

## SPOSOBY ZAPOBIEGANIA PYLENIU ZE SKŁADOWISK SUROWCÓW I ODPADÓW

Jan J. Hycnar<sup>1</sup>, Gabriel Borowski<sup>2</sup>, Bogdan Mikołajczyk<sup>3</sup>, Daria Kadlec<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ecocoal Consulting Center, ul. B. Krzywoustego 2/5, 40-870 Katowice, e-mail: ecocoalcenter@gmail.com

<sup>2</sup> Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Lubelska, ul. Nadbystrzycka 40B, 20-618 Lublin, e-mail: g.borowski@pollub.pl

<sup>3</sup> Energo-Eko-System, ul. Sokolska 65, 40-128 Katowice

### STRESZCZENIE

W artykule przedstawiano przegląd sposobów rozwiązywania problemu pylenia surowców i odpadów drobnoziarnistych gromadzonych na składowiskach. Specyficzne właściwości fizyko-chemiczne materiałów sypkich oraz niekorzystne warunki atmosferyczne są przyczyną uciążliwego zanieczyszczenia środowiska pyłami, stanowiąc zagrożenie dla zdrowia człowieka. Przedstawiono rodzaje materiałów będących potencjalnym źródłem zanieczyszczeń pyłowych. Omówiono sposoby eliminowania i ograniczania pylenia mas sypkich, często stosowane w przemyśle, robotach inżynieryjnych, gospodarce komunalnej oraz w sytuacjach awaryjnych. Pokazano przykłady rozwiązań krajowych i zagranicznych mających na celu przeciwdziałanie pyleniu oraz zabezpieczenie złoża odpadów przed erozją. W podsumowaniu stwierdzono, że istniejące techniki zabezpieczeń umożliwiają skuteczne zapobieganie pyleniu na terenach składowanych surowców i odpadów.

**Słowa kluczowe:** pylenie, składowisko odpadów, popioły

### METHODS OF DUST PREVENTION FROM LANDFILLS OF RAW MATERIALS AND WASTE

#### ABSTRACT

The article presents an overview of the solutions to the problem consisting in dusting of raw materials and fine-grained waste collected on landfills. The specific physicochemical properties of loose materials and unfavorable atmospheric conditions are responsible for the heavy pollution of the environment by dust, posing a threat to human health. The types of materials that are potential sources of dust pollution are presented. The methods of eliminating and limiting dustiness of loose powders, often used in industry, engineering, communal and emergency situations, are discussed. Examples of domestic and foreign solutions to prevent dusting and to protect the waste deposit from erosion are shown. In conclusion, the existing safety techniques have been found to be effective in preventing raw materials and waste from dusting.

**Keywords:** dusting, waste landfill, ashes

### WPROWADZENIE

Mimo, że już wiele lat temu opracowano i wdrożono techniki zabezpieczania materiałów sypkich przed pyleniem, to nadal notuje się przypadki dużego zapylenia terenów wokół składowisk odpadów drobnoziarnistych, zwłaszcza paleniskowych (rys. 1) [Maliszewski 2014, Rogowska 2016].

W naszym kraju zabezpieczenie przed pyleniem dokonano po raz pierwszy w 1972 roku na

wyłączonym z eksploatacji składowisku w Elektrowni Łaziska, z inicjatywy ówczesnego wojewody, gen. J. Ziętka [Hycnar, Szczygielski 2013]. Kolejne zabezpieczenie składowiska przed pyleniem zrealizowano w Elektrowni Jaworzno II. W następnych latach sukcesywnie wprowadzono zabezpieczanie składowisk, z rekordem rocznym wynoszącym 320 ha składowisk odpadów ze spalania węgla kamiennego przy wykorzystaniu dwóch śmigłowców.



