

Emisja radonu w obszarze zakładów górniczo-hutniczych „Bolesław” S.A.

Małgorzata Wysocka*, Anita Zych**, Jan Skowronek**, Grażyna Pajor***



M. Wysocka

A. Zych

J. Skowronek

G. Pajor

Radon emission in the area of Mining and Metallurgical Works “Bolesław”. Prz. Geol., 53: 133–136.

Summary. Exploitation of the mineral resources and accumulation of the postexploitation wastes may in some cases increase the radiological hazard for the inhabitants of the mining regions, as well as for the environment.

Radon emission levels in the area of lead and zinc ores exploitation have been measured. Additional measurements were performed in the areas not affected by human activity, at the outcrops of Triassic rocks. The radon emis-

sions do not exceed average values measured in undisturbed areas. Moreover, results obtained at the sites where waste storage sites are lower than those from “normal” areas.

Key words: radon, radium, radon exhalation, radiological contamination

Skorupa ziemska zawiera niewielkie ilości naturalnych pierwiastków promieniotwórczych. Wydobycie i przeróbka kopalin powodują gromadzenie znacznych ilości odpadów wraz z towarzyszącymi im substancjami promieniotwórczymi. Eksploatacja surowców mineralnych i składowanie odpadów mogą w pewnych przypadkach powodować wzrost zagrożenia radiologicznego dla mieszkańców terenów górniczych oraz skażenia środowiska naturalnego.

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów emisji radonu na terenie eksploatacji rud cynku i ołowiu w obszarze ZGH „Bolesław”. Porównano wyniki badań prowadzonych w miejscach, gdzie na powierzchni obserwuje się

efekty oddziaływania działalności górniczej, z wynikami uzyskanymi na terenach niezaburzonych eksploatacją rud.

Pomiary terenowe ekshalacji radonu

Radon ^{222}Rn jest promieniotwórczym gazem szlachetnym, należącym do naturalnego szeregu promieniotwórczego uranu ^{238}U . Czas połowicznego rozpadu radonu wynosi ok. 3,8 dnia, więc w odpowiednich warunkach może on migrować na pewne odległości (Nazaroff & Nero, 1988). O szkodliwości oddziaływania radonu na organizm ludzki wiadomo od wielu lat (National ..., 1988). Radon jest bowiem istotnym czynnikiem podwyższonego ryzyka zachorowania na raka płuc (Pershagen, 1994). Od pewnego czasu wiadomo również, że na oddziaływanie radonu narażeni jesteśmy nie tylko w miejscach pracy, takich jak podziemne zakłady wydobywcze (Raport roczny, 2000), ale również w domach (Field i in., 2000). Z tego powodu są wykonywane pomiary poziomu radonu w budynkach, jego

*Laboratorium Radiometrii, Główny Instytut Górnictwa, Pl. Gwarków 1, 40-166 Katowice; brxmw@gig.katowice.pl

**Instytut Ekologii Terenów Uprzemysłowionych, ul.

Kossutha 6, 40-884 Katowice; j.skowronek@ietu.katowice.pl

***Zakłady Górniczo-Hutniczy „Bolesław” S.A., ul.

Kolejowa 37, 32-332 Bukowno; gpochrona@zghboleslaw.pl



Ryc. 1A — Komora dyfuzyjna do pomiarów współczynnika ekshalacji radonu; **B** — pomiary terenowe ekshalacji radonu
Fig. 1A — Diffusion chamber used for radon exhalation rate measurement; **B** — field measurements of radon exhalation

stężenia w powietrzu glebowym oraz ekshalacji w miejscach przeznaczonych pod zabudowę.

Podstawową wielkością mierzoną w celu rozeznania stanu skażeń radiologicznych w wybranym rejonie był pomiar współczynnika ekshalacji radonu.

Współczynnik ekshalacji radonu jest wielkością opisującą zdolność wydostawania się radonu z przestrzeni międzyziarnowych skał i gruntów do powietrza atmosferycznego. Wymiarem współczynnika ekshalacji jest $Bqm^{-2}s^{-1}$, ale zwyczajowo stosuje się $mBqm^{-2}s^{-1}$. Współczynnik ekshalacji radonu z gleby w warunkach normalnych wynosi według Wilkeninga $17 mBqm^{-2}s^{-1}$ (Wilkening, 1972). Natomiast Porstendorfer (1991) podaje, że średni współczynnik ekshalacji z gleby wynosi $26 mBqm^{-2}s^{-1}$. W ramach omawianej pracy wykonano 48 pomiarów współczynnika ekshalacji.

