

Ocena toksyczności mieszanin gazowych z okolic szybu SG-2 KGHM Polska Miedź S.A. w aspekcie uciążliwości zapachowej dla lokalnej społeczności

Evaluation of toxicity of gaseous mixtures emitted by KGHM POLSKA MIEDŹ S.A. SG-2 exhaust shaft in the aspect of odour problem for local community



Dr Cezary Bachowski^{)}*



*Dr hab. inż. Anna Janicka, prof. nadzw. PWR^{**)}*



Mgr Janusz Piątkowski^{)}*



*Dr inż. Maria Skrętowicz^{**)}*



*Dr inż. Maciej Zawisłak^{**)}*

Treść: Zgłaszany przez mieszkańców gminy Jerzmanowa problem uciążliwości zapachowej w okolicach szybu SG-2 budzi zaniepokojenie zgłaszających, nie tylko w aspekcie wpływu emitowanych gazów na jakość środowiska, ale przede wszystkim w zakresie potencjalnie niekorzystnego wpływu na zdrowie. W artykule przedstawiono wyniki pracy badawczej realizowanej przez Politechnikę Wrocławską na zlecenie KGHM, której celem było wykonanie oceny toksyczności mieszanin gazowych z okolicy szybu SG2 w korelacji z określeniem stężenia zapachowego, subiektywnymi odczuciami mieszkańców gminy Jerzmanowa oraz badaniami modelowymi. Na podstawie przeprowadzonej pracy stwierdzono, że stopień toksyczności gazów emitowanych z szybu SG2 (w testach in vitro, metodą BAT-CELL®) określa się od słabego i umiarkowanego (w przypadku referencyjnej linii komórkowej nabłonka płuc ludzkich A549) po średni (w przypadku referencyjnej linii komórkowej tkanki podskórnej myszy L929), co może wskazywać na większe powinowactwo gazów w stosunku do negatywnego wpływu na skórę niż na drogi oddechowe) oraz, że emitowane gazy z szybu SG2 nie wykazują charakteru toksycznego w imisji, w przypadku obu linii komórkowych, w badanych punktach zidentyfikowanych jako najbardziej narażone na działanie gazów pochodzących z emitora.

Abstract: The reported odour problem in Jerzmanowa district, where SG-2 exhaust shaft is located, concerns local citizens especially in the health aspect. The paper presents the results of the researches, provided by Wrocław University of Technology for KGHM POLSKA MIEDŹ S.A., which are aimed at the evaluation of the gaseous mixture toxicity in emission (SG-2 shaft) and immision (Jerzmanowa district area) in correlation with the measured odours intensity, subjective feelings of local citizens and emitted substances distribution. The researches results indicate that toxicity level of gaseous mixtures emitted directly from the SG-2 shaft (based on In vitro tests delivered thanks to innovative BAT-CELL® method) ranges from low (A549 – standard human lung cells line) to medium (L929 – standard mouse skin cells line). What is important – the mixture of gases in immision (area of Jerzmanowa district) is not toxic in any tested location, despite the fact that citizens feelings indicated that the odour problem exists.

^{*)} KGHM Polska Miedź S.A. ^{**)} Politechnika Wroclawska, Wrocław

Słowa kluczowe:

problemy odorowe w górnictwie, toksyczność mieszanin gazowych, rozprzestrzenianie zanieczyszczeń, siarkowodor, lotne związki organiczne (LZO)

Key words:

odour problems in mining industry, gaseous mixtures toxicity, pollution distribution, sewer gas, volatile organic compounds (VOCs)

1. Wprowadzenie

Eksploracja złóż surowców mineralnych praktycznie od początku istnienia przemysłu wydobywczego związana jest nieodłącznie z problemem ochrony środowiska naturalnego, jak i zdrowia i życia człowieka. Minimalizację negatywnych oddziaływań kopalni na środowisko lokalne determinuje obecnie nie tylko aspekt prawny, ale również polityczny i społeczny.

Podnoszony przez okolicznych mieszkańców problem uciążliwości zapachowej w okolicach szybu SG-2, którego właścicielem jest KGHM Polska Miedź S.A., budzi zaniepokojenie zgłaszających nie tylko w aspekcie wpływu emitowanych gazów na jakość środowiska, ale przede wszystkim w zakresie potencjalnie niekorzystnego wpływu na zdrowie.

