadzi do destrukcji ziarnowej materiałów umożliwiającej uzyskanie odpowiednio niskiego współczynnika filtracji korpusu wałów. W sumie są to obiekty o dostatecznym stopniu zagęszczenia materiału ze względu na spełnienie wymogów prewencji pożarowej.

W przypadku wykorzystywania odpadów do wznoszenia tzw. budowli ziemnych, realizowanych na podstawie przepisów ustawy Prawo budowlane, ryzyko wystąpienia pożaru endogenicznego zależy będzie od ilości wykorzystywanych odpadów i tempa ich lokowania. Jak już wcześniej wspomniano, w niektórych przypadkach ilość wykorzystywanych odpadów i tempo ich lokowania nie różnią się od ilości i tempa lokowania odpadów w obiektach unieszkodliwiania odpadów wydobywczych. Wobec tego należałoby oczekiwać, że obiekty te powinny być projektowane i eksploatowane w sposób uwzględniający stosowanie metod i technologii prewencji pożarowej, chociaż wprost wymóg taki formalnie nie jest stawiany w przepisach dotyczących gospodarowania odpadami wydobywczymi (nie są to obiekty unieszkodliwiania odpadów wydobywczych!). W związku z tym można jedynie zakładać, że organ właściwy do zatwierdzenia projektu budowlanego i udzielenia pozwolenia na budowę uwzględni potrzebę zastosowania właściwych, ze względu na skłonność do samozapalenia stosowanych odpadów, metod i technologii prewencji pożarowej.

Największe ryzyko wystąpienia pożaru endogenicznego może wystąpić przy rekultywacji oraz wypełnianiu terenu z wykorzystaniem odpadów na dużą skalę. Jest to stosunkowo mało sformalizowany sposób postępowania. Brak jest np. podstaw do żądania opracowania i przedłożenia właściwemu w sprawach rekultywacji organowi projektu rekultywacji, który uwzględniłby rozwiązania chociażby w zakresie profilaktyki pożarowej. Rozwiązań takich nie można żądać na podstawie rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 21 marca 2006 r. w sprawie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów poza instalacjami i urządzeniami, które dopuszcza możliwość stosowania odpadów wydobywczych z górnictwa węgla kamiennego do rekultywacji i wypełniania terenu, ponieważ nie uwzględnia ono kwestii palności tego rodzaju odpadów. W konsekwencji tego wystąpił nawet przypadek, że po wejściu w życie przepisów ww. rozporządzenia podmiot prowadzący wypełnianie wyrobiska odkrywkowego miał problemy z dalszym stosowaniem sprawdzonej i skutecznej metody prewencji pożarowej, polegającej na mieszaniu odpadów z górnictwa węgla kamiennego z odpadami energetycznymi.

Trzeba również dodać, że problem zagrożenia pożarowego odnosi się również do obiektów, na których dawno zakończono lokowanie odpadów. Przykładem mogą być sytuacje, gdy w wyniku nieprawidłowych działań do zapalenia się obiektu doszło w momencie jego rozbiórki.

Na zakończenie podkreślić należy, że powyższa ocena odnosi się do zagrożeń pożarami endogenicznymi obiektów lokowania odpadów. Otwartą pozostaje kwestia zagrożeń pożarami egzogenicznymi takich obiektów. Inną kwestią wartą uwagi jest brak formalnych ograniczeń użytkowania terenów po zakończeniu lokowania odpadów. Jest to o tyle istotne, że obiekty lokowania odpadów z upływem lat stają się terenami użytkowymi w różny sposób. Wobec braku formalnych ograniczeń kwestie ewentualnego wystąpienia pożaru materiału tworzącego teren, wskutek niewłaściwego użytkowania terenu, mogą być pominięte chociażby z powodu nieświadomości użytkownika terenu, co może doprowadzić do wystąpienia pożaru.