Rys. 1. Zapylenie terenu na skutek silnego wiatru  
Fig. 1. Pollution area due to strong wind

Istniejące technologie zabezpieczeń składowisk przed pyleniem były systematycznie rozwijane w zakresie:

- doboru środków ograniczających pylenie materiałów sypkich,
- opracowania sposobów preparowania pyłów do postaci niepylącej,
- opracowania sposobów rozpylania środków adhezyjnych na powierzchnię składowiska,
- opracowania sposobów zabezpieczenia pyłów i popiołów na składowiskach z wykorzystaniem procesów biologicznych (zazielenianie, rekultywacja),
- opracowania sposobów stabilizacji powierzchni pyłących.

Pojawiły się także nowe technologie przeciwdziałania pyleniu składowisk rozwijane we współpracy z Akademią Rolniczą w Krakowie, Instytutem Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach, Instytutem Warzywnictwa w Skierńewicach, Biurem Projektowym Poltegor we Wrocławiu oraz Instytutem Transportu Samochodowego w Warszawie. Wobec wzrastających wymagań w zakresie ochrony środowiska, technologie te powinny być nadal rozwijane i wdrażane.

Celem artykułu jest przegląd sposobów zapobiegania pyleniu drobnoziarnistych materiałów sypkich gromadzonych na składowiskach jako surowce i odpady przemysłowe.

## RODZAJE MATERIAŁÓW STANOWIĄCYCH ZAGROŻENIE PYLENIA

We współczesnych elektrowniach opalanych paliwami stałymi potencjalne problemy związane z zanieczyszczeniami pyłowymi powstają na skutek występowania następujących surowców i materiałów odpadowych:

- węgla i odpadów węglowych (muły węglowe, odpady poflotacyjne) – to potencjalne źródło nie tylko pylenia, ale również emisji  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  i  $\text{H}_2$ , które mogą również zanieczyszczać wody i gleby;
- młynowych odpadów węglowych – pomimo, że występują w małych ilościach mogą być bardzo niebezpieczne dla środowiska. W latach 80-tych, w kilku elektrowniach, wydzielano odpady zawierające duże ilości pirytów, ulegające samozagrzewowi i emisji dużych ilości  $\text{SO}_2$ , silnie zatrujące wody i sąsiadujący drzewostan. Wprowadzenie odsiarczania węgla w kopalniach wpłynęło na zmiany składu i właściwości tych odpadów, które oprócz węgla, zawierają kawałki skały płonnej i zanieczyszczenia mechaniczne oraz mają właściwości podobne do niskokalorycznego węgla;
- biomasy – oprócz ryzyka pylenia, może stanowić zagrożenie wybuchem tworzącego się metanu na skutek procesów rozkładu, a także zagrożenie biologiczne;

- związków wapnia (wapień, wapno palone) – w zależności od uziarnienia są potencjalnie dużym źródłem pylenia;
- odpadów paleniskowych (popioły lotne, żużle) – mają bardzo różnorodne właściwości i ich oddziaływanie na środowisko jest nieprzewidywalne. Problem stanowi również wymywalność siarczanów, chlorków i innych związków, które mogą zanieczyszczać wody i gleby;
- produktów odsiarczania spalin (produkty po-reakcyjne, rea-gips) – stanowią źródło zarówno pylenia, jak i zanieczyszczenia wód i gleb w skutek łatwej wymywalności siarczanów i chlorków.

Zanieczyszczenia pyłowe powstają ponadto na składowiskach odpadów zawierających:

- sorbenty rtęci,
- węglan wapnia w wyniku zagospodarowania CO<sub>2</sub>.

Wymienione surowce i odpady mogą negatywnie oddziaływać na środowisko podczas ich transportu, magazynowania oraz składowania. Ograniczenie pylenia wymaga często stosowania złożonych technologii. Stosunkowa mała skuteczność rozwiązywaniu tych problemów wynika z liberalnego stosunku zarówno gospodarzy obiektów przemysłowych, jak i władz terenowych, którzy posługują się sloganem w postaci „pylenie ze składowisk ma charakter okresowy i występuje szczególnie w czasie wietrznej i suchej pogody”.

Oprócz zjawiska pylenia, w wielu wypadkach występuje ponadto zmniejszenie jakości składowanych materiałów, szczególnie przy składowaniu niezabezpieczonych zwalów węgla.

