

Jacek KORSKI  
Kompania Węglowa SA, Katowice

## TERMOWIZJA W MONITORINGU I ZWALCZANIU POŻARÓW SKŁADOWISK ODPADÓW POGÓRNICZYCH

**Streszczenie.** Zastosowanie kamer termowizyjnych do monitoringu aktywności termicznej składowisk odpadów technologicznych z kopalń węgla kamiennego może ułatwić i obniżyć związane z tym koszty. W artykule wskazano na możliwości i ograniczenia metody oraz praktyczne możliwości jej wykorzystania. W porównaniu z innymi metodami badań aktywności termicznej, termowizja stwarza nowe możliwości, jednak pod warunkiem prawidłowego jej wykorzystania, z uwzględnieniem jej wad i ograniczeń.

## THERMOVISION IN MONITORING AND COAL WASTE DUMP FIRES EXTINGUISHING

**Summary.** Thermovision used in thermal activity monitoring of coal mine waste dumps are an instrument for simplification and costs decreasing. In article described potential chances limitations of thermovision in waste dumps monitoring. A comparison of different methods of thermal activity monitoring shown us new possibilities, but with some limitations.

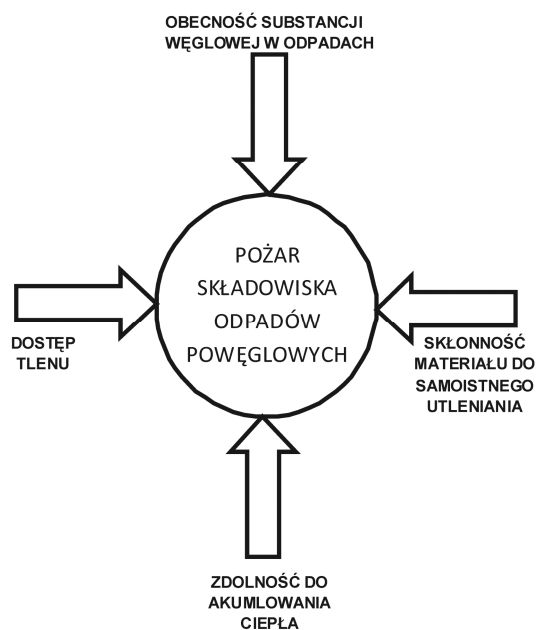
### 1. Wprowadzenie

Pożary składowisk odpadów z kopalń węgla kamiennego znane są od chwili podjęcia przemysłowego wydobycia i wzbogacania węgla kamiennego. Wcześniej minimalizowano ilość powstających odpadów. Inna była także struktura ziarnowa pozyskiwanego węgla kamiennego. Głównym produktem handlowym był tzw. węgiel gruby, czyli węgiel o uziarnieniu powyżej 25 – 30 mm. Drobniejsze frakcje oraz zanieczyszczenia (w tym przerosty) pozostawiano pod ziemią. Wzrost wydobycia i wspomniane wcześniej zastosowanie przemysłowych metod wydobycia sprawiły, iż oczyszczanie urobku węglowego z zanieczyszczeń następowało jako ostatni element procesu technologicznego – już na powierzchni kopalni. Odpady procesowe zaczęto lokować na składowiskach odpadów powęglowych. W ujęciu historycznym początki budowy dużych składowisk odpadów powęglowych to druga połowa XIX wieku, ale ich intensywny rozwój to początki XX w.

(czyli rozbudowa kopalń węgla kamiennego). Niemal od początku pojawiły się pożary składowisk odpadów pogórnich, zwanych potocznie z języka niemieckiego hałdami. Pożary składowisk odpadów powęglowych, w przeciwieństwie do pożarów podziemnych w kopalniach węgla kamiennego, były traktowane jako uciążliwe, ale nieistotne. Nie wpływały na poziom produkcji i wyniki ekonomiczne działalności kopalni. Negatywne skutki istnienia hałd (składowisk odpadów powęglowych) w postaci zszpecenia krajobrazu czy zanieczyszczenia wód oraz ich zapożarowanie przez wiele lat były pomijane. Rosnąca wiedza o niepożądanych skutkach składowania odpadów powęglowych doprowadziła do wprowadzenia uregulowań prawnych zobowiązujących przedsiębiorstwa górnicze do zmniejszania skutków oddziaływania składowisk odpadów powęglowych na środowisko. Prawne uregulowania, w tym internalizacja zewnętrznych dotychczas kosztów składowania odpadów powęglowych, i zagrożenia wywołane urbanizacją terenów górniczych spowodowały podjęcie działań na rzecz zwalczania zapożarowania istniejących składowisk odpadów powęglowych i wprowadzenia profilaktyki przeciwpożarowej [3].