W 12 punktach wykonano również pomiary stężenia radonu w powietrzu glebowym. Pomiary wykonywano wykorzystując metody opracowane w Głównym Instytucie Górnictwa (Chałupnik & Wysocka, 2003) (ryc. 1A).

W wybranych punktach pomiarowych pobierano próbki gruntów i gleb w celu wykonania oznaczenia zawartości radu ^{226}Ra , izotopu macierzystego radonu ^{222}Rn .

Pomiary prowadzono w obszarze Zakładów Górniczo-Hutniczych „Bolesław”. Złoża rud cynkowo-olowowych, będące przedmiotem eksploatacji ZGH „Bolesław”, podobnie jak przeważająca część rud regionu górnośląskiego, występują wśród triasowych skał węglanowych dolnego wapienia muszlowego. Najintensywniej są okruszczowane epigenetyczne utwory węglanowe zwane dolomitami kruszonośnymi. Są to utwory silnie spękane, szczególnie podatne na krucho niszczenie (Sass-Gustkiewicz, 1985), często ulegają dezintegracji granularnej, przechodząc w słabowięzły, „spiaszczony” dolomit (Cabała & Konstantynowicz, 1999). Porowatość i szczelinowatość sprzyjają migracji fluidów, w tym gazowego izotopu radonu. Badania prowadzone w obszarze Górnośląskiego Zagłębia Węglowego w rejonie niecek wilkoszyńskiej i bytomskiej wskazały, że najwyższa emisja radonu występuje właśnie na wychodniach triasowych utworów węglanowych (Wysocka, 2002). Efekty wieloletniej eksploatacji rud powodujące przekształcenia w warstwie przystopowej oraz osiadania powierzchni przyczyniają się do powstawania rozluźnień w

górotworze, które otwierają drogi transportu dla radonu (Kemski & Klingel, 1999; Wysocka, 2002).

Materiały odpadowe z wydobywania i przeróbki rud są stosowane między innymi do rekultywacji zapadłisk i wyrobisk podkrywkowych. Sposób prowadzenia rekultywacji, a szczególnie stosowanie materiałów odpadowych do zasypywania pustek, budzi niekiedy obawy i niezadowolone lokalnych społeczności. Przeprowadzono badania emisji radonu na różnych etapach rekultywacji terenów.

Wyniki badań

Kampanię pomiarową przeprowadzono w lipcu–sierpniu 2003 r. w dwóch poligonach badawczych:

- A) w miejscach prowadzenia rekultywacji terenów pogórnich oraz w obszarze stawów osadowych, w których są deponowane odpady poflotacyjne z ZGH „Bolesław”,
- B) na wychodniach utworów triasowych.

Ad A) W celu prześledzenia wpływu rekultywacji na poziom emisji radonu, pomiary prowadzono w granicach stawów osadowych, w obniżeniu terenu (tzw. zapadlisko przy szybie 71) oraz na terenie zrehabilitowanej technicznie odkrywkę „Krażek”, w trakcie prowadzenia rekultywacji biologicznej polegającej na jej zalesianiu.

Stawy osadowe Zakładów Górniczo-Hutniczych „Bolesław” są zapełniane materiałem odpadowym pochodzącym z zakładu przerobczego po wydobywaniu i wzbogaceniu rud Zn-Pb. Odpady te stanowi głównie skała dolomitowa (dolomit ok. 77%) zmielona do frakcji ok. 0,2 mm. Materiał odpadowy jest dostarczany z zakładu przerobczego do osadników metodą hydrotransportu. W trakcie prowadzenia badań powierzchnia osadów była sucha, ale na głębokości kilkunastu–kilkudziesięciu centymetrów osady były wilgotne zarówno ze względu na sposób ich transportowania, jak i ze względu na intensywne zraszanie osadników w celu ograniczenia pylenia. Zawilgocenie głębszej warstwy osadów uniemożliwiło wykonanie pomiarów stężenia radonu w powietrzu glebowym. Pomiary współczynników ekshalacji wykonywano w granicach dwóch stawów osadowych.

We wszystkich 11 punktach pomiarowych w obu stawach osadowych zmierzono niskie wartości współczynnika ekshalacji, nie przekraczające $5 mBqm^{-2}s^{-1}$ (ryc. 2).