## ZAPOBIEGANIE PYLENIU

Pylenie materiałów sypkich jest problemem ogólnościowym. W zależności od miejscowych warunków hydrogeologicznych i klimatycznych oraz rodzaju prowadzonej działalności gospodarczej, wdrażane są różne rozwiązania techniczne i organizacyjne zapobiegania pyleniu, począwszy od etapu uruchomienia, podczas eksploatacji i kończąc na wyłączeniu z eksploatacji przedsiębiorstwa.

Sposoby eliminowania i ograniczania pylenia materiałów sypkich (surowców i odpadów), można podzielić na [Hyncar i Szczygielski 2013, Hyncar 2001, Żak 1989, Hyncar 1987]:

- przetwarzanie pyłów do postaci niepylącej,
- techniczne eliminowanie lub ograniczenie pylenia,
- zabezpieczenie materiałów sypkich przed pyleniem.

Niektóre z tych metod służą nie tylko do przeciwdziałania pyleniu materiałów sypkich, ale również do bezpiecznego transportu lub do wykorzystania w procesach technologicznych [Longo 2015].

### Przetwarzanie pyłów do postaci niepylącej

W praktyce przemysłowej materiały sypkie często poddawane są przeróbce polegającej na:

- usunięciu lub zmniejszeniu udziału frakcji pyjących w materiałach oraz wzbogacenie materiałów w składniki wiążące (odsiewanie, mieszanie z materiałami neutralnymi, selektywny odbiór);
- tworzeniu układów tiksotropowych z udziałem fazy ciekłej (suspensje popiołowo-wodne), tzw. emulgaty typu: „Paste and thickened tailing”, „Deep Cone Paste” oraz „Deep Cone Thickener”;
- aglomerowaniu drobnych ziaren w zwarte konglomeraty z udziałem wody i ewentualnie spoiw (granulowanie i brykietowanie);
- spiekaniu termicznym (kruszywa spiekane);
- wiązaniu materiałów za pomocą spoiw w bloki i wylewki (m.in. do stabilizacji wałów przeciwpowodziowych i brzegów morskich oraz do rewitalizacji terenów zdegradowanych).

Stosowanie wymienionych metod wymaga znajomości właściwości fizycznych oraz składu chemicznego rozpatrywanego materiału (odpadu) z uwzględnienia zmian tych właściwości w funkcji czasu. Wybór odpowiedniego zabezpieczenia przed pyleniem jest szczególnie istotny w przypadku składowania odpadów ze spalania węgla i innych paliw oraz odpadów powstałych z oczyszczania spalin. Część z tych odpadów po przetworzeniu do postaci niepylącej, może być przeznaczona do ponownego wykorzystania jako produkty [Borowski 2016].

### Eliminowanie lub ograniczenie pylenia

Do zabezpieczenia dużych ilości materiałów sypkich przed pyleniem stosowane są również następujące rozwiązania techniczne:

- hermetyzacja magazynów (zbiorniki czasowe, silosy);

- izolacja materiałów od środowiska (elastyczne powłoki, zatopienie w wodzie);
- ekranowanie składowisk i zbiorników materiałów (ekrany, mury, zielone pasy krzewów i drzew).

Na rozpowszechnienie tych rozwiązań duży wpływ wywarły kolejne nowelizacje przepisów ochrony środowiska. Coraz powszechniejsze jest stosowanie na terenie elektrowni zadaszonych zbiorników do magazynowania biomasy, węgla i wapieni. W niektórych kopalniach węgla kamiennego stosowane są ściany ekranowe.

### Zabezpieczenie materiałów przed pyleniem

Wszędzie tam, gdzie występuje problemu pylenia ze względu na częste wymiany składowanych surowców i odpadów, a także gdzie mogą wystąpić awarie i nadzwyczajne zdarzenia atmosferyczne, stosuje się doraźne metody przeciwdziałania pyleniu. Wśród tych metod można wyróżnić:

- nawilżanie materiałów (hydrofilnych – wodą, hydrofobowych – substancjami olejowymi),
- adhezyjne wiązanie ziaren łatwo ulegających erozji,
- tworzenie powłok napowierzchniowych,
- nanoszenie warstw materiałów nie pyjących.