## 2. Pożary składowisk odpadów powęglowych – przyczyny

W sposób naturalny, ze względu na występowanie w odpadach powęglowych węgla kamiennego i pirytu, do rozważań przeniesiono wiedzę oraz teorie dotyczące przyczyn i metod zwalczania pożarów podziemnych [4, 5].



Rys. 1. Czynniki konieczne do zaistnienia pożaru składowiska odpadów powęglowych  
Fig. 1. Coal waste dump fires necessary factors

Wieloletnie obserwacje i analizy wskazały jednak, że na procesy powstawania i przebiegu pożarów składowisk odpadów powęglowych istotny wpływ mają czynniki niewystępujące w podziemnych kopalniach węgla. Na rys. 1 pokazano czynniki konieczne do zaistnienia pożaru składowiska odpadów powęglowych.

Istnieją także czynniki zwiększające prawdopodobieństwo wystąpienia pożaru składowiska odpadów powęglowych, które schematycznie pokazano na rys. 2.



Rys. 2. Czynniki zwiększające możliwość powstania pożaru składowiska odpadów pogórniczych  
Fig. 2. Waste dump fire possibility increasing factors

Podkreślenia wymaga informacja, że z różnych przyczyn zagrożenie pożarowe na składowiskach odpadów powęglowych dotyczy nie tylko nowo budowanych, ale i starych, pozornie nieaktywnych termicznie składowisk [2, 3]. Zagadnienie to nabiera szczególnego znaczenia wobec dynamicznego procesu zmian ukształtowania terenów pogórniczych związanych z nowymi inwestycjami, w tym komunikacyjnymi.

### 3. Termowizja jako narzędzie

Ze względu na znaczne kubatury i powierzchnie współczesnych składowisk odpadów powęglowych, istotnego znaczenia nabierają metody pozwalające na przybliżoną ocenę stanu termicznego składowiska. Obniża to pracochłonność i koszty monitoringu. W przypadku stwierdzenia występowania nietypowych zmian lub różnic na powierzchni składowiska, uszczegółowia się badania przez wykonanie pomiarów temperatury i składu gazów w bryle składowiska. Obserwacyjne metody kontroli stanu termicznego składowiska odpadów powęglowych realizowane są w trakcie oględzin/obchodów składowiska. Wśród istotnych

zmian [6], świadczących o rozwijającej się aktywności termicznej składowiska, należy wymienić:

- ❖ nadmierny, lokalny rozwój szaty roślinnej wskutek wydłużenia sezonu wegetacyjnego,
- ❖ przesychnanie lub obumieranie lokalne roślinności,
- ❖ pojawianie się wytopień śniegu w sezonie zimowym,
- ❖ występowanie obserwowalnych objawów wprost świadczących o rozwijającej się aktywności termicznej.

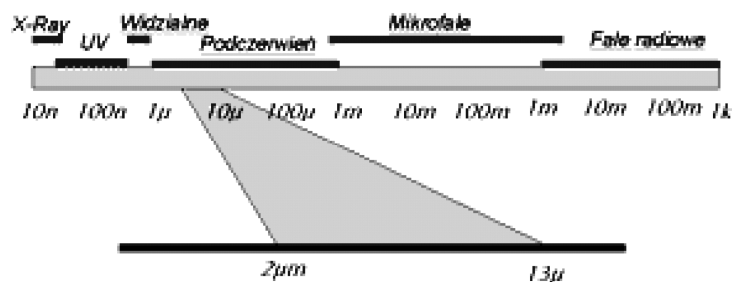
Obchody składowisk odpadów powęglowych w sytuacji ich zapożarowania wymagają zachowania szczególnej ostrożności, ponieważ pod pozornie nietkniętą powierzchnią mogą występować pustki stwarzające zagrożenie dla obserwatorów. Obchody składowiska w takiej sytuacji wymagają asekuracji i co najmniej dwóch osób. Zastosowanie zdalnej obserwacji termowizyjnej, mimo pewnych ograniczeń, eliminuje ograniczenia, wady i zagrożenia wymienionych wyżej metod zgrubnej obserwacji stanu termicznego składowiska odpadów powęglowych.

