

Agata KULA*
Katarzyna SOBIANOWSKA**
Władysław WALKOWIAK**
Paweł MACIEJEWSKI***

SYTUACJA RADIACYJNA WÓD POWIERZCHNIOWYCH NA GÓRNYM ŚLĄSKU – OCENA WPŁYWU GÓRNICTW WĘGLA KAMIENNEGO

W publikacji przedstawiono zagadnienie radioaktywności wód kopalnianych charakteryzujących się podwyższoną promieniotwórczością naturalną oraz ich wpływ na wody rzeczne. Przedstawiono wyniki badań wybranych górnośląskich rzek, odbierających wody zrzutowe z kopalni węgla kamiennego. W pierwszej części artykułu przedstawiono źródła promieniotwórcze występujące w środowisku naturalnym oraz omówiono zasady działania systemu monitoringu środowiska w Polsce, z uwzględnieniem monitoringu radiacyjnego. Autorzy przedstawiają nieścisłości w unormowaniach prawnych oraz wady systemu monitorowania terenów przykopalnianych, zagrożonych skażeniami promieniotwórczymi od naturalnych radioizotopów. Zaprezentowane wyniki badań wód kopalnianych potwierdzają, że wody odpadowe nie powodują obecnie znaczących skażeń promieniotwórczych środowiska naturalnego, ponieważ zakłady górnicze, z których odprowadzane są wody o podwyższonej radioaktywności, posiadają odpowiednie systemy oczyszczania.

Słowa kluczowe: wody kopalniane, wody rzeczne, rad-226, rad-228, monitoring środowiska, monitoring radiacyjny

1. ŹRÓDŁA PROMIENIOTWÓRCZOŚCI NATURALNEJ I SZTUCZNEJ W ŚRODOWISKU NATURALNYM

W środowisku naturalnym zachodzi spontaniczne zjawisko radioaktywności, tj. samorzutny rozpad radionuklidów polegający na przemianach ich niestabilnych jąder

* mgr inż. Agata KULA - Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej

** mgr inż. Katarzyna SOBIANOWSKA, prof. dr hab. inż. Władysław WALKOWIAK – Wydział Chemiczny Politechniki Wrocławskiej

*** ppłk dr inż. Paweł MACIEJEWSKI – Akademia Obrony Narodowej w Warszawie

atomowych, czemu towarzyszy emisja promieniowania jądrowego – α , n , β i γ . Promieniotwórczość naturalna towarzyszy człowiekowi od zarania, a jej źródłami są składniki środowiska naturalnego oraz promieniowanie kosmiczne pochodzące z przestrzeni międzygwiazdnej i Słońca. Aktywność promieniotwórczą mierzy się liczbą rozpadów promieniotwórczych w jednostce czasu, np. 1 rozpad/s, czemu w układzie SI odpowiada 1 bekerel (Bq). Jeśli w pomiarach uwzględni się masę lub objętość badanej próbki – mówimy o aktywności właściwej, odpowiednio: masowej (Bq/kg) lub objętościowej (Bq/m³) [1]. W przypadku odpadów promieniotwórczych stosuje się również pojęcie stężenia promieniotwórczego (Bq/kg).

W Rozporządzeniu Rady Ministrów w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego [2] wymienia się następujące grupy naturalnych radionuklidów ziemskich:

- 29 radionuklidów pochodzenia geologicznego (powstałych podczas formowania się Układu Słonecznego) o okresie połowicznego zaniku porównywalnym z wiekiem Ziemi (4,5 mld lat). Wśród nich izotopy: potasu K-40, rubidu Rb-87, toru Th-232, uranu U-238 i U-235 i in.;
- 43 radionuklidów pochodzących z naturalnych szeregów promieniotwórczych U-235, U-238 i Th-232, m.in. izotopy: radu Ra-226, radonu Rn-222, ołowiu Pb-214, bizmutu Bi-214 i talu Ta-208;
- kilkadziesiąt radionuklidów (dwudziestu kilku pierwiastków) od H-3 do Bi-205, w tym 25 nuklidów o okresie połowicznego zaniku ($T_{1/2}$) dłuższym niż 1 miesiąc, 15 radionuklidów o $T_{1/2} > 1$ rok, które powstają permanentnie w oddziaływaniu pierwotnego promieniowania kosmicznego z atmosferą, tj. w reakcjach wysokoenergetycznych cząstek (p , n , α) z jądrami atomów zawartych w powietrzu atmosferycznym. Tak powstają m.in. izotopy: C-14, H-3, Be-7, chociaż śladowe ilości tych izotopów pochodzą również z kosmosu.