Metody te należą do często stosowanych w przemyśle, robotach inżynierskich, gospodarce komunalnej oraz w stanach awaryjnych (burze pyłowe/piaskowe i deszczowe, powodzie, wypadki komunikacyjne, ochrona winorośli i innych roślin przed zanieczyszczeniem pyłami). Niestety, większość tych sposobów chroni materiały okresowo i w sposób nietrwały, wymagają powtarzania i uzupełniania. Do ich zalet zalicza się możliwość powiązania zabezpieczenia przed pyleniem danego składowiska z procesem zazielenienia, rekultywacji i rewaloryzacji biologicznej.

### TECHNIKI KRAJOWE PRZECIWDZIAŁANIA PYLENIU

W krajowej energetyce i przemyśle surowcowym istnieją rozwiązania technologii przeciwdziałania pyleniu paliw sypkich, wapieni, rud oraz substancji odpadowych. Problem polega na tym, że rozwiązania te nie dotyczą większej grupy obiektów oraz nie zawsze są one dopracowane i właściwie prowadzone. Często

zatem dochodzi do sytuacji awaryjnych, wtedy stosowane są doraźnie środki błonotwórcze likwidujące źródła pylenia.

Do przeciwdziałania pyleniu popiołów lotnych w jednej z krajowych elektrowni spalającej węgiel brunatny stosowano mieszanie i wspólne składowanie pyłów z nadkładem w wyrobiskach górniczych, a także stosowano aglomerowanie popiołów w granulatorach i następane mieszanie granulatu z nadkładem. W innej elektrowni, wytwarzającej popioły rodzaju wapniowego na potrzeby rolnictwa, stosowano ich granulowanie dla zmniejszenia strat materiałowych przy ich rozsiewaniu [Norma zakładowa 1977].

Skutecznym rozwiązaniem jest składowanie popiołów lotnych z żużlem jako suspensje popiołowo-wodne (emulgat) [Kopczyński i in. 1986, Słowiński 2003]. Technikę tą stosowano w Elektrowni Łagisza, w Elektrowni Łaziska oraz częściowo w Elektrowni Opolo. Zlikwidowano pylenie popiołu oraz uzyskano złoża popiołowe odporne na erozję wodną i wietrzną. Metoda ta jest skuteczna, ale wymaga przestrzegania podstawowych warunków tworzenia układów upakowanych, charakteryzujących się właściwościami tiksotropowymi. Nieznajomość tych zasad, prowadzi do złego upakowania złoża bez jego zeskalania (lub z dużym opróżnieniem) oraz następuje wydzielanie się wody nadmiarowej. Suspensje popiołowo-wodne stosowane są w górnictwie węgla kamiennego, jednak często powstające nadmiary wody są wiązane za pomocą cementu.

W elektrowniach, kopalniach i terminalach przeładunkowych duże zwalę węgla składowane są sześć miesięcy i dłużej. Stosowanym sposobem niedopuszczenia pyleniu jest ciągle zagęszczanie oraz izolowanie mułami węglowymi. Istniejąca tendencja zwiększania ilości i czasu magazynowania węgla w elektrowniach wymaga stosowania doraźnych środków izolacyjnych i błonotwórczych, których skuteczność potwierdzono w próbach przemysłowych [Bereś i in. 1994, Hycnar 1983].

Najbardziej rozpowszechnionymi w kraju sposobami zabezpieczenia przed pyleniem składowisk popiołów lotnych są:

- nawilżanie korony obwałowań i utrzymywanie zwierciadła wody na złożu składowiska poprzez sieć zraszaczy; skuteczność rozwiązania zależy od ilości rozpylanej wody oraz pory zraszania (rys. 2). Utrzymywanie odpowiedniego poziomu wody na złożu składowiska jest skuteczne, ale kłopotliwe i często ryzykowne ze względu na awarie.