Dla wielu substancji lotnych progi wyczuwalności zapachowej są znacznie niższe od wartości dopuszczalnych lub odniesienia w powietrzu, dlatego też ich wyczuwalność poza terenem zakładu nie oznacza przekroczeń obowiązujących norm zanieczyszczeń powietrza. Jak wynika z danych dotyczących charakterystyki emitora SG-2, normy w tym przypadku nie są przekraczane, co jednak, w obliczu wyczuwalnej działalności Zakładu, nie uspokaja okolicznych mieszkańców.

Wpływ emitowanej mieszaniny gazów na zdrowie człowieka mogą potwierdzić lub wykluczyć jedynie badania jej rzeczywistej toksyczności, a szacowanie toksyczności mieszanin jest problemem trudnym i póki co słabo rozpoznany. W aspekcie oddziaływania na zdrowie człowieka istotna jest nie tylko wiedza na temat składu ilościowego substancji, ale również proporcji w jakich występują w stosunku do siebie. Występowanie w mieszaninie kilku substancji o znanej charakterystyce toksykologicznej może w efekcie prowadzić do występowania zjawiska synergizmu addytywnego, lub też odwrotnie – niwelować negatywne oddziaływanie pewnych składników na zdrowie ludzkie.

Najpowszechniej stosowaną miarą są współczynniki toksyczności równoważnej oparte o dostępne badania eksperymentalne w sposób bezpośredni lub pośredni (poprzez normy prawne np. stężenia dopuszczalne). Miara ta jest jednak względna i zależy zarówno od związku przyjętego za odnośnik, jak i od zmieniających się często przepisów prawnych. Może również być oparta o różne, niekiedy sprzeczne ze sobą wyniki eksperymentów. Nie należy zapominać również o tym, że toksyczność mieszaniny substancji w tej mierze określana jest jako suma współczynników obliczonych dla pojedynczych związków. Metoda nie uwzględnia zatem ewentualnego oddziaływania na siebie poszczególnych związków obecnych w mieszaninie (potęgującego, kumulującego czy znoszącego wzajemnie swoje działanie toksyczne).

W celu otrzymania pełniejszego i bardziej rzeczywistego obrazu toksycznego działania mieszaniny gazów na organizm ludzki, oprócz współczynników toksyczności równoważnej, zasadne jest bezpośrednie badanie cytotoxyczności komórkowej rzeczywistych gazów oddziałujących na organizm człowieka. Jedynym dostępnym obecnie narzędziem badawczym w tym kierunku, jest opatentowana, innowacyjna metoda BAT-CELL®, powstała we współpracy Politechniki Wrocławskiej z Polską Akademią Nauk. Do badań wykorzystuje się specjalnie zaprojektowane urządzenie, a testy wykonywane są na liniach komórek nabłonkowych płuc ludzkich, gdyż drogi oddechowe

człowieka są najbardziej narażone na kontakt ze związkami obecnymi w mieszaninie gazów.

2. Geologiczne uwarunkowania obecności substancji odorotwórczych w mieszaninie gazów emitowanych z szybu SG-2

Ponad 50-letnia eksploatacja, przez KGHM Polska Miedź S.A., złóż rud miedzi na monoklinie przedsudeckiej, prowadzona jest po upadzie warstw złożowych, w kierunku północno-wschodnim. Od września 2010 r. w Oddziale ZG Polkowice-Sieroszowice obserwowane są znaczące wystąpienia siarkowodoru. Gaz ten ujawnił się w oddziale G-62 w otworze badawczym, w anhydrytach dolnych, na wysokości około 15 m powyżej stropu skał węglanowych Ca1. Badania próbek gazu wykazały zawartość do 30% (objętościowo) H₂S. Jak dotychczas występowanie siarkowodoru w wyrobiskach górniczych ma charakter lokalny i stwierdzone zostało jedynie w oddziałach G-62 oraz G-63 (Kijewski i in. 2012). Od dawna było wiadomym, że roboty górnicze będą zbliżać się do udokumentowanych złóż węglowodorów: Niechlów, Grochowice, Kulów, Dębina, Szlichtyngowa, Lipowiec, Żuchłów, Aleksandrówka. W złożach gazu ziemnego powszechnie występuje azot (nawet powyżej 50% objętości), natomiast emanacje siarkowodoru z górotworu, w zaistniałej skali, były dla przedsiębiorcy górniczego zaskoczeniem.

