

Józef CHOWANIEC, Piotr FREIWALD, Krzysztof WITEK
Oddział Karpacki Państwowego Instytutu Geologicznego, Kraków

WPŁYW EKSPLOATACJI GÓRNICTWA SIARKI NA CHEMIZM WÓD PODZIEMNYCH I POWIERZCHNIOWYCH W STREFIE PRZYGRANICZNEJ POLSKI I UKRAINY

Streszczenie. W artykule przedstawiono analizę głównych parametrów fizykochemicznych wód powierzchniowych i podziemnych w strefie przygranicznej Polski i Ukrainy. W rejonie tym, do końca XX. wieku, eksploatowane były złoża siarki rodzimej (po stronie polskiej złoża „Basznia”, po stronie ukraińskiej złoża „Jazów” i „Niemirów”). Przeanalizowano wyniki badań fizykochemicznych próbek wód powierzchniowych i podziemnych. W wodach powierzchniowych stwierdzono podwyższone zawartości jonów SO_4 , NH_4 , Fe, Mn, natomiast w wodach podziemnych jonów SO_4 , NO_3 , NH_4 , Cl, Mn.

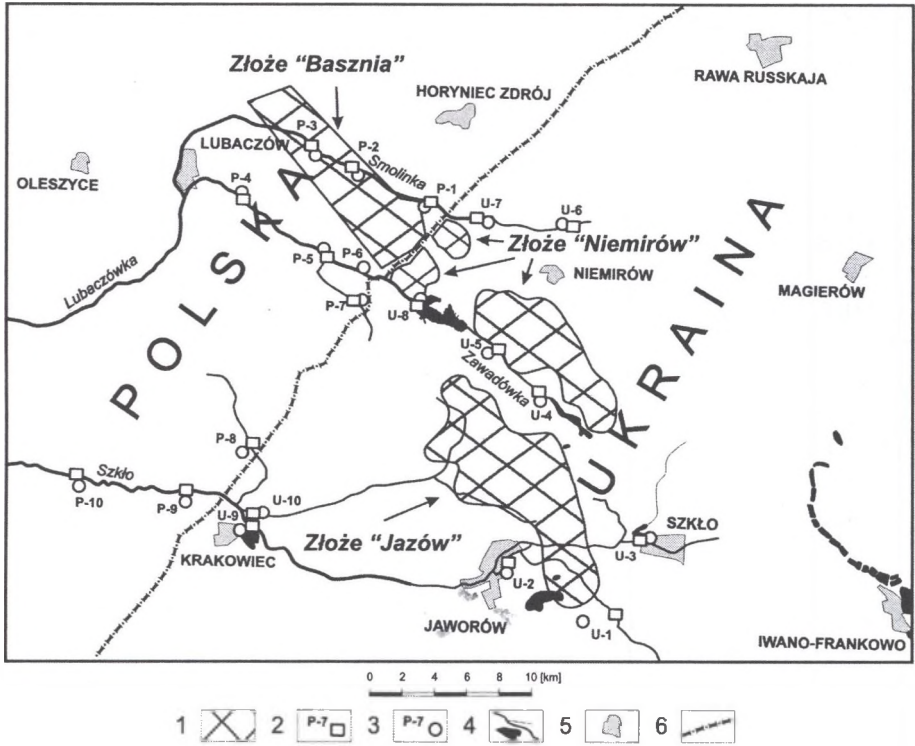
THE SULPHUR MINING IMPACT ON THE SURFACE AND GROUNDWATER CHEMISTRY IN THE POLISH-UKRAINIAN TRANSBOUNDARY ZONE

Summary. Hydrogeological conditions regarding physical and chemical parameters of the surface and groundwaters in the Polish – Ukrainian transboundary belt are presented. In this area, native sulphur deposits (“Basznia” in Poland, and “Jazów” and “Niemirów” in Ukraine) were explored till the end of the XX century. In the surface water samples increased amount of SO_4 , NH_4 , Fe, and Mn ions were noted, while in those of groundwater, levels of SO_4 , NO_3 , NH_4 , Cl, and Mn ions increased.

1. Wprowadzenie

Północno - wschodnia część zapadliska przedkarpackiego obfituje w wystąpienia złóż siarki rodzimej w obrębie morskich osadów miocenu. W rejonie pomiędzy Lubaczowem po stronie polskiej a Jaworowem na Ukrainie do końca XX wieku, złoża te były przedmiotem

eksploatacji (rys. 1). Złoże „Basznia”, które zlokalizowane jest po stronie polskiej (wschodnia granica obszaru górniczego znajduje się w odległości około 0,5 km od granicy polsko-ukraińskiej), eksploatowane było metodą otworową (metoda Frasha). Podobną metodę eksploatacji zastosowano w przypadku ukraińskiego złoże siarki rodzimej „Niemirów”, stanowiącego wschodnie przedłużenie złoże „Basznia”. Drugie ze złożeń ukraińskich zlokalizowanych w pobliżu granicy z Polską (złoże „Jazów”) było eksploatowane metodą odkrywkową.