**Rys. 2.** Zraszanie skarpy czołowej w KWK Turów  
**Fig. 2.** Sprinkling of front slope at KWK Turów

- nanoszenie powłok izolacyjnych lub błonotwórczych na powierzchnię składowiska popiołów. Środkami izolacyjnymi są żużel, piasek, torf. Jako powłoki błonotwórcze stosowano emulsje wodno-asfaltowe, roztwory żywicy i klejów fenolowych (które były trujące), emulsje mocznikowe, melaminowe, akrylowe i inne. Postęp techniczny przynosi nowe rodzaje środków błonotwórczych, lecz dużym ograniczeniem jest pozyskanie odpowiedniego sprzętu rozpylającego, umożliwiającego uzyskanie błony izolacyjnej o właściwej gęstości i trwałości.

Wymienione sposoby w większości stanowią okresową ochronę materiału sypkiego przed pyleniem. Inny sposób zabezpieczenia przed pyleniem oraz erozją wodną i wietrzną polega na odpowiednim zagospodarowaniu re-a-gipsu. Wykonane próby brykietowania re-a-gipsu potwierdziły trwałość uzyskanych brykietów w różnych warunkach atmosferycznych podczas trzyletniego okresu testów [Hycnar i in. 2015].

## ROZWIĄZANIA ZAGRANICZNE PRZECIWDZIAŁANIA PYLENIU

Rozwiązania stosowane za granicą również mają na celu przeciwdziałanie pyleniu oraz uodpornienie złoża na wszelkiego rodzaju erozję. Do składowania paliw rozpowszechniane jest stosowanie sferycznych (czasowych) zbiorni-

ków lekkiej konstrukcji. W brytyjskiej elektrowni Drax zbudowano do przechowywania paliw dwa zbiorniki o średnicy 63 m i wysokości 52,3 m (rys. 3). Podobnie w amerykańskiej elektrociepłowni ADM Clinton składa się drobnoziarnisty węgiel w zbiorniku czasowym (rys. 4).

Od wielu lat stosowane jest zabezpieczenie przed pyleniem za pomocą gęstej pulpy w przypadku składowania odpadów ze wzbogacania rud metali i minerałów, w mniejszym stopniu do składowania odpadów powęglowych [Eimco 2002, Meggyes i Debreczeni 2006, Fourie 2012]. Przykładowe rozwiązania stosowania izolacji w postaci pulpy i pasty pokazano na ilustracjach (rys. 5).

Pierwszą instalacją wysoko zagęszczoną pulpy zbudowano na Florydzie (USA) w 2003 roku w elektrowni Jacksonville dla transportu i składowania popiołów fluidalnych. Zastosowany system Circumix DSS, został zrealizowany na obiektach o mocy 6000 MW<sub>e</sub> deponując przeszło 60 mln ton popiołów.

Zabezpieczenie składowiska popiołów przed pyleniem w postaci zagęszczonej pulpy w Elektrowni Mátra na Węgrzech rozpoczęto w 1992 roku, a od 2000 roku do pulpy dodawano zawieszinę re-a-gipsu (rys. 6). Składowisko uformowano z pulpy, która sporządzana jest na stanowisku oddalonym o około 9,7 km. Pulpa o zawartości wody 50% ulega zestaleniu w czasie od 24 do 72 godzin. Jedna warstwa ułożona na składowisku zawiera materiał z jednego roku eksploatacji instalacji [GEA, 2015].