Zjawisko to ma bardzo istotne znaczenie dla realizowanego przez przedsiębiorcę górniczego modelu procesu eksploatacji nakierowanego na minimalizację uciążliwości związanych z wydobyciem kopaliny. Zarząd Polskiej Miedzi i merytoryczne służby koncernu prowadzą, z pomocą specjalistycznych jednostek zaplecza naukowego i technicznego, szeroko zakrojony program badań i prac koncepcyjnych zmierzających do ograniczenia zaistniałego problemu odorowego.

Wykonano szereg analiz dotyczących wykształcenia facjalnego i strukturalnego profilu litostratygraficznego, pod kątem akumulacji i migracji siarkowodoru w obrębie serii złożowej rud miedzi i skał nadzłożowych. Badania nakierowane były w głównej mierze na określenie genezy pochodzenia i lokalizację nagromadzeń siarkowodoru w górotworze (Burliga, Czechowski 2010). Podstawę badań stanowiły rdzenie pozyskane z otworów wiertniczych rozmieszczonych w obrębie oddziałów G-62 i G-63 kopalni „Polkowice-Sieroszowice” i w ich sąsiedztwie. Przejawy występowania siarkowodoru udokumentowano w poszczególnych otworach w anhydrycie dolnym, w zasięgu od kilku do około 30 metrów nad stropem wyrobisk górniczych, powyżej granicy dolomit-anhydryt oraz w jednym otworze w soli kamiennej. Nie stwierdzono przejawów obecności siarkowodoru w obrębie dolomitu (Burliga, Czechowski 2010).

Najintensywniejszą emanację H₂S zaobserwowano w obrębie litofacji anhydrytów soczewkowych i gruzłowych, bogatych w substancję węglanowo-ilastą. Badania geochemiczne wskazują na możliwość wtórnej migracji siarkowodoru z pokładów łupku miedzianożelaznego i skał jego podłoża w obręb sekwencji anhydrytowej. Uwarunkowania tektoniczno-strukturalne mają znaczenie podstawowe dla migracji i akumulacji gazów w omawianym rejonie złóż rud miedzi.

Występowanie licznych stref uskokowych jest czynnikiem sprzyjającym pionowej migracji gazów.

Prawdopodobnie obecność H_2S w wyrobiskach górniczych jest związana z naruszeniem pierwotnej struktury górotworu. Siarkowodor migruje do eksploatowanych partii złoża ze stropowych skał anhydrytowych poprzez system spękań powstałych w wyniku uaktywnienia naturalnych płaszczyn podzielnosci skał, będących wynikiem prowadzenia eksploatacji górniczej. Spękania mogą sięgać do około 20 m powyżej stropu wyrobisk. Objawami wypływu siarkowodoru ze stropu wyrobisk są ciemne (stalowo-niebieskie) naloty powstające wzdłuż spękań górotworu. Siarkowodor w zwiększonej ilości stwierdza się również w obrębie zrobów. Na podstawie dostępnych materiałów można stwierdzić, że w analizowanym obszarze, również w anhydrytach, nie ma warunków do złożowej koncentracji gazu ze względu na słabe właściwości kolektorskie tych skał, spełnione są jednak warunki do wystąpienia lokalnych pułapek gazu w strefach o podwyższonej porowatości i szczelinowatości. W anhydrytach mogą występować zamknięte nagromadzenia siarkowodoru o stosunkowo niewielkich rozmiarach, zawierające znaczne, sięgające kilkudziesięciu procent zawartości H_2S (Macuda i in. 2013).

Ujawnienie obecności siarkowodoru oraz innych gazów stwierdzono w obszarach, gdzie następuje zmiana stosunków miąższościowych w profilu litostratygraficznym osadów pierwszego cyklotemu, w północnej części monokliny przedsudeckiej (Macuda i in. 2013). Jest to zmniejszenie miąższości cechsztyńskich skał węglanowych (Ca1) z 60-100 m do 10-15 m, a sporadycznie nawet do 3 m. To ma związek również z pojawieniem się w profilu najstarszej soli kamiennej (Na1) o znacznej miąższości dochodzącej do 190 m, rozdzielającej kompleks anhydrytów na dolny i górny. Sól kamienna i anhydryty stanowią poziom izolacyjny ograniczający migrację gazów.