Zapadlisko w trakcie rekultywacji przy szybie 71 jest wypełniane materiałem odpadowym tj. żużłem. Również w tym miejscu wartości współczynników ekshalacji zmierzonych w 5 punktach pomiarowych były niskie i nie przekraczały $10 \text{ mBqm}^{-2}\text{s}^{-1}$. W miejscu, gdzie żużel został przykryty warstwą piaszczystej gleby ekshalacja radonu spadła do wartości poniżej $3 \text{ mBqm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Po zakończeniu rekultywacji technicznej tego obiektu, zgodnie z projektem, zakład przystąpi do rekultywacji biologicznej. Powierzchnia zapadliska zostanie pokryta warstwą materiału ilastego o grubości ok. 0,6 m, a następnie ziemią i podglebiem (ok. 0,5 m). Rekultywacja biologiczna będzie prowadzona na tym obszarze w kierunku leśnym. Można przypuszczać, że zaplanowany sposób rekultywacji zapadliska spowoduje obniżenie ekshalacji radonu. Znacznie wyższe wartości zmierzono na granicy rekultywowanego zapadliska i otaczającego go lasu. Na gruncie niezaburzonym pracami rekultywacyjnymi współczynnik ekshalacji wynosił $34 \text{ mBqm}^{-2}\text{s}^{-1}$.

Obiektem zrehabilitowanym, poprzez zasypanie go wysuszonymi i wysezonowanymi odpadami poflotacyjnymi ze stawów osadowych, jest odkrywka „Krażek”. Po wypełnieniu, teren odkrywki przykryto warstwą materiału ilastego o grubości ok. 0,6 m, nawieziono glebą o miąższości ok. 0,5 m i zalesiono (70% drzew i 30% krzewy). Nasadzony drzewostan to głównie sosna pospolita, dąb szypułkowy, brzoza brodawkowa, modrzew europejska oraz krzewy: karagana syberyjska, oliwnik wąskolistny, rokitnik zwyczajny, czeremcha amerykańska (ryc. 1B). W tym miejscu mierzono najniższe, nie przekraczające w żadnym z 5 punktów pomiarowych $3 \text{ mBqm}^{-2}\text{s}^{-1}$ wartości współczynnika ekshalacji.

Ad B) W celu porównania poziomów emisji radonu w obszarach oddziaływania eksploatacji górniczej i obszarach niezaburzonych, wykonano serię pomiarów w okolicach ZGH „Bolesław”. Wybrano miejsca występowania wychodni węglanowych utworów triasowych, gdzie nie

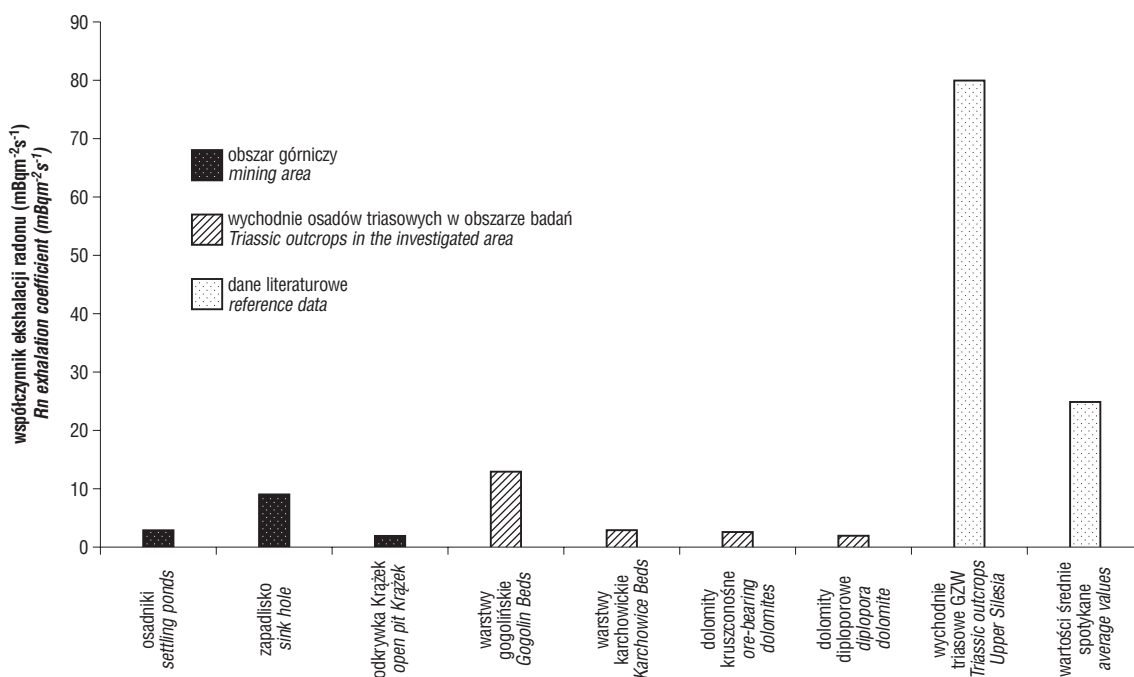
występują efekty eksploatacji podziemnej, takie jak zapadania i osiadania terenu i nie są prowadzone prace rekultywacyjne.