Substancje promieniotwórcze ze względu na pochodzenie można podzielić na sztuczne i naturalne. Średnia dawka równoważna, jaką otrzymuje Polak od radionuklidów naturalnych, wynosi 2,58 mSv/rok i składają się na nią: promieniowanie kosmiczne, radioizotopy występujące w glebie (K-40, pochodne U i Th i inne) oraz izotopy promieniotwórcze występujące w organizmie człowieka, m.in. Rn-222 (drogą inhalacyjną), K-40 (drogą pokarmową). Druga grupa - to radionuklidy sztucznego pochodzenia, powodujące w ciągu roku dawkę równoważną (dalej zwana w skrócie dawką) - 0,91 mSv¹ [1], a ich głównym źródłem jest opad promieniotwórczy z próbnych wybuchów jądrowych, głównie w latach 1955-1958 oraz 1961-1962. W środowisku naturalnym (w ilościach mierzalnych) występują przede wszystkim sztuczne, długożyciowe radionuklidy: Cs-137, Sr-90, Pu-236, Pu-239 i Pu-240. Kolejnym istotnym źródłem sztucznych izotopów promieniotwórczych była awaria reaktora jądrowego w Czarnobylu w 1986 r., która spowodowała skażenia promieniotwórcze na terytorium Polski i krajów europejskich. Należy podkreślić, iż rozwój elektrowni jądrowych oraz zakładów przerobu paliwa jądrowego powoduje również niewielkie skażenie promieniotwórcze, poprzez nadzorowane uwalnianie do środowiska naturalnego izotopów promieniotwórczych [3].

¹ Siwert (Sv) – wg znowelizowanego prawa atomowego – jednostka dawki równoważnej, która opisuje dawkę pochłoniętą w tkance lub narządzie z uwzględnieniem rodzaju i energii promieniowania

Zachodzi więc potrzeba kontrolowania skażeń promieniotwórczych od izotopów sztucznych i naturalnych oraz śledzenia ich obiegu w całym środowisku naturalnym. Monitoring radiacyjny w środowisku naturalnym polega na systematycznym prowadzeniu pomiarów mocy dawki promieniowania gamma w określonych punktach oraz na wykonywaniu pomiarów zawartości izotopów promieniotwórczych w głównych komponentach środowiska oraz żywności [4].

2. SYSTEM MONITORINGU RADIACYJNEGO ŚRODOWISKA W POLSCE

Układ o nierozprzestrzenianiu broni jądrowej z lipca 1968 r. (obowiązujący w latach 1970 - 1995) jest momentem zwrotnym w światowym bezpieczeństwie nuklearnym. W kolejnych latach podjęto decyzję o bezterminowym przedłużeniu tego układu, a we wrześniu 1996 r. w Genewie podpisano Międzynarodowy Traktat o Powszechnym Zakazie Prób z Bronią Jądrową (CTBT), który przyjęły: Stany Zjednoczone, Wielka Brytania, Francja, Chiny i Federacja Rosyjska. Podczas udoskonalania traktatu CTBT ustanowiono międzynarodowy system monitoringu (IMS – International Monitoring System), który objął swoim zasięgiem wszystkie kontynenty [5]. Międzynarodowe unormowania w zakresie monitoringu skażeń promieniotwórczych omawia Komisja Europejska w Rekomendacji z 8.06.2000 r. o stosowaniu art. 36 Traktatu Euratomu dotyczącego monitoringu poziomów radioaktywności w środowisku w celu oceny ekspozycji całej populacji [3].

W Polsce zasadniczym dokumentem jest ustawa z 29.11.2000 r. Prawo atomowe (tekst jednolity Dz. U. z 2007 r. nr 42. poz. 276 z późn. zm. z 11.04. 2008 r., Dz. U. 2008 nr 93 poz. 583), Ustawa - Prawo ochrony środowiska (Dz. U. nr 62, poz. 627 z późn. zm.) i Rozporządzenie Rady Ministrów z 17.12.2002 r. w sprawie stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych i placówek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych (Dz. U. nr 239, poz. 2030), przygotowane na podstawie delegacji zawartej w Prawie Atomowym (Dz. U. z 2001r. nr 3, poz. 18. z późn. zm.) [3, 4]. Monitorowanie sytuacji radiacyjnej w Polsce nadzoruje Państwowa Agencja Atomistyki, zaś pomiary przeprowadzane są w specjalistycznych stacjach i placówkach pomiarowych oraz w placówkach jednostek badawczo-rozwojowych na obszarze całego kraju. W Polsce można wyróżnić dwa systemy monitoringu radiacyjnego:

- **ogólnokrajowy**, w którym prowadzi się pomiary umożliwiające ogólną ocenę sytuacji radiacyjnej kraju;
- **lokalny**, który dotyczy pomiarów na terenach, gdzie prowadzona jest działalność mogąca powodować lokalne zwiększenie narażenia radiacyjnego ludności [4].