Siarkowodor w anhydrytach generowany jest przy udziale substancji organicznej w reakcji termochemicznej na późnych etapach diagenety utworów osadowych. Źródeł substancji organicznej upatruje się w poziome łupków miedzionośnych oraz autochtonicznej substancji organicznej zawartej w anhydrytach (Kijewski i in. 2012).

3. Cel i zakres pracy badawczej

Celem pracy było wykonanie oceny toksyczności mieszanin gazowych z okolicy szybu wydechowego SG-2, zlokalizowanego w gminie Jerzmanowa, o głębokości 1058,6 m i średnicy 7,5 m, w korelacji z określeniem stężenia zapachowego, subiektywnymi odczuciami mieszkańców oraz badaniami modelowymi.

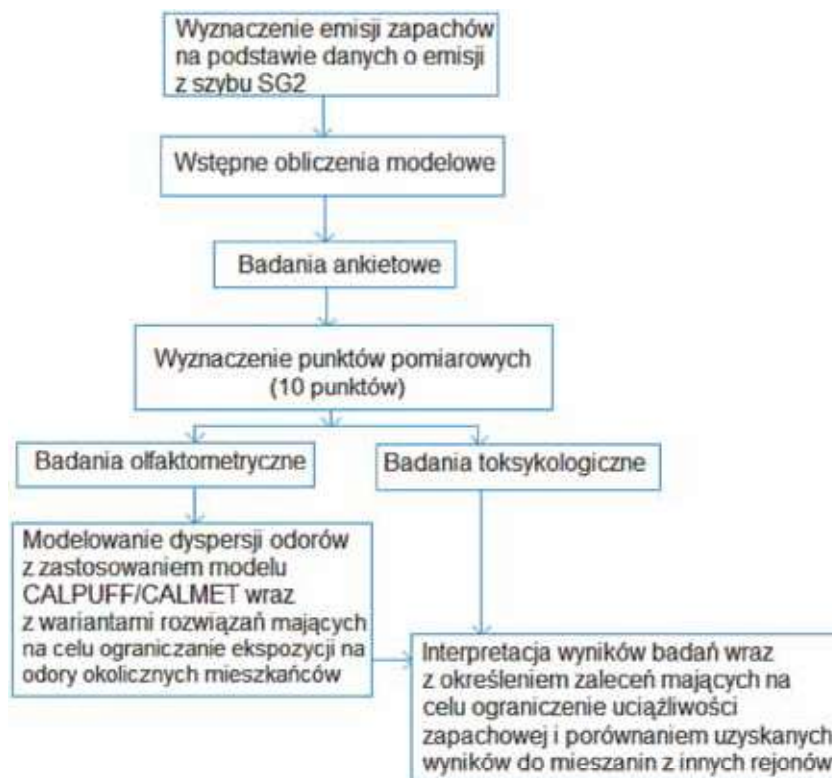
Przyjętą metodologię badań przedstawiono na rys. 1.

W dalszej części pracy zaprezentowano wyniki badań w kierunku określenia toksyczności mieszanin gazowych pochodzących z szybu SG-2 w emisji i imisji.

4. Charakterystyka emisyjna szybu SG-2

Szyb wydechowy SG-2 to stacja wentylatorowa wyposażona w cztery dyfuzory (SG-2/E-1, SG-2/E-2, SG-2/E-3, SG-2/E-4), z których działają dwa, a dwa kolejne stanowią rezerwę. Każdy z dyfuzorów o kształcie prostokąta ma wysokość 36,3 m i średnicę zastępczą 7,7 m. Prędkość wylotowa w kolektorze zbiorczym wynosi 9,33 m/s, a strumień objętościowy gazów w warunkach rzeczywistych (295,1 °K) wynosi 400 m³/s.