### 3.1. Teoretyczne podstawy termowizji

Zastosowanie termowizji do oceny stanu termicznego składowisk odpadów powęglowych wynika z następujących podstaw teoretycznych [7]:

- widmo elektromagnetyczne jest podzielone na wiele obszarów długości fal, które rozróżniane są przez metody wykorzystywane do detekcji promieniowania,
- nie ma zasadniczej różnicy pomiędzy promieniowaniem w różnych pasmach widma elektromagnetycznego. Wszystkie one podlegają tym samym prawom, a jedyna różnica polega na długości fali,
- mierząc promieniowanie podczerwone wysyłane przez dane ciało, mierzymy jego temperaturę.

Badania termowizyjne polegają na mierzeniu emitowanych fal elektromagnetycznych przez ciała o temperaturze powyższy zera bezwzględnego. Promieniowanie to nazywane jest promieniowaniem podczerwonym lub promieniowaniem cieplnym. Intensywność promieniowania cieplnego jest proporcjonalna do temperatury ciała.



Rys. 3. Widma elektromagnetyczne  
Fig. 3. Part of electromagnetic spectrum

Zakres podczerwieni jest często dzielony na cztery mniejsze zakresy, których granice są umownie określone. Zawierają one:

- „bliską podczerwień” (0,75 – 3μm),
- „średnią podczerwień” (3 – 6μm),
- „daleką podczerwień” (6 – 15μm),
- „bardzo daleką podczerwień” (15 – 100μm).

Aby móc wykorzystać emisję promieniowania podczerwonego w pomiarach obiektów rzeczywistych należy wprowadzić model o idealnych właściwościach promieniowania – **ciało doskonale czarne**. U podstaw działania termowizji leży prawo Stefana-Boltzmann:

$$E_0 = k \cdot T^4,$$

gdzie:  $k$  – stała Boltzmann  $1,380\ 658 \cdot 10^{-23} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$

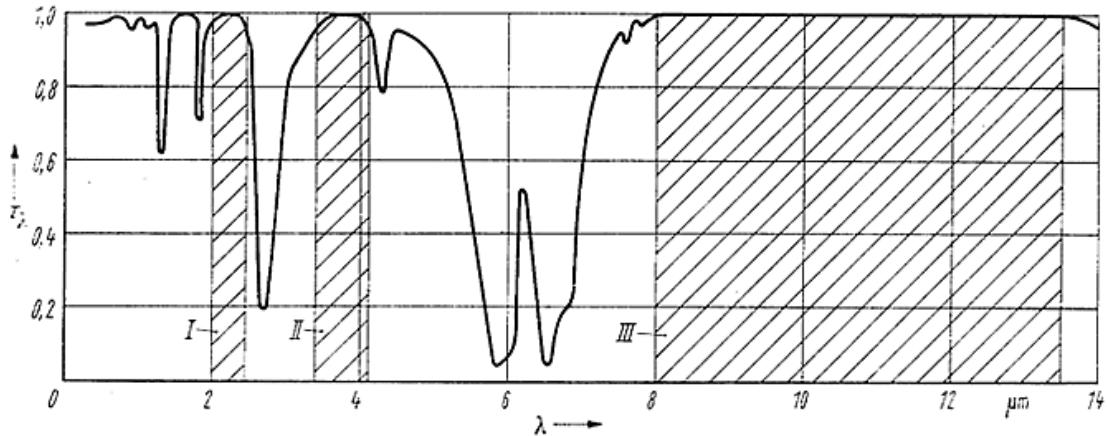
Rzeczywiste obiekty mniej lub bardziej odbiegają od tego modelu i dlatego przy pomiarach należy uwzględnić tę odchyłkę przez wprowadzenie **współczynnika emisyjności**:

$$k_0 = e \cdot k.$$

Jego wartość określa możliwość wysyłania promieniowania podczerwonego przez dane ciało. Emisyjność dla ciała doskonale czarnego byłaby jednością, a dla ciał rzeczywistych zależy od ich składu chemicznego oraz sposobu wykończenia powierzchni. Należy pamiętać, że bezpośrednie porównywanie temperatur na termogramie jest możliwe tylko dla tych samych materiałów. Jeżeli są one różne, to temperatury należy przeliczyć.

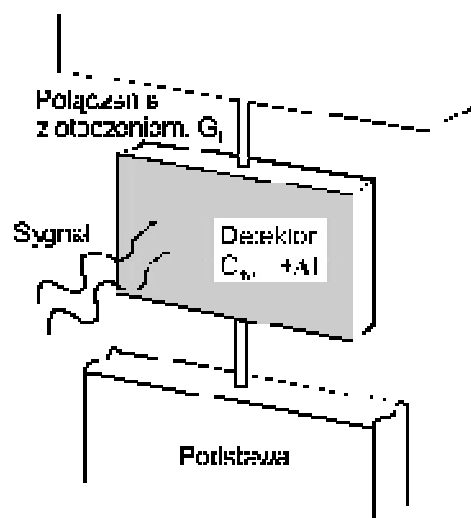
Promieniowanie podczerwone musi przebyć pewną drogę od obiektu do urządzenia pomiarowego przez pewien ośrodek. Najczęściej jest to powietrze, którego optyczne właściwości podczerwone mogą wpływać na otrzymywany wynik. Szczególnie para wodna lub dwutlenek węgla mogą zmniejszać zdolność przepuszczania promieniowania podczerwonego.

Przepuszczalność powietrza zależy w bardzo dużym stopniu od długości fali. Obszary o wysokim tłumieniu przenikają się z obszarami o dużej przepuszczalności, tzw. oknami atmosferycznymi. W związku z tym, że promieniowanie podczerwone jest w większości zakresów znacznie tłumione w atmosferze Ziemi, producenci systemów termowizyjnych wybrali dwa przedziały, w których to tłumienie jest nieznaczne ( $3 - 5 \mu\text{m}$  oraz  $8 - 14 \mu\text{m}$ ).



Rys. 4. Spektralny współczynnik transmisyjności powietrza (10 m, 25°C, 1013 mbar, 85% r.F.)  
Fig. 4. Air spectral transparency coefficient (10 m, 25°C, 1013 mbar, 85% r.F.)

W detektorach termicznych padające promieniowanie jest absorbowane w materiale, co powoduje podniesienie temperatury elementu fotocełego. Sygnał wyjściowy detektora jest wywołany zmianą pewnej właściwości materiału zależnej od temperatury. W przypadku detektorów piroelektrycznych jest to zmiana wewnętrznej polaryzacji elektrycznej, zaś w bolometrach jest to zmiana rezystancji.



Rys. 5. Detektor termiczny 2007  
Fig. 5. Thermal detector

Do osiągnięcia wysokiej rozdzielczości obrazów konieczne jest stosowanie detektorów wieloelementowych – dużych mozaik liniowych i matryc dwuwymiarowych.

W detektorach fotonowych padające promieniowanie jest absorbowane na skutek oddziaływania fotonów z elektronami. Sygnał detektora jest wywołany zmianą rozkładu energii nośników. Detektory fotonowe wykazują selektywną zależność czułości od długości fali padającego promieniowania i w porównaniu z detektorami termicznymi charakteryzują się wyższymi czułościami i krótszymi czasami odpowiedzi.

Aby uzyskać wysoką wykrywalność, należy detektor konstruować z materiału półprzewodnikowego, o wysokim współczynniku absorpcji i niskiej generacji termicznej nośników. Wśród detektorów podczerwieni powyższe warunki najlepiej spełnia roztwór stały tellurku rtęci (HgTe) i tellurku kadmu (CdTe), oznaczany jako HgCdTe.