1 – obszar złóż siarki rodzimej, 2 – punkty poboru próbek wód powierzchniowych, 3 – punkty poboru próbek wód podziemnych, 4 – rzeki, jeziora, 5 – miejscowości, 6 – granica państwa

Rys. 1. Lokalizacja złóż siarki rodzimej
Fig. 1. Location of native sulphur deposit

W latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku nastąpiło zwiększenie podaży siarki uzyskiwanej z innych, tańszych źródeł, z równoczesnym spadkiem popytu na ten surowiec dla przemysłu chemicznego (głównie do produkcji nawozów sztucznych). Sytuacja ta

spowodowała ograniczenie wydobycia siarki rodzimej, co w konsekwencji doprowadziło do systematycznej likwidacji zakładów górniczych. W związku z tymi zmianami pojawił się problem wpływu likwidowanych kopalń na stan środowiska naturalnego.

Obszar objęty badaniami odwadniany jest przez prawoboczne dopływy Sanu: Szkło i Lubaczówkę (po stronie ukraińskiej – Zawadówka) z jej prawobrzeżnym dopływem Smolinką. Ponieważ rzeki te mają swoje źródła na terenie Ukrainy, zachodzi tu zjawisko transgranicznego przepływu wód powierzchniowych i podziemnych. Lubaczówka przepływa przez obszary dawnej eksploatacji siarki rodzimej (kopalnia w Niemirowie po stronie ukraińskiej i kopalnia w Baszni Górnej po stronie Polskiej). Rzeka Szkło przepływa przez obszar wyeksploatowanych złóż siarki rodzimej „Jaworów” (po stronie ukraińskiej).

2. Analiza wpływu eksploatacji siarki rodzimej na jakość wód powierzchniowych i podziemnych

Ujemny wpływ eksploatacji siarki na środowisko naturalne przejawia się w jego licznych przekształceniach, które powstają zarówno w trakcie eksploatacji, jak i po jej zakończeniu. Zmiany te dotyczą między innymi chemizmu wód podziemnych jak i powierzchniowych. Spowodowane są one mieszaniami się płytko występujących wód poziomu czwartorzędowego z wysokozmineralizowanymi ($10-20 \text{ g/dm}^3$), naporowymi wodami poziomu neogeńskiego. Takie zjawisko obserwuje się na obszarze obu nieczynnych kopalń – „Basznia” i „Niemirow” (Chowaniec, Freiwald, 2005; Freiwald i in., 2004). Zagrożenie wód podziemnych występuje również podczas przenikania przez hałdy i zwałowiska wód opadowych, zasilających bezpośrednio lub pośrednio poziomy wodonośne. Wody te charakteryzują się podwyższoną zawartością jonów siarczanowych i chlorkowych, obecnością siarczków i żelaza oraz niskim pH. Natomiast za zmiany składu chemicznego wód powierzchniowych odpowiedzialne są głównie odprowadzane z terenu kopalń siarki wody opadowe oraz w mniejszym stopniu wody podziemne zasilające cieki powierzchniowe (Chowaniec i in., 2007; Freiwald, Szługaj, 2003; Pankiv i in., 2008).

W pracy przeanalizowano wyniki badań próbek wód powierzchniowych i podziemnych pobranych w październiku 2005 r. oraz w maju i we wrześniu 2006 r. w pasie granicznym

Polski i Ukrainy. Próbkę wody pobrane zostały zarówno z cieków powierzchniowych (20 punktów), jak i z pierwszego od powierzchni terenu poziomego wodonośnego (20 punktów). Punkty badawcze rozmieszczone zostały wzdłuż dolin rzek Smolinki, Lubaczówki/Zawadówki i Szkła tak, aby miejsca poboru wód powierzchniowych były zlokalizowane w bezpośrednim sąsiedztwie studni, z których pobierane były próbki wód podziemnych (rys. 1; Chowaniec i in., 2007).