8. Podsumowanie

Problem zagrożenia zjawiskami termicznymi dotyczy około połowy ilości odpadów wydobywczych wytwarzanych w kraju, tj. ok. 30 mln Mg odpadów wydobywczych z górnictwa węgla kamiennego, z których tylko ok. 5% deponowanych jest w obiektach unieszkodliwiania odpadów. Pozostała część odpadów pozostaje w środowisku w wyniku ich używania: do wznoszenia różnego rodzaju budowli ziemnych, w budownictwie drogowym i hydrotechnicznym oraz do rekultywacji i wypełnienia terenów niekorzystnie przekształconych.

Najnowsze regulacje prawne dotyczące odpadów wydobywczych dostrzegają problematykę zagrożeń wynikających z zawartości części palnych w odpadach wydobywczych z górnictwa węgla kamiennego. Należy jednak zauważyć, że wymóg podania w programie gospodarowania odpadami opisu technologii i środków technicznych służących zapobieganiu pożarom w obiektach unieszkodliwiania odpadów wydobywczych zawierających części palne, a także nałożenie na prowadzącego obiekt unieszkodliwiania odpadów wydobywczych obowiązku stosowania środków technicznych zapobiegających powstawaniu pożarów, dotyczy wyłącznie przypadków, kiedy formalnie odpady są składowane. Otwartym pozostaje pytanie, czy i na jakiej podstawie podobny wymóg może być postawiony w przypadku lokowania odpadów na powierzchni ziemi w sposób inny niż ich składowanie, co powszechnie jest stosowane w Polsce. Trudno w chwili obecnej przesądzić jakie znaczenie może mieć uszczegółowienie w decyzji Komisji Europejskiej Nr 2009/359/WE z dnia 30 kwietnia 2009 r. definicji odpadów obojętnych, poprzez dodanie, że do grupy odpadów obojętnych mogą być zaliczone odpady jeżeli nie grożą samozapaleniem i nie są palne.

Niepełne dane statystyczne wskazują, że w ostatnim dziesięcioleciu odnotowano co najmniej 21 przypadków pożarów obiektów lokowania odpadów wydobywczych z górnictwa węgla kamiennego. W zdecydowanej większości przypadków były to pożary składowisk powstałych w różnych latach, w tym także obiektów i terenów zrehabilitowanych. Przeważnie były to pożary endogeniczne, chociaż odnotowano również pożary egzogeniczne.

Wieloletnie doświadczenia krajowe wskazują, że odpady wydobywcze z górnictwa węgla kamiennego są zagrożone rozwojem procesów termicznych, ponieważ zawartość substancji węglowej jest dostateczna do rozwoju zjawisk termicznych. Rozwój zjawisk termicznych prowadzących do samozapalenia odpadów jest procesem złożonym, zależnym od wielu czynników. Są to czynniki związane ze składem i stanem odpadów, takie jak: skład petrograficzny, uziarnienie, wilgotność odpadów, struktura składników węglowych, zawartość substancji hamujących procesy utleniania, oraz czynniki związane z obiektem lokowania odpadów, wpływające na swobodę wnikania powietrza do wnętrza obiektu oraz na możliwość akumulacji ciepła w obiekcie.

Zagrożenie pożarem endogenicznym obiektu zagospodarowania odpadów może wystąpić wtedy, kiedy równocześnie spełnione są następujące warunki: odpady zawierają materiał palny w ilości niezbędnej do rozwoju procesów termicznych, dopływ powietrza do wnętrza obiektu jest wystarczający do rozwoju i podtrzymania procesów utleniania/termicznych, występują korzystne warunki akumulacji ciepła w obiekcie. Najczęściej metody prewencji pożarowej polegają na ograniczaniu wnikania powietrza do wnętrza obiektu lokowania odpadów, co osiąga się przez zagęszczanie odpadów lub ich doszczelnianie niepalnymi materiałami drobnoziarnistymi.

Zdaniem autorów referatu największe ryzyko wystąpienia pożaru endogenicznego może wystąpić przy rekultywacji oraz wypełnianiu terenu z wykorzystaniem odpadów na dużą skalę,

ponieważ jest to stosunkowo mało sformalizowany sposób postępowania z odpadami. W efekcie tego nie można wykluczyć, że lokowanie odpadów prowadzone będzie bez stosowania technologii z zakresu prewencji pożarowej. Najmniejsze ryzyko wystąpienia pożaru endogenicznego występuje w przypadku wykorzystanie odpadów w budownictwie drogowym i hydrotechnicznym ze względu na obowiązujące wymogi techniczne jakie powinny spełniać obiekty drogowe i hydrotechniczne pod względem zagęszczenia materiału wykorzystywanego do ich budowy oraz liniowy kształt wykonywanych obiektów.