Konstrukcję detektora fotonowego projektuje się w ten sposób, aby jego aktywna część była „utopiona” w materiale o szerszej przerwie energetycznej. W ten sposób eliminuje się wpływ kontaktów elektrycznych i powierzchni detektora na jego osiągi. Ponadto, stosuje się koncentratory optyczne dla zwiększenia wydajności kwantowej.

Niezawodność pracy układów „widzenia termalnego” ulega wyraźnej poprawie, jeżeli dysponujemy detektorami pracującymi w kilku zakresach widmowych. Znacznej poprawie ulega prawdopodobieństwo wykrycia, rozróżnienia i identyfikacji obiektu.

Systemy analizujące obraz w dwóch różnych zakresach widmowych, umożliwiają określenie zarówno bezwzględnej temperatury, jak i specyficzne cechy obiektu.

Obserwację termowizyjną stanu termicznego składowiska odpadów powęglowych zastosowano w praktyce w Polsce i Chińskiej Republice Ludowej.

#### **4. Zastosowanie termowizji do badań aktywności termicznej składowisk odpadów powęglowych**

Badania termowizyjne obejmują pomiar i zobrazowanie promieniowania podczerwonego pochodzącego z badanego obiektu. Kamera umożliwia cyfrową rejestrację rozkładu temperatur badanego obiektu. Tak powstała „mapa temperatur” jest następnie interpretowana graficznie – każdej temperaturze przypisywana jest inna barwa, dzięki czemu w wizjerze widziany jest termalny obraz obiektu. Ponadto, możliwa jest analiza termogramów, np. wykreślanie izoterm, określanie rozkładu temperatur wzdłuż dowolnego profilu, tworzenie histogramów, pobieranie danych z termogramu bezpośrednio do wykonywania obliczeń.

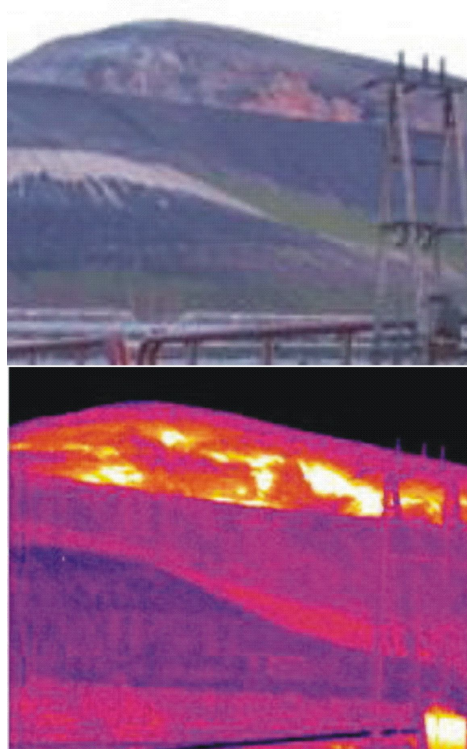
Prawidłowy pomiar termowizyjny wymaga przy obserwacji aktywności termicznej składowisk odpadów powęglowych spełnienia kilku warunków:

- należy wyeliminować wpływ nasłonecznienia – najlepiej by pomiar był wykonywany przed wschodem słońca, po wyrównaniu temperatury wskutek nasłonecznienia,
- w celu wyeliminowania skutków obniżenia temperatury wskutek parowania wody, należy obserwacji dokonywać po kilku dniach bez opadów,
- w fazie samozagrzewania początki odparowania niektórych węglowodorów mogą zniekształcić wyniki pomiarów.

Badania temperatury składowisk odpadów powęglowych metodą termowizyjną pozwalają na obniżenie kosztów monitoringu i oceny stopnia aktywności termicznej składowiska.

#### 4.1. Praktyczne zastosowanie termowizji w procesie zwalczania pożaru składowiska odpadów powęglowych

W Polsce zastosowano kamerę termowizyjną w procesie gaszenia składowiska odpadów powęglowych „Skalny” w Łaziskach Górnych. Kamerę wykorzystano do poszukiwania niedogaszonych ognisk pożarowych pod koniec 2003 roku. Na rys. 6 pokazano przykładowe zdjęcie tego samego obszaru w paśmie „termicznym” i widzialnym.