Emisja substancji uwalnianych podczas urabiania złoża w dokumentacji związanej z pozwoleniem na wprowadzanie gazów i pyłów do powietrza została wyznaczona na



Rys. 1. Przyjęta metodologia badań

Fig. 1. Research methodology

podstawie zakładanej wydajności wentylatorów, w oparciu o wyniki pomiarów stężeń zanieczyszczeń w odprowadzanym z szybu powietrzu. Emisję dopuszczalną dla poszczególnych zanieczyszczeń wyznaczono na następujących poziomach:

- ditlenek siarki: 2,957 kg/h,
- ditlenek azotu: 62,23 kg/h,
- ksylen: 6,258 kg/h,
- siarkowodór: 12,033 kg/h.

Spśród wymienionych substancji, ksylen i siarkowodór są związkami dającymi efekt zapachowy. Częstotliwość pomiaru, wynikająca z decyzji Marszałka Województwa Dolnośląskiego dotyczącej pozwolenia na wprowadzanie gazów i pyłów do powietrza z instalacji wydobywania kopaliny ze złoża metodą podziemną z emitora szybu SG-2 – to jeden raz w miesiącu.

Oprócz substancji, dla których określono emisję dopuszczalną, wykonuje się również pomiary emisji innych zanieczyszczeń, między innymi węglowodory aromatyczne i alifatyczne, merkaptany, amoniak i fluor.

W celu wyznaczenia emisji zapachowej za pomocą progów wyczuwalności zapachowej, przeanalizowano sprawozdania z pomiarów emisyjnych prowadzonych przez Centrum Badań Jakości z interwału czasowego marzec 2014 – luty 2015, udostępnione przez KGHM POLSKA MIEDŹ S.A. na cele realizacji badań. Z każdego raportu wybierano wszystkie substancje zapachowe i zapisywano wyznaczone wartości emisji podawane w kg/h. Po przeanalizowaniu wszystkich raportów, zdefiniowano najwyższą spośród spisanych wartości emisji dla każdej z substancji wywołującej efekt zapachowy. Wybrane (najwyższe) wartości emisji poszczególnych, zawartych w raportach substancji przedstawiono w tabeli 1

Można zaobserwować, że odnotowane maksymalne stężenie pomiarowe siarkowodoru jest 10-krotnie niższe niż

wartość emisji dopuszczalnej (12,033 kg/h), a w przypadku ksyleny trzykrotnie niższe (6,258 kg/h).

5. Metoda oznaczania toksyczności

5.1. Pobór prób

Próby gazów pobierano w punktach wybranych na podstawie wykonanego badania ankietowego, zgłoszeń epizodów uciążliwości zapachowej do KGHM, pomiarów olfaktometrycznych oraz w wyniku symulacji komputerowej rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń z emitora. Wybrano punkty, które w ww. analizach wskazane były jako punkty cechujące się wysokim prawdopodobieństwem wystąpienia epizodu uciążliwości zapachowej (tab. 2, rys. 2).

Tabela 2. Zestawienie punktów pomiarowych do badań toksykologicznych

Table 2. List of intake points for toxicology tests

Punkt nr	Opis
1	Źródło
2	Teren zakładu
3	Maszt
4	Malinowa
5	Las rozwidlenie
6	Las zakład
7	Środek lasu
8	Maniów
9	Lipowa
10	Cmentarz

Tabela 1. Najwyższe wartości emisji poszczególnych substancji zapachowych (wartości liczbowe wprowadzone do modelu)

Table 1. The highest values of emission for particular odour-causing substances (input to the model)

Zanieczyszczenie	Emisja maksymalna, kg/h
ksylen (pomiar)	1,955
toluen	0,568
aceton	<pp*
etylobenzen	0,414
acetaldehyd	0,095
cykloheksan	<pp
cykloheksanol	<pp
cykloheksanon	<pp
cykloheksyloamina	<pp
akrylaldehyd	0,047
etyln	<pp
formaldehyd	<pp
izopropylobenzen	<pp
mezytylen	<pp
propylobenzen	<pp
amoniak	<pp
merkaptany	<pp
butanol	<pp
octan etylu	<pp
octan butylu	<pp
benzen	<pp
suma węgl. arom.	2,963
suma węgl. alif.	3,417
siarkowodór (pomiar)	1,343
fluor	0,070
naftalen	0,016