Monitoring radiacyjny prowadzony jest dla głównych komponentów środowiska naturalnego: atmosfery, wód i osadów dennych oraz gleby. W atmosferze mierzona jest wartość mocy dawki promieniowania gamma od promieniowania kosmicznego oraz radionuklidów zawartych w glebie. Z najnowszego raportu wynika, że w Polsce w 2009 r. średnie dobowe wartości mocy dawki wahały się w granicach od 47 do 158 nGy/h, przy średniorocznej wynoszącej 92 nGy/h. W przyziemnej warstwie atmosfery określa się również promieniotwórczość sztuczną aerozoli na podstawie pomiarów wykonywanych w stacjach wczesnego wykrywania skażeń (ASS-500). W 2009 r. przede wszystkim rejestrowano obecność Cs-137, a jego średnioroczne stężenia zawierały się w granicach od ok. 0,1 do 6,7 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (średnio 1,0 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$). Dla innych radio-

nuklidów omawiane wartości wynosiły: dla I-131 - zawierały się w przedziale od ok. 0,1 do 47,7 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ (średnio 0,6 $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$), a dla naturalnego Be-7 wynosiły kilka mBq/m^3 [4]. Skażenie od radioaktywnego cezu i jodu są efektem katastrofy czarnobylskiej oraz tegorocznej awarii elektrowni Fukushima w Japonii.

Promieniotwórczość gleby pochodząca od naturalnych i sztucznych radioizotopów wyznaczana jest na podstawie pomiarów ich zawartości w próbkach niekulturowanej gleby, natomiast w przypadku pomiarów promieniotwórczości wód i osadów dennych, pod tym względem, analizuje się próbki pobierane ze stałych miejsc kontrolnych. Zgodnie z rekomendacją UE należy wykonywać pomiary Cs-137 oraz Sr-90.

3. PROBLEM PODWYŻSZONEJ PROMIENIOTWÓRCZOŚCI W WODACH KOPALNIANYCH W POŁUDNIOWEJ POLSCE

Jednym z naturalnych źródeł promieniotwórczości są wody podziemne zawierające różne radionuklidy. Zanim rozpoczęto systematyczne badania, wysoką radioaktywność wód na terenach górniczych (m.in. w Polsce południowej) uważano za „anomalie radiohydrogeologiczne” [6]. Dziś wiemy, że podobne obserwacje poczyniono w wielu miejscach na świecie np. dla wód w pobliżu szybów naftowych (Australia, Ukraina), czy węgla kamiennego (Niemcy), a w Iranie i Japonii zaobserwowano naturalne wypływy wód radowych. W Polsce zjawisko to związane jest z kopalniami węgla kamiennego, np. na terenie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW). Odprowadzane do rzek powierzchniowych wysoko zasolone wody kopalniane o podwyższonej promieniotwórczości naturalnej powodują problemy nie tylko natury technicznej (osady w instalacjach), ale również ekologiczne, ponieważ dochodzi do skażenia środowiska naturalnego przez radioaktywne substancje wymywane z głębi ziemi [7].

3.1. Geologia i usytuowanie Górnośląskiego Zagłębia Węglowego

Górnośląskie Zagłębie Węglowe jest jednym z trzech zagłębi, obok Dolnośląskiego i Lubelskiego, w których obrębie występują złoża węgla kamiennego. Jego powierzchnia w granicach Polski wynosi około 5800 km^2 i znajduje się tutaj około 85 % zasobów węgla kamiennego. Pod względem geograficznym zasadnicza część GZW znajduje się na Wyżynie Śląsko - Krakowskiej, a poza tym obejmuje jeszcze Wyżynę Śląską, z północnym Garbem Tarnogórskim, w części środkowej - Wyżynę Katowicką z Górnośląskim Okręgiem Przemysłowym, na południu Płaskowyż Rybnicki i na wschodzie Pagóry Jaworznickie. W kierunku północno - wschodnim graniczy z Wyżyną Krakowsko - Częstochowską. W południowej części GZW występują regiony zaliczane do Północnego Podkarpacia [8]. Górny Śląsk w znacznej części znajduje się w obrębie struktury śląsko - morawskiej, która utworzona została ze skał prekambryjskich i paleozoicznych w czasie orogenezy waryscyjskiej. GZW jest położone w ramach skonsolidowanego prekambryjskiego podłoża bloku tektonicznego Brunni i Górnego Śląska [9].

3.2. Promieniotwórczość wód kopalnianych

W latach 70. ub.w. rozpoczęto regularne badania promieniotwórczości naturalnej w kopalniach GZW, dziś kontynuowane przez Główny Instytut Górnictwa w Katowicach, który na bazie własnego laboratorium radiometrii prowadzi m.in. analizy promieniotwórczości wód i osadów dołowych znacznej części

górnosląskich kopalni. Zgodnie z obowiązującym prawem, kopalnie muszą systematycznie, raz w roku kontrolować stężenia Ra-226 i Ra-228 w wodach i osadach [10].