Diabla Góra w Bukownie jest naturalnym wyniesieniem zbudowanym z wapieni gogolińskich triasu środkowego, u jej podnóża znajduje się wejście do częściowo zasypanej jaskini. Najwyższa zmierzona wartość współczynnika ekshalacji wynosi ok. $33 \text{ mBqm}^{-2}\text{s}^{-1}$, wartość średnia z 12 pomiarów — $13 \text{ mBqm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Ekshalacja radonu na terenie Diabłej Góry jest więc nieco wyższa, niż w obszarach działalności górniczej, ale znacznie niższa, niż na wychodniach triasu w okolicach Bytomia–Piekar Śląskich i Jaworzna–Chrzanowa (Wysocka, 2002). Pobór próbek powietrza glebowego był utrudniony ze względu na skaliste podłoże. Pomiar stężenia radonu w powietrzu glebowym wykonano jedynie w 6 punktach pomiarowych.

W kamieniołomie triasowych dolomitów warstw karchowickich, mierzono bardzo niskie wartości współczynnika ekshalacji, nie przekraczające $5 \text{ mBqm}^{-2}\text{s}^{-1}$ (5 punktów pomiarowych).

Jeszcze niższe wartości współczynnika ekshalacji mierzono na wychodni dolomitów kruszczośnych w odkrywce Bolesław i dolomitów diploporowych w Bukownie. W obu miejscach wykonano w sumie 9 pomiarów, a zmierzone współczynniki ekshalacji rzadko przekraczały wartość $2 \text{ mBqm}^{-2}\text{s}^{-1}$. Pomiary stężenia radonu w powietrzu glebowym również w tych miejscach było utrudnione pobrano jedynie 2 próbki powietrza glebowego.

Ze względu na rodzaj podłoża pomiar stężenia radonu w powietrzu glebowym wykonano w jedynie w 12 punktach. Próbki powietrza glebowego pobiera się za pomocą cienkich stalowych rurek, wbijanych na głęb. ok. 0,8 m (Wysocka, 2002). Podłoże skaliste znacznie utrudnia wbijanie stalowych bolców. Znaczne zawilgocenie gruntu wynikające ze stosowanych technologii transportu odpadów i rekultywacji terenów uniemożliwia z kolei pompowanie powietrza z



Ryc. 2. Ekshalacja radonu w obszarze ZGH „Bolesław”, wartości średnie

Fig. 2. Radon exhalation in the area of Mining and Metallurgical Works „Bolesław”, average values

wymaganej głębokości. Z powodu wyżej wymienionych trudności pomiar współczynnika ekshalacji był przydatną metodą do szacowania poziomu emisji radonu w omawianych poligonach badawczych.

Wartości stężenia radonu w powietrzu glebowym w terenach rekultywowanych nie przekraczały wartości 12 000 Bq/m³, a na terenach wychodni 20 000 Bq/m³. Porównywalne wartości mierzono w obszarze Górnego Śląska (Wysocka, 2002).

W próbkach materiałów odpadowych stosowanych do rekultywacji (4 próbki), skały dolomitowej oraz w próbkach skał i gleby pobranych w miejscach wykonywania badań (16 próbek), zmierzono koncentracje radu ²²⁶Ra, izotopu macierzystego radonu ²²²Rn. Stężenia radu zmierzone w badanych próbkach wahają się od 20 Bq/kg do ok. 50 Bq/kg. W żadnej z badanych próbek zmierzone stężenia radu nie odbiegają od wartości charakterystycznych dla skał węglanowych (Nazaroff & Nero, 1988).

Podsumowanie i wnioski

Wyniki pomiarów wykonanych w obszarze Bolesławia, Bukowna i Olkusza pozwalają na stwierdzenie, że emisja radonu nie przekracza wartości średnich dla warunków normalnych (Wilkening i in., 1972; Posterdorfer, 1991). Najwyższą emisję radonu obserwuje się w granicach wychodni węglanowych utworów triasu środkowego. W żadnym przypadku nie zmierzono jednak tak wysokich wartości współczynnika ekshalacji, z jakimi spotykano się w obszarach triasowych niecek bytomskiej i jaworznicko-wilkoszyńskiej (ryc. 2). W okolicach Piekar Śląskich i Jaworzna na wychodniach dolomitów i wapieni triasowych mierzone wartości sięgały 80 mBqm⁻²s⁻¹. Mimo, że właściwości fizyczne utworów węglanowych w obszarze olkuskim i w północnej i wschodniej części GZW są porównywalne, najwyższa zmierzona wartość współczynnika ekshalacji była ponad dwukrotnie niższa w okolicach Olkusza, niż w okolicach Jaworzna. Możliwe, że gęstsza sieć spękań wapieni i dolomitów obszaru olkuskiego sprawia, że radon emanujący z określonej objętości skał, przenika do atmosfery niewielkimi porcjami równomiernie rozłożonymi na całej powierzchni wychodni.