* <pp – wartość poniżej progu pomiarowego/ below detection level



Rys. 2. Lokalizacja przestrzenna punktów pomiarowych
 Fig. 2. Location of samples intake points

Poboru prób do badań toksyczności dokonano za pomocą opisanej w poprzednim rozdziale metody BAT-CELL *Bio-Ambient Tests*® (Janicka, Zawislak 2015, Janicka i in. 2015). Czas ekspozycji ustalono drogą eksperymentalną (na podstawie założonego składu jakościowego gazu) i określono go na 30 min, 45 min i 60 min w przypadku źródła (pomiar w emitorze) oraz 45 min i 90 minut w przypadku pomiarów w terenie .

5.2. Badanie toksyczności komórkowej

Badania wykonano przy współpracy z Instytutem Immunologii i Terapii Doświadczalnej – PAN we Wrocławiu. Badania wykonano w trzech powtórzeniach, dla każdego terminu badawczego dla prób badanych i kontrolnych, powtarzalność otrzymanych wyników wynosiła 95%, co oznaczało różnice w ilości komórek w każdym z trzech eksperymentów rzędu kilku liczonych komórek.

W celu uzyskania obrazu oddziaływania mieszaniny gazów na drogi oddechowe człowieka oraz na skórę (tkanki najbardziej narażone na działanie gazów) testy wykonano na dwóch grupach komórek wypunktowanych poniżej:

- L929 – linia komórek fibroblastopodobnych otrzymanych z podskórnej tkanki tłuszczowej myszy C3H (ATCC CCL 1),
- A549 – linia komórek nabłonkopodobnych raka płuc ludzkich (ATCC CCL 185).

Hodowlę komórek prowadzono w płynie hodowlanym Eagle’a z dodatkiem 10% inaktywowanej (30 min, 56°C) surowicy cielęcej oraz 100 U/ml penicyliny, 100 µg/ml streptomycyny i 2mM/ml L-glutaminy w temperaturze 37°C, w atmosferze 5% CO₂.

Komórki przeszczepiano stosując roztwór 0,05% trypsyny z 0,02% EDTA w PBS, o pH 7,2.

W specjalnie zoptymalizowanym próbniku zakładano hodowlę komórek L929 i A459 o gęstości 1x10⁶ kom/ml i inkubowano 24 godziny w temperaturze 37°C, w atmosferze 5% CO₂. Po tym czasie płyn z nadkomórek usunięto, a jednowarstwową hodowlę komórek przetransportowano do laboratorium Katedry Inżynierii Pojazdów Politechniki Wrocławskiej, gdzie przy pomocy dedykowanego stanowiska badawczego wykonano pobór prób metodą BAT-CELL®.

Zmiany ilościowe i morfologiczne, pod wpływem badanych mieszanin gazów, oceniono po 48 godzinach w odwróconym mikroskopie. W celu określenia ilości martwych i zdegradowanych (uszkodzonych) komórek zastosowano barwienie błękitem trypanu. Martwe komórki barwią się na granatowo, natomiast żywe komórki pozostają bezbarwne.

Stopnie toksyczności określono zgodnie z obowiązującymi normami (tab. 3).

Tabela 3. Stopnie toksyczności
 Table 3. Toxicity levels

Stopień	Toksyczność	Opis zmian w hodowlach
0	brak	Komórki żywe o prawidłowej morfologii rosną w postaci jednolitej warstwy
1	słaba	Komórki żywe, zaokrąglone, obkurczone, ok. 20% kom. odklejonych od podłoża, nie tworzą jednolitej warstwy
2	umiarkowana	ok. 50% komórek odklejonych od podłoża, kom. zaokrąglone, bez ziarnistości, nie tworzą jednolitej warstwy
3	średnia	ok. 70% komórek zaokrąglonych, odklejonych od podłoża, kom. nie tworzą jednolitej warstwy, cytoplazma kom. ziarnista.
4	silna	Kom. martwe, odklejone od podłoża

Hodowla komórek pozbawiona na czas ekspozycji płynu hodowlanego stanowi odniesienie do badanych gazów (próbka kontrolna).

6. Wyniki badań

Wyniki badań toksyczności mieszanin gazowych w testach in vitro z zastosowaniem metody BAT-CELL Bio-Ambient Tests® zestawiono w tab. 4.