Za zjawisko podwyższonej radioaktywności w wodach kopalnianych odpowiadają przede wszystkim izotopy radu Ra-226 z szeregu uranowego i Ra-228 z szeregu torowego. Wody kopalniane mają różny skład chemiczny, tj. różnią się pod względem zasolenia, obecności jonów Ba^{2+} , czy SO_4^{2-} , a także pod względem wzajemnego stosunku ilościowego izotopów radu. Związane jest to z geologią poszczególnych złóż, głównie litologią, wodoprzepuszczalnością i właściwościami kolektorskimi górotworu oraz zasilaniem górotworu przez wody powierzchniowe. Wody o wysokiej zawartości radu występują głównie w południowej i centralnej części GZW. Biorąc pod uwagę izotopy radu, oraz czynniki wpływające na jego stężenie w wodach dołowych, umownie dokonano podziału na dwa typy wód: A i B. Pierwszy typ, to tak zwane wody radowo – barowe (A), charakteryzujące się na ogół większymi stężeniami radu niż wody typu B. Omawiane różnice są trudne do uchwycenia w powierzchniowych wodach kopalnianych, gdzie dochodzi do mieszania się wód typu A z wodami siarczanowymi, występującymi powszechnie w środowisku i współstrąceniu jonów radu i baru w postaci $RaBa(SO_4)_2$. Proces ten zachodzi w znacznym stopniu już pod ziemią, w rurociągach, osadnikach powierzchniowych. Wody typu B, zawierające nawet dziesięciokrotnie mniejszą ilość radu, są wolne od baru z powodu zawartości jonów siarczanowych. Rad w wodach typu B łatwiej „przemieszcza się” i nie osadza się „po drodze” i dlatego wokół kopalni można obserwować jego podwyższone stężenia w rzekach. W niektórych przypadkach stosuje się system oczyszczania wód kopalnianych z radu poprzez jego współstrącenie z użyciem jonów baru w postaci siarczanu radowo – barowego [6, 11]. Jedną z takich kopalni jest KWK „Piast” w Bieruniu, a instalacja opracowana w Laboratorium Radiometrii GIG funkcjonuje tu na jednym z poziomów wydobywczych, oczyszczając tylko część wód, które następnie mieszane są z wodami nieoczyszczonymi i stąd usuwane na powierzchnię [6].

4. SYTUACJA RADIACYJNA ŚRODOWISKA PRZYRODNICZEGO NA TERENACH PRZYKOPALNIANYCH

Laboratorium Radiometrii GIG w Katowicach, oprócz licznych badań dotyczących wód kopalnianych, prowadzi ocenę ich wpływu na rzeki, do których są bezpośrednio odprowadzane. Obecnie polskie prawo nie nakazuje żadnej instytucji monitorowania sytuacji radiacyjnej środowiska naturalnego wokół kopalni węglowych pod kątem skażenia radem od wód zrzutowych. Jednak GIG przekazując zleceńodawcom wyniki analiz promieniotwórczości wód i osadów dołowych, podaje szereg zaleceń, a jednym z nich jest potrzeba monitoringu radiologicznego wód kopalnianych odprowadzanych do rzek. Analizie podlega woda z osadników powierzchniowych, przy wypływie, poniżej i powyżej punktu zrzutu solanek. Omawiane rozwiązanie stosuje się m.in. w kopalni w Bieruniu, gdzie mierzy się rad w wodach pobranych poniżej i powyżej punktu zrzutu wód dołowych do rzeki. Monitorowanie stanu środowiska wokół kopalni leży dziś w gestii zakładów górniczych, które nadal (błędnie) kierują się wycofanym rozporządzeniem o odpadach promieniotwórczych [12], klasyfikującym wodę o aktywności od $Ra-226 > 0,7 \text{ Bq/dm}^3$ do ciekłych odpadów promieniotwórczych. Obowiązujące dziś przepisy dotyczące odpadów promieniotwórczych wynikające z rozporządzenia [13] stosują inne kryterium

klasyfikacji, które opiera się na wartościach aktywności i stężenia promieniotwórczego (Bq/kg) poszczególnych radioizotopów (tab. 1). Stężenia izotopów radu w niektórych rzekach na terenie GZW określono jako wyraźnie podwyższone w stosunku do przeciętnych wartości spotykanych w przyrodzie, a zasadniczą przyczyną tego stanu jest zrzut wód z kopalni węgla kamiennego [7]. Oceniając wyniki pomiarów w oparciu o wycofane zarządzenie [12], w wielu przypadkach zmierzone wartości przekraczały poziom dopuszczalny. W dwóch kopalniach GZW (KWK „Piaś” i KWK „Ziemowit”), które charakteryzują się dopływem wód wyjątkowo silnie radowych, stosuje się z powodzeniem stacje odradowania, co w znacznym stopniu poprawia sytuację radiacyjną wód powierzchniowych (rzeka Gostynia i Potok Goławiecki, dorzecze Wisły).