Rys. 3. Zbiornik na paliwo sypkie w elektrowni Drax, Wielka Brytania  
Fig. 3. Loose fuel tank in Drax Power Station, Great Britain



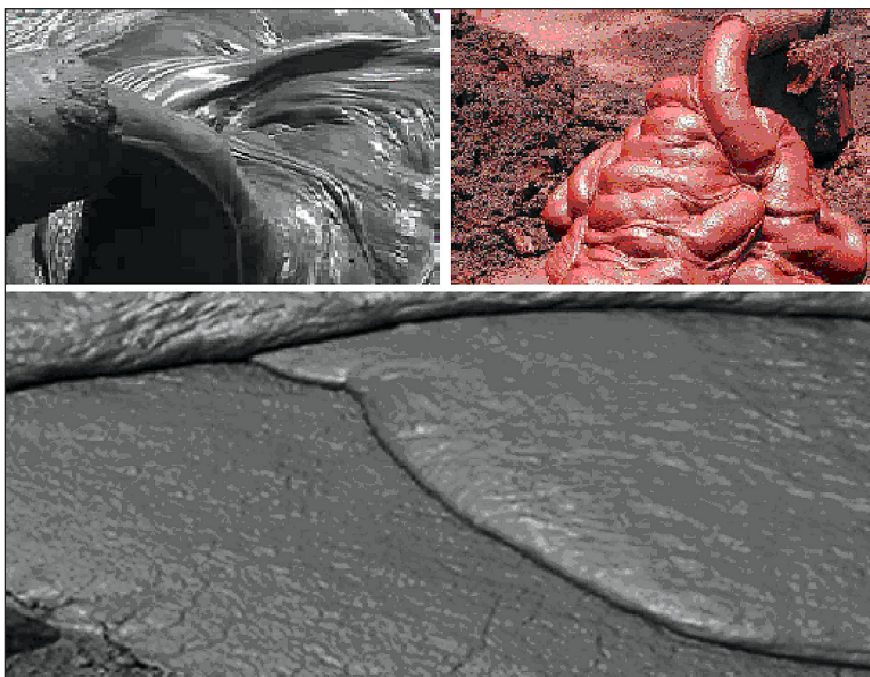
Rys. 4. Zbiornik czaszowy w ADM Clinton Cogeneration Plant, USA  
Fig. 4. Bowl tank in ADM Clinton Cogeneration Plant, USA

Na rozpowszechnienie techniki zagęszczonoj pulpy do zabezpieczania popiołów przed pyleniem przyczynili się specjaliści węgierscy, projektując i budując w USA instalację deponowania popiołów fluidalnych [Goodrich i Charhut 2003], a także na Węgrzech instalację mieszaniny popiołów lotnych z zawiesinami re-a-gipsu [Pakzadeh i in. 2015].

W Polsce również opracowano i wdrożono technologię gęstej pulpy (emulgatu), która stosowana jest do zabezpieczenia przed pyleniem transportowanych i składowanych popiołów lotnych i żużli [Kopczyński i in. 1986].

## PODSUMOWANIE

Pylenie materiałów sypkich, zarówno surowców, jak i odpadów przemysłowych stanowi zagrożenie dla organizmów żywych oraz środowiska naturalnego. Problem pylenia występuje nie tylko w naszym kraju, ale ma rozmiar ogólnoświatowy. W zależności od obowiązujących przepisów prawa, świadomości inwestorów i eksploatorów oraz ich umiejętności zawodowych, stosowane są różne sposoby ograniczenia pylenia w poszczególnych etapach procesu wytwórczego – produkcji, składowaniu, załadunku i transportu materiałów sypkich. Najskuteczniejszym spo-



**Rys. 5.** Przykłady zabezpieczenia odpadów przed pyleniem za pomocą gęstej pulpy [Eimco 2002, Meggyes i Debreczeni 2006, Fourie 2012]

**Fig. 5.** Examples of waste protection against dusting with dense pulp



**Rys. 6.** Składowisko popiołów uformowane z pulpy w Elektrowni Mátra, Węgry

**Fig. 6.** Landfill site formed from pulp in Mátra Power Plant, Hungary

sobem przeciwdziałania pyleniu jest stosowanie zabezpieczenia powierzchni składowiska za pomocą zagęszczonej pulpy lub pasty. W przypadku okresowej ochrony przed pyleniem skuteczne jest nawilżanie złoża za pomocą zraszaczy lub nanoszenie powłok izolacyjnych i błonotwórczych na powierzchnię składowiska.