Rys. 6. Zdjęcia składowiska „Skalny” w paśmie widzialnym (u góry) i cieplnym (u dołu)  
Fig. 6. Waste dump „Skalny” – Visual and thermal picture



Pierwsze obserwacje kamerą termowizyjną i weryfikacja wyników za pomocą wspomnianej wyżej metody pomiarów temperatury i składu chemicznego gazów w bryle składowiska pozwoliły na udoskonalenie metodologii pomiarów wykorzystywanych wtedy do lokalizowania istniejących ognisk pożarowych i podejmowanych działań gaśniczych. Dopracowanie metody i zgromadzone doświadczenie pozwoliły na wdrożenie metody obserwacji kamerą termowizyjną jako narzędzia monitoringu termicznego ugaszonego i zrehabilitowanego składowiska odpadów. Należy podkreślić, że proces gaszenia i rekultywacji składowiska odpadów pogórnicznych „Skalny” realizowany był pod rządami innych niż obecnie uregulowań prawnych i w związku z tym mniej restrykcyjne są wymagania dotyczące monitorowania tego składowiska. Zastosowanie kamery termowizyjnej, jako stałej metody oceny stanu termicznego składowiska odpadów powęglowych, było pierwszą taką aplikacją w polskim górnictwie węglowym i prawdopodobnie w praktyce światowego górnictwa węglowego. Zastosowanie tej metody w istotny sposób obniżyło pracochłonność i koszty monitoringu składowiska.

#### **4.2. Ograniczenia**

Na podstawie własnych doświadczeń [7] i analizy wyników pierwszych zdjęć termowizyjnych opracowano metodologiczne zasady wykonywania zdjęć termowizyjnych. Celem przyjętej metodyki było uzyskanie wysokiej dokładności pomiarów dostępnym sprzętem i wyeliminowanie odchyłeń oraz błędów obserwacji przez wyeliminowanie czynników powodujących szumy i zniekształcenia. Do czynników powodujących zniekształcenia można zaliczyć:

- Intensywne parowanie z powierzchni składowiska, ponieważ ciepło odbierane przez odparowanie powoduje chwilowe, miejscowe obniżenie temperatury. Biorąc pod uwagę, że w procesie samozagrzewania odpadów powęglowych pojawia się faza parowania produktów utleniania i samozagrzewania, można wskazać, że miejsca, których obraz termiczny wskazuje na temperaturę niższą od temperatury otoczenia, powinien być także szczegółowo badany. Nie należy wykonywać zdjęć termowizyjnych składowiska bezpośrednio po opadach atmosferycznych, nawet niewielkich.
- Różnice w barwie poszczególnych miejsc składowiska powodują, że mogą one różnie nagrzewać się w warunkach silnego nasłonecznienia. Różna też będzie intensywność wypromieniowywania nagromadzonego ciepła. Nagrzewanie przez

słońce można wyeliminować przez wykonywanie zdjęć tuż po brzasku (ze względu na konieczność równoczesnego wykonywania zdjęć w paśmie widzialnym). Ta pora jest zalecana także ze względu na to, że w godzinach nocnych następuje wyrównanie temperatury powierzchni składowiska uprzednio nagrzanej przez słońce. Ze względu na występujące różnice w pokrywie roślinnej, wystąpienie kontrastu termicznego na zdjęciach wykonywanych kamerą termowizyjną powinno być konfrontowane przez porównywanie ich ze zdjęciami wykonywanymi w paśmie widzialnym oraz z oględzinami miejsc budzących wątpliwość.

- Biologiczna rekultywacja składowiska odpadów powęglowych powoduje stopniowe narastanie roślinności – w tym przypadku pożądane jest wykonywanie zdjęć termowizyjnych możliwie pionowo, dla zredukowania pozornej grubości szaty roślinnej. Regularne prowadzenie zabiegów agrotechnicznych, w tym wykaszanie roślinności, ułatwia prowadzenie obserwacji na poziomie punktów zlokalizowanych na poziomie terenu i redukuje błędy pomiarowe.