Tabela 1. Klasyfikowanie odpadów promieniotwórczych wg aktywności i stężenia promieniotwórczego

Izotop promieniotwórczy	Aktywność [Bq]	Stężenie promieniotwórcze [kBq/kg]
Ra-226	10^4	10
Ra-228	10^5	10

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [13]

4.1. Analiza wód rzecznych na terenie GZW

Monitoring sytuacji radiacyjnej środowiska przyrodniczego wokół zakładów wydobywczych, a w szczególności wód powierzchniowych zasilanych zrzutami kopalnianymi, odbywa się poprzez analizę promieniotwórczości wybranych rzek. Omawiane zależności Autorzy zweryfikowali badaniami własnymi w 2010 r., przeprowadzając analizę ilościową i jakościową próbek wody. Na podstawie opracowania [6] wybrano obszary występowania wód radonowych **typu B (rzeka Gostynia, rys.1, 2)** oraz **A (rzeki: Nacyna i Bierawka, rys. 3 - 5)**, celem określenia miejsc poboru próbek do badań (rys. 1 - 5).

W badaniach zastosowano standardową metodykę przygotowania i analizy próbek, a pomiarów dokonano miesiąc po pobraniu próbek z wykorzystaniem wielokanałowego spektrometru promieniowania gamma, model GENIE-2000 firmy Canberra Packard z detektorem półprzewodnikowym HPGe, model GX2518. Urządzenie to pozwala mierzyć energie kwantów promieniowania z przedziału 10 - 2000 keV, a jego zdolność rozdzielcza wynosi 0,25 keV [14]. Przed rozpoczęciem pomiaru objętość każdej próbki była redukowana przez odparowanie z użyciem podczerwieni z początkowych 5,00 dm³ do 0,45 dm³. Czas pomiaru widma wynosił 300000 s (ponad 3 doby).

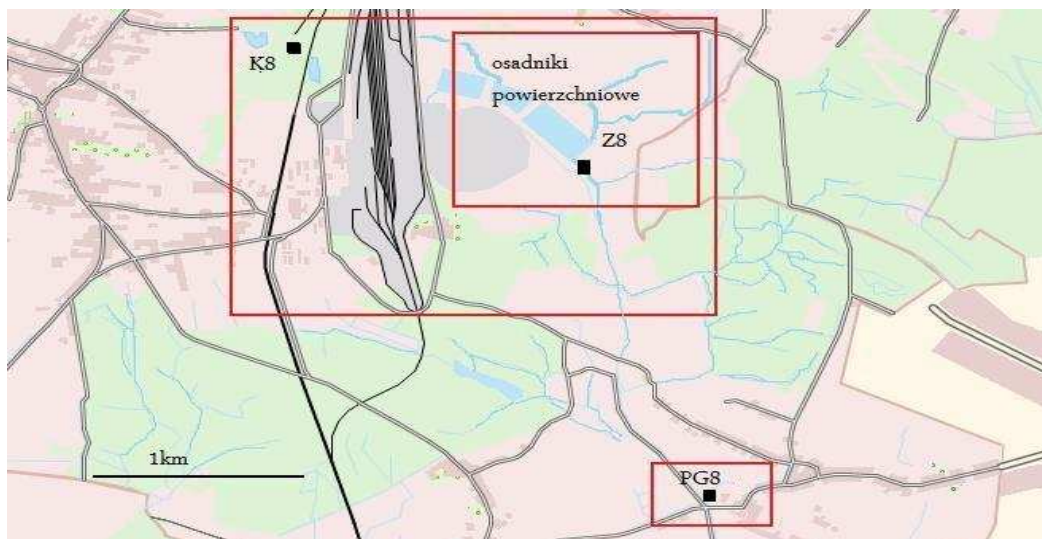
Oprócz analiz radioaktywności wykonano szereg pomiarów dodatkowych w zakresie podstawowych fizykochemicznych właściwości badanej wody. Na miejscu poboru próbek organoleptycznie oceniono barwę, zapach, mętność wody, a ponadto oznaczono pH, temperaturę wody, substancje rozpuszczone ogółem (TDS-meter), a w laboratorium Zakładu Metalurgii Chemicznej Politechniki Wrocławskiej oznaczono twardość ogólną metodą wersenianową, w czasie nieprzekraczającym tygodnia od daty poboru próbek (po ich uprzednim zakwaszeniu do pH < 2, tab. 3) [16].

Badania wód rzek zasilanych wodami z kopalni KWK „Piast” oraz „Ziemowit”. Z Gostyni pobrano dwie próbki: **GA6** - poniżej punktu zrzutu wód dołowych i jedną (kontrolną) powyżej - **GB7**. Z Potoku Goławieckiego pobrano 1 próbkę zanieczyszczoną wodami kopalnianymi (**PG8**). Na rysunku 1 przedstawiono mapę z orientacyjną lokalizacją kopalni oraz punktami zrzutu oraz poboru próbek wód, które pobrano 19.03.2010 r.