Przedstawione w pracy informacje oraz przykłady rozwiązań krajowych i zagranicznych wskazują na możliwość skutecznego zapobiegania pyleniu składowanych surowców i odpadów.

## LITERATURA

1. Bereś J., Chowaniec J., Deja S., Hycnar J., Kałuża J. 1994. Przeciwdziałanie samozagrzewem węgla i odpadów węglowych. Materiały XII Międzynarodowego Kongresu Przeróbki Węgla. Kraków, 23–27 maja 1994.
2. Borowski G. 2016. Próby granulowania odpadów pyłu węgla do wykorzystania w hutnictwie. Inżynieria Ekologiczna, nr 49, 112–116.
3. Eimco 2002. Deep Cone Paste Thickener. FL Smith.

4. Fourie A.B. 2012. Perceived and realized benefits of paste and thickened tailings for surface deposition. *Journal of the Southern African of Mining and Metallurgy*, November.
5. GEA, 2015. Circumix ash handling technology with HX-Factor.
6. Goodrich W.G., Charhut D.E. 2003. High concentrated slurry system for fluidized bed boiler ash disposal. *Proceedings of Power-Gen International*, 9–11 December 2003.
7. Hycnar J. 1983. Utilization of crushed wastes in coal fired power plant. *Proceedings of Symposium on the Utilization of Waste from Coal Mining and Preparation*. UN-ECE Tatabany, Hungary, 17–22 October 1983.
8. Hycnar J.J., Szczygielski T. 2013. Zabezpieczenie materiałów sypkich i drobnoziarnistych przed erozją wietrzną i pyleniem. *Powder and Bulk, styczeń-luty*.
9. Hycnar J.J., Borowski G., Józefiak T., Malec A. 2015. Granulowanie i brykietowanie stałych produktów odsiarczania spalin. *Inżynieria Ekologiczna*, nr 45, 51–58.
10. Hycnar J.J. 1987. Sposoby przeciwdziałania pyleniu popiołów elektrowniowych. *Ochrona Powietrza*, nr 3.
11. Hycnar J.J. 2001. Zasady przeciwdziałania pyleniu materiałów pylastych w czasie ich transportu i składowania. *Karbo*, nr 1.
12. Kopczyński J., Guziorowski J., Kmiecik J. i in. 1986. Sposób sporządzania zawiesiny popiołów w wodzie oraz układ urządzeń do wytwarzania i transportu rurowego tej zawiesiny. Patent nr 134265.
13. Longo S. 2015. Paste and ash systems: Case studies. *Proceedings of World of Coal Ash Conference in Nashville*, 5–7 May 2015.
14. Maliszewski G. 2014. Mieszkańcy gminy Kleszczów skarżą się na pylenie ze składowiska Lubień. Najgorzej bywa, gdy jest sucho i wietrznie. *Portal informacyjny NaszeMiasto.pl*, 24.06.2014.
15. Meggyes T., Debreczeni A. 2006. Paste technology for tailings management. *Land Contamination*, nr 14.
16. Norma zakładowa ZN-77: Popiół lotny z węgla brunatnego jako nawóz wapniowy. *Zjednoczenie Przemysłu Węgla Brunatnego i Elektrowni*, 13.04.1977.
17. Pakzadeh B., Zbacnik R., Timmons D. 2015. Developing a fast, preliminary process design for Wer FDG CCO Systems. *Power Engineering*, nr 12.
18. Rogowska K. 2016. Uciążliwe pyły. *Portal informacyjny ebelchatow.pl*, 12.07.2016.
19. Słowiński R. 2003. Nowy układ odpopielania Elektrowni Pątnów. *Wokół Energetyki*, sierpień.
20. Żak M. 1989. Przyczyny i sposoby przeciwdziałaniu pyleniu wtórnemu popiołów lotnych na składowiskach. *Materiały II Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy ochrony środowiska przy wytwarzaniu energii elektrycznej i ciepłej”*. Bielsko-Biała, 6–7 września 1989.