Przykładowe wyniki w postaci graficznej (zdjęcia linii komórkowych) przedstawiono w tabeli 5.

Na podstawie wykonanych testów w warunkach in vitro, można stwierdzić, że jedynie mieszanina gazów pobrana w warunkach emisji (bezpośrednio z emitora) wywołuje efekt toksyczny na komórki płuc ludzkich w stopniu słabym i umiarkowanym.

W przypadku komórek linii L292 (tkanki podskórnej) można zaobserwować, że mieszanina gazu z emitora wywołuje efekt średniej toksyczności już po 45-minutowej ekspozycji na bezpośrednie działanie gazów odlotowych. Analogicznie jednak jak w przypadku linii A549, w przypadku linii L929 nie zaobserwowano degradacji komórek w żadnym punkcie emisji (1-9).

7. Podsumowanie i wnioski

Od września 2010 r. w Oddziale ZG Polkowice - Sieroszowice obserwowane są znaczące wystąpienia siarkowodoru i organicznych połączeń siarkowych. Zjawisko to ma bardzo istotne znaczenie dla realizowanego przez przedsiębiorcę górniczego modelu procesu eksploatacji nakierowanego na minimalizację uciążliwości związanych z wydobywaniem kopaliny. Zarząd Polskiej Miedzi prowadzi szeroko zakrojony program badań i prac koncepcyjnych zmierzających do

ograniczenia zaistniałego problemu odorowego, który budzi niepokój mieszkańców, w szczególności w kontekście wpływu emitowanych gazów na zdrowie.

W ramach przedstawionej w artykule pracy wykonano ocenę toksyczności komórkowej mieszanin gazowych z okolicy szybu SG-2 w korelacji z określeniem stężenia zapachowego, subiektywnymi odczuciami mieszkańców oraz badaniami modelowymi.

W tym celu, w pierwszym etapie, wykonano 207 ankiet wraz z ich analizą i interpretacją. Określono następnie wartość stężenia odorów w próbach gazu w emisji oraz u źródła, (wyrażonej w europejskich jednostkach zapachowych w metrze sześciennym (ouE/m^3) zgodnie z PN-EN 13725:2007) w akredytowanym laboratorium olfaktometrycznym Politechniki Wrocławskiej. Na podstawie wyników badań ustalono punkty poboru prób gazu w kierunku określenia toksyczności rzeczywistej.

Z przeprowadzonych badań ankietowych wynika również, że choć okoliczni mieszkańcy upatrują w uciążliwości zapachowej największy problem związany z obciążeniem środowiska to przeprowadzone badania nie wskazują jednoznacznie, że ich przyczyną jest (lub jest jedynie) emisja gazów odlotowych z emitora szybu SG-2. Stwierdzono również, że zjawisko uciążliwości zapachowej ma charakter epizodów skorelowanych z warunkami meteorologicznymi i topografią terenu.

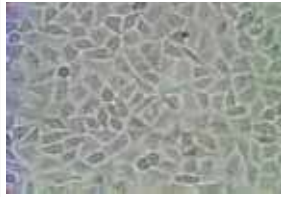


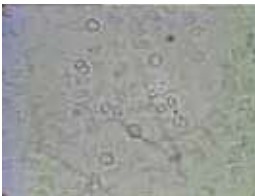




W ramach pracy wykonano badania cytotoxyczności komórkowej metodą BAT-CELL Bio-Ambient Tests® prób otrzymanych z mieszaniny gazów w emisji oraz u źródła (10 punktów pomiarowych). Badania wykazały, że pomimo maksymalnie średniego (stopień 3) stopnia toksyczności emitowanych gazów z szybu SG-2 nie stwierdza się toksyczności mieszaniny gazów w emisji w wybranych, na podstawie analizy ankietowej oraz wstępnych badań modelowych, a także rozmów z mieszkańcami i pracownikami KGHM Polska Miedź S.A., punktach pomiarowych.