Rys. 1. Lokalizacja KWK „Piast” (K6), punktu zrzutu (Z6) wód kopalnianych do rzeki Gostyni oraz punktów poboru wody (GA6, GB7)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [15]



Rys. 2. Lokalizacja KWK „Ziemowit” (K8), punktu zrzutu (Z8) wód kopalnianych do Potoku Goławieckiego oraz punktu poboru wody (PG8)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [15]

Wyniki analiz wykazały, że najwyższe aktywności izotopów radu zanotowano w **Potoku Goławieckim (PG8)**: **1,003±0,096 Bq/dm³** dla **Ra-226** i **1,51±0,0967 Bq/dm³** dla **Ra-228**. Stosunek stężeń Ra-226 do Ra-228 w rzece świadczy o tym, że mamy do czynienia z wodami typu B, dla których charakterystyczne proporcje wynoszą 1 : 2, a nawet 1 : 3, przy założeniu, że próbka odzwierciedla w przybliżeniu skład wód dołowych. Zmierzone aktywności radu w wodzie > 1 Bq/dm³ świadczą o jej wysokim skażeniu promieniotwórczym, a prawdopodobnym źródłem skażeń są wody zrzucane z pobliskiej kopalni. Uzyskane wyniki potwierdzają tezę, że wody kopalniane w KWK „Ziemowit” są wodami radowymi typu B (bez jonów baru). W przeciwnym razie jony Ba²⁺ uległyby współstrąceniu z jonami Ra²⁺ już w osadnikach, rurociągach, lub pod ziemią, być może nawet przed dopływem do wyrobiska, co jest charakterystyczne dla wód typu A.

Powyższych rozważań nie możemy zastosować w przypadku rzeki **Gostynia**, gdzie w punkcie **GA6** dochodzi do mieszania się wody rzecznej z wodami kopalnianymi. Zmierzone aktywności od **Ra-228** < **0,0603 Bq/dm³** oznaczone poniżej granicy błędu, oraz znacznie wyższe - od **Ra-226** - **0,839 ± 0,057 Bq/dm³** są pewnym ewenementem. Wiadomo jednak, że z kopalni KWK „Piaś” do Gostyni odprowadzane wody są typu B [6], co potwierdza wysoka aktywność od Ra-226. Niska aktywność od Ra-228 może wynikać z błędów podczas poboru próbki lub przygotowania jej do analizy. Ocenę wpływu wód dołowych z kopalni na stan wód rzecznych najlepiej ocenić poprzez porównanie skażeń rzeki przed i za miejscem zrzutu. Zmierzone aktywności Ra-226 i Ra-228 w próbce z punktu **GB7** (wody rzecznej wolnej od zanieczyszczeń kopalnianych) wynoszą odpowiednio: < **0,386** i < **0,0769 Bq/dm³**. Na tej podstawie można wnioskować, że źródłem skażenia wody Gostyni radem są wody kopalniane, mogące powodować również lokalne skażenia środowiska naturalnego. W świetle nieobowiązującego rozporządzenia [12], aktywności od Ra-226 przekraczają dopuszczalną normę - 0,7 Bq/dm³.

Badania rzek zasilanych wodami z kopalni KWK „Rydułtowy - Anna” i „Knurów – Szczygłowice”. Inaczej sytuacja kształtuje się na terenie nadodrzańskim, gdzie mamy do czynienia z wodami typu A, które nie powodują znaczącego skażenia środowiska wokół kopalni.

Wybrano dwie rzeki, które są systematycznie zasilane wodami dołowymi, tj. Nacynę (odbiornik wód KWK „Rydułtowy - Anna”) oraz Bierawkę (KWK „Knurów - Szczygłowice”). Dla porównania pobrano także jedną próbkę z rzeki Ruda, która nie przyjmuje wód z żadnej kopalni. Próbki oznaczono: **B1**, **R2** (pobrane 5.11.2009 r.) oraz **N9** (22.03.2010 r.). Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 2.

Ruch Knurów kopalni KWK „Knurów – Szczygłowice” (K1) odprowadza wody do rzeki Bierawka w punkcie Z1. Na rysunku 4 zaznaczono punkt poboru próbki wody z rzeki Ruda oraz miejsce wpływu Nacyny do Rudy. Do Nacyny zrzucane są wody z kopalni KWK „Rydułtowy - Anna”, natomiast wodę z Rudy pobrano powyżej wlotu Nacyny - tak, aby próbka **R2** reprezentowała wody niezanieczyszczone wodami kopalnianymi. Próbkę **N9** pobrano w miejscu, w którym woda jest już zmieszana z wodami kopalnianymi.

SYTUACJA RADIACYJANA WÓD POWIERZCHNIOWYCH NA GÓRNYM ŚLĄSKU...