#### **4.3. Doskonalenie metody**

Przy zastosowaniu obserwacji kamerą termowizyjną w procesie gaszenia i monitoring wygaszonego składowiska „Skalny” przyjęto, że zdjęcia wykonywane będą z ustalonych i stałych punktów obserwacji, we wczesnych godzinach porannych, przed okresem intensywnego operowania promieni słonecznych i co najmniej kilka dni po ostatnich opadach atmosferycznych. W okresie wegetacyjnym roślin zalecane jest wykonywanie zdjęć po przykoszeniu roślinności, będącym jednym z elementów prac pielęgnacyjnych na składowisku.

### **5. Możliwości rozwoju termowizyjnego monitoringu aktywności składowisk odpadów powęglowych**

Jedną z istotnych wad obserwacji termowizyjnej nadpoziomowych składowisk odpadów pogórnicznych jest niemożność zapewnienia powtarzalności obserwacji oraz możliwość zdalnego wglądu w całą powierzchnię składowiska. W przypadku składowisk o dużej powierzchni i znacznym przewyższeniu ponad otaczający teren, powoduje to istotne utrudnienia i brak pełnego pokrycia powierzchni składowiska obserwacją termowizyjną. Wykonywanie obserwacji ze statków powietrznych stanowiłoby rozwiązanie problemu, ale

w przypadku samolotów czy śmigłowców byłoby kosztowne, a emisja ciepła z napędów w istotny sposób mogłaby zniekształcić wyniki pomiaru. Jednak już od kilkunastu lat znane są bezpilotowe statki powietrzne, a miniaturyzacja urządzeń i zastosowanie GPS powodują, że możliwe staje się uzyskanie tanich, stosunkowo dokładnych obserwacji o dużej powtarzalności.

Bezzałogowy mini samolot przeznaczony jest do przekazywania na ziemię obrazu w czasie rzeczywistym oraz wykonywania zdjęć z powietrza. Coraz częściej znajdują one zastosowania cywilne w służbach granicznych, w policji, w służbach do walki z klęskami żywiołowymi (pożary lasów, powodzie), w inspekcji dróg, linii przesyłowych, rurociągów itp. Prace nad samolotami bezzałogowymi krajowej produkcji zostały już podjęte, również w ramach projektów badawczych, przez ośrodki akademickie cywilne i wojskowe.

Zarejestrowane termogramy na pokładzie samolotu mogą być rejestrowane w postaci cyfrowej i gromadzone w pamięci komputera lub przesyłane do stacji naziemnej drogą radiową. Pozyskany termalny obraz rastrowy bywa zaszumiany, stąd wymaga on wstępnej analizy i selekcji termogramów oraz filtracji, a także skalowania. Wykorzystanie tej metody wymaga specjalistycznego oprogramowania dla zbierania i przetwarzania danych w czasie rzeczywistym oraz doświadczenia w zakresie analizy i rozpoznawania obrazów. Zastosowanie obrazowania terenu z pułapu lotniczego ma ogromne znaczenie dla czasu niezbędnego do wykonywania zdjęć aktywności termicznej rozległych składowisk odpadów. W przypadku aktywnych termicznie składowisk, istotny jest też fakt ochrony próbobiorców przed zagrożeniami wynikającymi z możliwości kontaktu z podwyższoną temperaturą powierzchni składowiska czy gazami pożarowymi. Pierwsze próby bezpilotowego samolotu z kamerą termowizyjną przeprowadzono nad składowiskiem „Skalny” w Łaziskach Górnych jesienią 2009 roku.