Również w granicach rekultywowanych zapadlisk i wyrobisk podkrywkowych emisja radonu jest niska. W żadnym punkcie pomiarowym nie zmierzono wartości współczynnika ekshalacji powyżej kilku mBqm⁻²s⁻¹. Również niskie wartości mierzono w stawach osadowych odpadów poflotacyjnych z ZGH „Bolesław”. Wyniki świadczą o

tym, że zarówno sposób gromadzenia odpadów, jak i wykorzystanie ich jako materiał do rekultywacji terenów nie powodują wzrostu emisji radonu i zagrożeń radiologicznych dla środowiska naturalnego i ludzi mieszkających w sąsiedztwie. W wielu przypadkach ekshalacja radonu na terenach objętych pracami rekultywacyjnymi była niższa, niż na wychodniach triasowych osadów węglanowych nie zaburzonych eksploatacją górnictwem i rekultywacją.

W trakcie prac związanych z likwidowaniem i rekultywacją stawów osadowych ZGH „Bolesław” celowym wydaje się ponowne przeprowadzenie pomiarów czynników zagrożenia radiacyjnego.

Literatura

- CABAŁA J. & KONSTANTYNOWICZ E. 1999 — Charakterystyka śląsko-krakowskich złóż cynku i ołowiu oraz perspektywy eksploatacji tych złóż. Perspektywy geologii złożowej i ekonomicznej w Polsce, A.T. Jankowski (ed.). Wyd. UŚL., Katowice.
- CHAŁUPNIK S. & WYSOCKA M. 2003 — Pomiary ekshalacji radonu z gruntu — opracowanie metodyki i wyniki wstępne. Pr. Nauk. GIG Górnictwo i Środowisko, Kwart., 1: 61–72.
- FIELD RW., STECK DJ., SMITH, BJ., BRUS CP., NEUBERGER JS., FISHER EF., PLATZ CE., ROBINSON RA., WOOLSON RF. & LYNCH CF. 2000 — Residential radon gas exposure and lung cancer: The Iowa Radon Lung Cancer Study. Amer. Jour. Epidemiology, 151: 1091–1102.
- KEMSKI J. & KLINGEL R. 1999 — Influence of underground mining on the geogenic radon potential. Proc. of Workshop Radon in the Living Environment. Athens, Greece.
- National Research Council, 1998 — Health effects of exposure to radon. BEIR VI Report. Washington D.C., NRC.
- NAZAROFF W.W. & NERO A.V. (eds.) 1988 — Radon and its decay products in indoor air. New York. John Wiley & Sons. Inc.
- PERSHAGEN G., AKERBLÖM G., AXELSON O., CLAVENSJO B., DAMBER L., DESAI G., ENFLO A., LAGARDE F., MELLANDER H., SVARTENGREN M. & SWEDJEMARK GA. 1994 — Residential radon exposure and lung cancer in Sweden. New Jour. Medic., 330: 159–164.
- PORSTENDORFER J. 1991 — Radon and thoron and their decay products. Proc. of the 5th Intern. Confer. Natural Radiation Environment. Salzburg, Austria, Vienna IAEA.
- Raport roczny (1999) o stanie podstawowych zagrożeń naturalnych i technicznych w górnictwie węgla kamiennego. W. Konopko (ed.), 2000 — Główny Instytut Górnictwa, Katowice.
- SASS-GUSTKIEWICZ M. 1985 — Górnos Śląskie złoża rud Zn-Pb w świetle migracji roztworów mineralizujących. Zesz. Nauk. AGH, ser. Geologia, 31.
- WILKENING M. CLEMENTS W.E. & STANLEY D. 1972 — Radon-222 flux measurements in widely separated regions. The Natural Radiation Environment II, Adams J.A.S., Lowder W. M., Gasell T.F. (eds.), USAEC Report Conf-720805-P2, Nat. Tech. Infor. Service, Springfield, Virginia.
- WYSOCKA M. 2002 — Zależność stężeń radonu od warunków geologiczno-górnictwowych na terenie Górnos Śląskiego Zagłębia Węglowego. Pr. Nauk. GIG Górnictwo i Środowisko, Kwart., 3: 25–38.