Rys. 3. Lokalizacja KWK „Knurów - Szczygłowice” Ruch Knurów (K1), punktu zrzutu wód kopalnianych do rzeki (Z1), punktu poboru próbki wody (B1)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [15]



Rys. 4. Lokalizacja punktu poboru próbki wody z rzeki Ruda (R2) oraz wlotu Nacyny do Rudy (N)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [15]



Rys. 5. Lokalizacja KWK „Rydułtowy – Anna” (K9), punktu zrzutu (Z9) wód kopalnianych do rzeki Bierawski i punktu poboru próbki wody (N9)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [15]

Aktywności radu w Bierawce oraz Nacynie są niskie i implikują wniosek, że wody zrzutowe z kopalni są typu A, a zawarty w nich rad zostaje prawdopodobnie wytrącony podczas ich przepływu już „pod ziemią”. W rzece Ruda, która nie przyjmuje wód kopalnianych, także nie odnotowano wysokich aktywności od radu.

Tabela 2. Zestawienie wyników analiz promieniotwórczości wód wybranych rzek zlewni Odry

Próbka	Aktywność objętościowa od Ra-226 [Bq/dm ³]	Aktywność objętościowa od Ra-228 [Bq/dm ³]
B1	<0,32	0,0433±0,0095
R2 (kontrolna)	0,0508±0,0443	0,0194±0,0062
N9	<0,24	<0,0453

Źródło: Opracowanie własne

Tabela 3. Właściwości fizykochemiczne pobranych próbek wody

Próbka	Rzeka	Barwa, zapach	pH	Temp. wody [°C]	Subst. rozp. ogółem [ppm]	Twardość ogólna [mmol _(Ca+Mg) /dm ³]	Aktywność Ra-226 [Bq/dm ³]	Aktywność Ra-228 [Bq/dm ³]
zlewnia Wisły zasilana wodami kopalnianymi typu B								
GA6	Gostynia	lekko żółta, mętna, zapach gnilny	7,06	7,8	4653	8,4	0,839 ±0,057	<0,0603
GB7 (kontrolna)	Gostynia		7,19	7,8	852	2,45	<0,386	<0,0769
PG8	Potok Goławiecki	klarowna, bez zapachu,	7,52	6,5	31070	36,2	1,003 ±0,096	1,51 ±0,0967
zlewnia Odry zasilana wodami kopalnianymi typu A								
B1	Bierawka	bezbarwna, zapach fekalny	7,79	12,2	9210	9,55	<0,32	0,0433 ±0,0095
R2 (kontrolna)	Ruda	klarowna, bezbarwna, brak zapachu,	7,64	12,7	435	2,85	0,0508 ±0,0443	0,0194 ±0,0062
N9	Nacyna	mętna, żółta, o ostrym zapachu gnilnym	7,89	8,1	8682	10,6	<0,24	<0,0453

Źródło: Opracowanie własne

PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki badań własnych potwierdziły dotychczasowe doniesienia literaturowe [6] na temat charakterystyki wód kopalnianych odprowadzanych do pobliskich rzek i oceny ich zagrożenia dla lokalnego środowiska naturalnego w aspekcie skażeń promieniotwórczych. Omawiane rzeki są odbiornikami wód zrzutowych z kopalni GZW, należących do spółki Kompania Węglowa S.A

w Katowicach. Prezentowane badania własne dotyczyły ograniczonego obszaru GZW i należy podkreślić, że z tego powodu nie są reprezentatywne i nie mogą być podstawą do szerszych rozważań na temat wpływu wód kopalnianych na rzeki powierzchniowe. Należy podkreślić, iż skład wód podziemnych zależy przede wszystkim od budowy geologicznej podłoża, zmieniając zatem teren badawczy możemy spodziewać się skrajnie różnych wyników. Na podstawie przeprowadzonych badań i obserwacji widzimy jednak, że kopalnie, których działalność może przyczynić się do skażenia środowiska naturalnego, posiadają stacje odradowania wód, a prowadzony monitoring potwierdza, że ryzyko poważnego skażenia wód powierzchniowych na Górnym Śląsku przez rad pochodzący z wód kopalnianych jest niskie. Potwierdzono, że odprowadzanie wód dołowych z kopalni powoduje zwiększenie stężenia radu w lokalnym środowisku naturalnym. Natomiast w kopalniach, gdzie nie występuje problem podwyższonej promieniotwórczości wód, nie obserwujemy też wysokich aktywności radu w wodach rzecznych. Prowadzi to do wniosku, że tereny narażone na odbiór wód dołowych skażonych znacznymi ilościami radu powinny podlegać monitoringowi. Trzeba jednak podkreślić, że zmierzone stężenia nie zagrażają środowisku z punktu widzenia prawa, a skażona woda odprowadzana z kopalni szybko ulega rozcieńczeniu w rzece.