## 6. Wnioski

Rosnące wymagania w zakresie monitoringu składowisk odpadów, a w przypadku składowisk odpadów powęglowych także badań aktywności termicznej, wymagają poszukiwania metod przyspieszających pomiar oraz zmniejszających pracochłonność i inne koszty pomiaru. Ważne jest także poprawne archiwizowanie wyników obserwacji i pomiarów. Dobrze zaprojektowane oprogramowanie komputerowe pozwala, w przypadku dużej powtarzalności warunków pomiaru, na uzyskanie szybkiej analizy porównawczej. Skraca to czas reakcji na pojawiające się objawy zagrzewania i umożliwia przerwanie procesu

rozwoju pożaru zanim się rozwinie. Na podstawie wyników praktycznych zastosowań i ich analizy można wskazać, że:

1. Zastosowanie termowizji w procesach monitoringu i zwalczania pożarów składowisk odpadów powęglowych (pogórnicznych) stwarza nowe perspektywy i skraca czas reakcji na zmiany aktywności termicznej.
2. Nadal istnieją możliwości rozwoju termowizyjnego monitoringu składowisk odpadów powęglowych.
3. Niezbędne jest gromadzenie doświadczeń i doskonalenie metody.

Artykuł powstał w ramach realizacji grantu – projektu badawczego N524 372934 (Umowa nr 3729/B/T02/2008/34)

## BIBLIOGRAFIA

1. Chmura K., Chudek M.: Geotermomechanika górnicza. Suplement, Księgarnia nakładowa, Katowice 1998.
2. Chmura K.: Własności fizykotermiczne skał niektórych polskich zagłębi węglowych. Wydawnictwo „Śląsk”, Katowice 1970.
3. Gumińska E., Róžański Z.: Analiza aktywności termicznej śląskich składowisk odpadów powęglowych. „Karbo”, nr 1, 2005 s. 53-58.
4. Korski J., Hensłok P., Bodynek P.: Doświadczenia z likwidacji zapożarowania składowiska odpadów powęglowych „Skalny” w Łaziskach Górnych. Konferencja Naukowa „Górnictwo zrównoważonego rozwoju 2004”, Gliwice, 19 listopada 2004.
5. Korski J., Hensłok P., Friede R.: Uwagi o przyczynach powstawania pożarów składowisk odpadów górnicznych, zwalczaniu pożarów i profilaktyce przeciwpożarowej. Referat wygłoszony na seminarium Instytutu Mechaniki Górotworu Polskiej Akademii Nauk, Kraków, 3 lutego 2005.
6. Korski J.: Metody badań składowisk nowopowstałych i zapożarowanych. Praca wykonana w ramach projektu badawczego własnego (nr rejestracyjny N N524 372934): Badania aerologiczne i termiczne składowisk odpadów kopalnianych celem prognozowania rozwoju ognisk samozagrzewania oraz możliwości ich likwidacji. AGH, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Katedra Ekologii Terenów Przemysłowych, Kraków 2008 (praca niepublikowana).
7. Korski J.: Metodyka wykonywania zdjęć aktywności termicznej i likwidacji zapożarowania składowiska „Skalny” odpadów powęglowych. Praca wykonana w ramach projektu badawczego własnego (nr rejestracyjny N N524 372934): Badania aerologiczne i termiczne składowisk odpadów kopalnianych celem prognozowania rozwoju ognisk samozagrzewania oraz możliwości ich likwidacji. AGH, Wydział Górnictwa i Geoinżynierii, Katedra Ekologii Terenów Przemysłowych, Kraków 2008 (praca niepublikowana).
8. Korski J.: Ocena skuteczności technologii gaszenia składowiska odpadów powęglowych „Ruda” w świetle badań terenowych. Kwartalnik „Górnictwo i Geologia”, t. 4, z. 2B, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009, s. 87-98.

Recenzent: Dr hab. inż. Stanisław Nawrat, prof. nzw. AGH

### **Abstract**

In article are presented possibilities of thermovision in case of coal waste dumps fires extinguishing or thermal activity of those dumps. Traditional and known methods of temperature measuring near dump surface connected with gases analysis are very labor – intensive, and sometimes very dangerous because of high temperature, toxic gases and post fire caverns. Well – known other rough methods of thermal status assessment need a lot of time. Those methods need meticulous, experienced workers as a result of great areas of dump surface. Thermovision implementation let us decrease costs and time of assessment. In case of firing coal waste dumps thermovision is reducing occupational hazard for crew carry out assessment. Technical and science advance opened chance for implementation remote (radio) – controlled airplanes for coal waste dumps thermal activity monitoring.