Tabela 4. Wyniki badań

Table 4. Tests results

Punkt nr	Opis	Czas ekspozycji, min	Wynik testu, linia A549 (stopień toksyczności)	Wynik testu, linia 929 (stopień toksyczności)
1	Źródło	30	1	2
		45	1	3
		60	2	3
2	Teren zakładu	45	0	0
		90	0	0
3	Maszt	45	0	0
		90	0	0
4	Malinowa	45	0	0
		90	0	0
5	Las rozwidlenie	45	0	0
		90	0	0
6	Las zakład	45	0	0
		90	0	0
7	Środek lasu	45	0	0
		90	0	0
8	Maniów	45	0	0
		90	0	0
9	Lipowa	45	0	0
		90	0	0
10	Cmentarz	45	0	0
		90	0	0

Tabela 5. Przykładowe obrazy z mikroskopu odwróconego
Table 5. Examples of visual results (microscopic pictures)

punkt 1 (źródło) linia A459			
A549-kontrola 1,5; przepłw.0-48 godz			60 min ok. 50% komórek odklejonych od podłoża, kom. zaokrąglone, bez ziarnistości, nie tworzą jednolitej warstwy
punkt 1 (źródło) linia L929			
L929-kontrola 1,5; przepłw.0 - 48 godz.			Czas ekspozycji 45 minut, ok. 70% komórek zaokrąglonych, odklejonych od podłoża, kom. nie tworzą jednolitej warstwy, cytoplazma kom. ziarnista.
punkt 3 (imisja) linia A459			
A549 - kontrola			Czas ekspozycji 45 minut (komórki żywe o prawidłowej morfologii rosną w postaci jednolitej warstwy)
punkt 2 (imisja) linia L929			
L929- kontrola			Czas ekspozycji 90 minut (komórki żywe o prawidłowej morfologii rosną w postaci jednolitej warstwy)

Na podstawie przeprowadzonej pracy sformułowano następujące wnioski:

Stopień toksyczności gazów emitowanych z szybu SG-2 (w testach *in vitro*, metodą BAT-CELL®) określa się od słabego i umiarkowanego (w przypadku referencyjnej linii komórkowej nabłonka płuc ludzkich A549) po średni (w przypadku referencyjnej linii komórkowej tkanki podskórnej myszy L929), co może wskazywać na większe powinowactwo gazów w stosunku do negatywnego wpływu na skórę niż na drogi oddechowe

Emitowane gazy z szybu SG-2 nie wykazują charakteru toksycznego w imisji, w przypadku obu linii komórkowych, w badanych punktach zidentyfikowanych jako najbardziej narażone na działanie gazów pochodzących z emitora.

Literatura

BURLIGA S., CZECHOWSKI F. 2010 - Analiza mikrostrukturalna serii złożowej i jej otoczenia w aspekcie migracji gazów w złożu miedzi i jego otoczeniu (rejonu oddziału G-62), Uniwersytet Wrocławski.
 KJIEWSKI P., KUBIAK J., GOLAS. 2012 – Siarkowódor - nowe zagrożenie

w górnictwie rud miedzi, Zeszyty Naukowe IGSMiE PAN Kraków, z. nr 83/2012.

MACUDA J. i in. 2013 - Aktualizacja prognozy regionalnej zagrożenia gazowego i gazogodynamicznego - wyrzutami gazów i skał, ze szczególnym uwzględnieniem występowania siarkowodoru i węglowodorów w części złóż: Sieroszowice, Rudna oraz Głogów Głęboki Przemysłowy, Stowarzyszenie Naukowe im. Stanisława Staszica, Kraków (praca niepublikowana)

JANICKA A., ZAWIŚLAK M. 2015 - New technology for toxicity investigation of vehicle indoor air with BAT-CELL, Toxicology Letters 238(2):S372 ·DOI: 10.1016/j.toxlet.2015.08.1062

JANICKA A., ZAWIŚLAK M., ZACZYŃSKA E., CZARNY A. 2015 - Innowacyjna metoda oceny toksyczności mieszanin gazowych BAT-CELL Bio-Ambient Tests. 2015 Wybrane zagadnienia biologii i medycyny: praca zbiorowa pod red. E. Skopińskiej-Różewskiej, A.K. Siwickiego, R. Zdanowskiego. Olsztyn: Edycja, 2015. s. 345-359.

Artykuł wpłynął do redakcji – październik 2016
 Artykuł zaakceptowano do druku 15.12.2016