Innym, nie mniej ważnym problemem jest negatywny wpływ silnie zasolonych wód kopalnianych na środowisko naturalne. Warto zauważyć, że z polskich kopalni węglowych zrzucane są wody o bardzo wysokim zasoleniu, znacznie wyższym niż w wodzie morskiej, a zawartość soli może przekraczać nawet 200 kg/m^3 [6]. Znajduje to również potwierdzenie w badaniach własnych Autorów (tab. 3), którzy zmierzili aż 31070 mg/dm^3 (próbka **PG8**) substancji rozpuszczonych ogółem przy twardości ogólnej wody - $36,2 \text{ mol jonów Mg}^{2+}$ i Ca^{2+} w 1 m^3 wody. Analiza wpływu słonych wód kopalnianych na rzeki jest zagadnieniem niewątpliwie równie interesującym i wymaga uwagi.

LITERATURA

- [1] Dobrzyński L., Droste E., Trojanowski W., Wołkiewicz R., *Spotkanie z promieniotwórczością*, Instytut Problemów Jądrowych w Świerku, Świerk 2005.
- [2] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18.01.2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego, Dz. U. z 3.02.2005 r. nr 20 poz. 168.
- [3] Pietrzak-Flis Z., Rosiak L., Starościak E., Chranowski E., Fulara A., *Monitoring skażeń promieniotwórczości wód powierzchniowych i osadów dennych w latach 2006-2008*, Państwowy Monitoring Środowiska, Raport roczny z 2008 r., [online] [dostęp: 11.02.2010]. Dostępny w Internecie: http://www.gios.gov.pl/zalaczniki/artykuly/skazenia2008_20100412.pdf.
- [4] Waligórski M., *Działalność Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki oraz ocena stanu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce w 2009 r.*, Warszawa 2010.
- [5] Pol K., *Monitoring skażeń promieniotwórczych w Polsce*, [w:] „Zeszyty Naukowe WSOWL”, nr 2/2008, Wrocław 2008, s. 1-9.

- [6] Chałupnik S., *Rad w wodach kopalń węgla kamiennego na Górnym Śląsku - metody badań, ocena wpływu na środowisko, zapobieganie skażeniom*, Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnicztwa, Katowice 2007.
- [7] Wysocka M., Chałupnik S., *Promieniotwórczość naturalna w wodach kopalnianych na Górnym Śląsku - wpływ na wody rzeczne*, Prace Naukowe Głównego Instytutu Górnicztwa, Seria Konf., Katowice 2000.
- [8] Gabzdyl W., Gorol M., *Geologia i bogactwa mineralne Górnego Śląska i obszarów przyległych*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2008.
- [9] *Hydrogeologia polskich złóż kopalin i problemy wodne górnictwa*, pod red. Wilka Z., Uczelniane Wydawnictwa Naukowo - Dydaktyczne, Kraków 2003.
- [10] Ustawa z 1994 r. Prawo geologiczne i górnicze, Dz. U. 1994, nr 27 poz. 96.
- [11] Wysocka M., Labecka J., Mielnikow A., Chałupnik S., Skubacz K., Michalik B., *Rad w wodach kopalnianych w Polsce: występowanie i wpływ na wody rzeczne*, Second World Mining Environment Congress, oprac. Główny Instytut Górnicztwa, Katowice 1997.
- [12] Zarządzenie Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki z dnia 19 maja 1989 r. w sprawie zasad zaliczania odpadów do odpadów promieniotwórczych oraz ich kwalifikowania i ewidencjonowania, a także warunków ich unieszkodliwiania, przechowywania i składowania, M.P. 1989, nr 18, poz. 125.
- [13] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 3 grudnia 2002 r. w sprawie odpadów promieniotwórczych i wypalonego paliwa jądrowego, Dz. U. 2002, nr 230, poz. 1925.
- [14] Żebrowski A., Kozłowski K., *Analiza radiometryczna permeatu z modelu laboratoryjnego stacji K-4*, Politechnika Wrocławska, raport z badań – dane niepublikowane, Wrocław 2002.
- [15] [online] [dostęp: 20.04.2010]. Dostępny w Internecie: <http://mapa.pf.pl>.
- [16] Hermanowicz W., Dojlido J., Dożańska W., Koziorowski B., Zerbe J., *Fizyczno - chemiczne badanie wody i ścieków*, Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1999.

RADIATION SITUATION OF SURFACE WATER IN UPPER SILESIA – ASSESSMENT OF COAL MINING IMPACT

Summary

The main goal of this publication is to describe the problem of radioactivity of coal mine water from Upper Silesia and its influence on the environment surrounding the mines. The first part of this article presents the current knowledge concerning natural and artificial radioactivity and describes the current radiation monitoring system in Poland. The next part presents the results of the analysis of river water taken from different points: below and above the points of discharge of mine water. This analysis was performed in the Chemical Metallurgy Division at

Wrocław University of Technology. The conclusion drawn from the results is as follows: even high concentrations of radium in mine water does not pollute rivers too much.

Key words: *mine water, river water, radium-226, radium-228, environmental monitoring system, radiation monitoring system*

Artykuł recenzował: prof. dr hab. inż. Jerzy ZWOŹDZIAK