Literatura

- [1]Chaber M. 2002: Rekultywacja składowisk odpadów powęglowych, jako element właściwej gospodarki odpadami. Wiadomości Górnicze 3/2002, 107-111
- [2]Raport w sprawie gospodarki odpadami wydobywczymi w 2008 r. Wyższy Urząd Górniczy. Katowice 2009 r. (praca niepublikowana)
- [3]Ochrona Środowiska. Główny Urząd Statystyczny. Warszawa 2009 r.
- [4]Ustawa z dnia 10 lipca 2008 r. o odpadach wydobywczymi, Dz. U. Nr 138, poz. 865 z późn. zm.
- [5]Dyrektywa 2006/21/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 marca 2006 roku w sprawie gospodarowania odpadami pochodzącymi z przemysłu wydobywczego oraz zmieniająca dyrektywę 2004/35/WE, Dziennik Urzędowy UE seria L Nr 102 z dnia 11.04.2006 r.
- [6]<http://zpzospwbochni.w.interia.pl>, materiały szkoleniowe Ogólnopolskiego Turnieju Wiedzy Pożarniczej
- [7][Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 21 marca 2006 r. w sprawie odzysku lub unieszkodliwiania odpadów poza instalacjami i urządzeniami. Dz. U. Nr 49, poz. 356.
- [8]Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Katowicach. (dane niepublikowane)
- [9]Spółka Restrukturyzacji Kopalń S.A. (dane niepublikowane)
- [10]Cebulak S., Smieja-Król B., Tabor A., Misz M., Jelonek I., Jelonek Z. 2005: Oksyreaktywna analiza termiczna (OTA) – dobra i tania metoda oceny samozapalności węgla na składowiskach – wstępne wyniki badań, Materiały konferencyjne LXXVI Zjazdu Naukowego Polskiego Towarzystwa Geologicznego, Warszawa, 135-138.
- [11]Kok A. 1981: Spontaneous heating of coal. KEMA report WSK/2780-55
- [12]Sawicki T. 2004:Samozapalenie węgla w zwale jako przyczyna pożarów, KARBO '2004, Nr 1, 56-59
- [13]Urbański H. 1983: Rekultywacja techniczna usypisk odpadów kopalnianych ze szczególnym uwzględnieniem zwalczania pożarów, SITG Zarząd Oddziału w Katowicach
- [14] www.foresight-ogwk.pl, 2009: raport: Badanie i diagnoza stanu obecnego rozwoju technologii w zakresie zagospodarowania odpadów w górnictwie.
- [15] Gabzdyl W. 1987: Petrografia węgla, skrypt uczelniany Politechniki Śląskiej, nr 1337
- [16] Ren T. X., Edwards J.S., Clarke D., 1999: Adiabatic oxidation study on the propensity of pulverized coals to spontaneous combustion, Fuel, vol. 78, 1611-1620.
- [17] Tabor A., 1999: Techniczno-ekologiczna problematyka składowania odpadów powęglowych, IV Konferencja Naukowo-Techniczna „Uwarunkowania w miejscowych planach zagospodarowania przestrzennego miast i gmin w Rybnickim Okręgu Węglowym”, Rybnik 1999.
- [18] Tabor A., 1995: Składowanie odpadów powęglowych jako problem techniczny i ekologiczny, Wiadomości Górnicze 6/95, 259-265
- [19] Małolepszy R. 2003: Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem, Pożarnik, nr 2/2003, 9-15.
- [20] J. Dulewski, B. Madej, 2006: Odpady wydobywcze – przewidywane zmiany prawne. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie 6(142)/2006, 5-8.
- [21] J. Dulewski, B. Madej, M. Waksmańska, 2008: Ustawa o odpadach wydobywczymi i jej wpływ na działalność górnictwa. Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie 12(172)/2008, 3-8.