Tabela 1

Średnie zawartości wybranych parametrów fizykochemicznych wód powierzchniowych i podziemnych (Chowaniec i in., 2007)

Rzeka	Kraj	Miejscowość	Nr punktu	Próbka wody	pH	Przewo-	SO ₄	Cl	NO ₃	NH ₄	Fe	Mn
						d-ność						
						[mS/cm]	[mg/dm ³]					
Smolinka	Ukraina	Worobłaczyn	U-6	powierzchnio-	7,5	0,681	43,4	20,4	28,7	0,14	0,02	0,16
				podziemnej	7,3	0,447	24,3	10,7	28,2	0,08	0,02	0,001
		Sałaszi	U-7	powierzchnio-	7,5	0,464	29,9	16,5	1,4	0,07	0,05	0,17
				podziemnej	7,4	0,17	15,4	7,7	13,4	0,05	0,2	0,07
	Polska	Huta Kryształowa	P-1	powierzchnio-	7,4	0,518	31,0	18,8	4,0	0,12	0,11	0,43
				podziemnej	7,3	0,38	44,7	16,7	11,8	0,57	0,01	0,01
		Podlesie	P-2	powierzchnio-	7,7	0,509	27,3	16,6	8,2	0,05	0,03	0,12
				podziemnej	7,0	0,818	251,0	18,8	72,1	0,05	0,03	0,03
		Basznia Dolna	P-3	powierzchnio-	7,7	0,521	29,8	15,0	10,1	0,13	0,03	0,09
				podziemnej	7,5	0,425	9,1	3,8	0,1	0,41	0,83	0,1
Zawadówka	Ukraina	Kołytiaki	U-4	powierzchnio-	7,4	0,264	22,8	4,8	0,8	0,27	0,05	0,44
				podziemnej	7,0	0,952	121,3	77,7	92,3	0,05	0,05	0,07
		Zawadów	U-5	powierzchnio-	7,5	0,361	25,8	5,4	1,8	0,11	0,05	0,17
				podziemnej	7,1	1,063	79,2	53,5	121,0	0,07	0,02	0,01
		Gruszew	U-8	powierzchnio-	7,6	0,325	28,1	7,8	0,3	0,18	0,03	0,18
				podziemnej	7,1	2,243	102,5	284,0	40,1	3,66	0,08	1,32

cd. tab. 1

Lubaczówka	Polska	Budomierz Duży	P-6	powierzchniowej	7,5	0,332	39,1	6,9	0,4	0,1	0,05	0,23		
				podziemnej	7,6	0,245	9,6	2,3	5,9	0,07	0,05	0,005		
		Krowica Hołodowska	P-5	powierzchniowej	7,5	0,334	39,1	7,4	1,9	0,09	0,04	0,25		
				podziemnej	7,0	0,804	70,1	48,9	151,3	0,05	0,01	0,03		
		Lisie Jamy	P-4	powierzchniowej	7,7	0,335	38,6	7,6	2,3	0,06	0,03	0,18		
				podziemnej	7,4	0,996	58,5	58,1	201,3	0,06	0,02	0,11		
		Budomierz Mały	P-7	powierzchniowej	7,4	0,32	11,2	5,2	0,9	0,06	0,35	0,63		
				podziemnej	7,1	0,518	41,8	19,5	106,7	0,05	0,01	0,005		
		Szkło	Ukraina	Tarnowycza	U-1	powierzchniowej	7,7	0,528	79,6	17,4	0,8	1,45	0,04	0,49
						podziemnej	7,1	0,704	86,2	20,8	58,4	0,05	0,03	0,27
Szkło	U-3			powierzchniowej	7,5	0,415	47,3	13,6	0,5	0,18	0,02	0,07		
				podziemnej	7,5	0,425	9,1	3,8	0,1	0,4	0,83	0,1		
	Polska	Jaworów	U-2	powierzchniowej	7,4	1,187	341,7	28,2	1,9	0,3	0,17	0,67		
				podziemnej	7,5	0,657	33,0	27,4	50,1	0,14	0,62	0,44		
		Krakowiec	U-9	powierzchniowej	7,4	0,983	252,3	30,0	5,0	0,83	0,03	1,33		
				podziemnej	7,3	1,413	153,7	62,1	24,9	0,07	0,03	0,06		
		Ruda Krakowiecka	U-10	powierzchniowej	7,2	0,728	95,9	77,7	1,6	0,11	0,03	0,38		
				podziemnej	7,3	1,099	76,4	66,9	1,1	0,07	0,02	0,12		
		Budzyń	P-9	powierzchniowej	7,5	0,823	206,3	34,0	4,3	0,33	0,02	1,02		
				podziemnej	7,5	1,233	218,6	23,7	25,2	0,05	0,01	0,03		
			Młyny	P-10	powierzchniowej	7,6	0,833	182,3	31,3	3,8	0,19	0,05	0,93	
					podziemnej	7,6	0,666	127,3	6,2	6,6	0,05	0,02	0,05	
Skolin	P-8		powierzchniowej	7,4	0,41	24,3	15,2	1,0	0,13	0,2	0,52			
			podziemnej	7,3	0,465	42,8	8,4	15,2	0,05	0,02	0,01			

72,1 - maksymalne zawartości jonów dla III klasy jakości (zadowalająca) wód podziemnych i powierzchniowych

(Rozporządzenie Ministra Środowiska..., 2004)

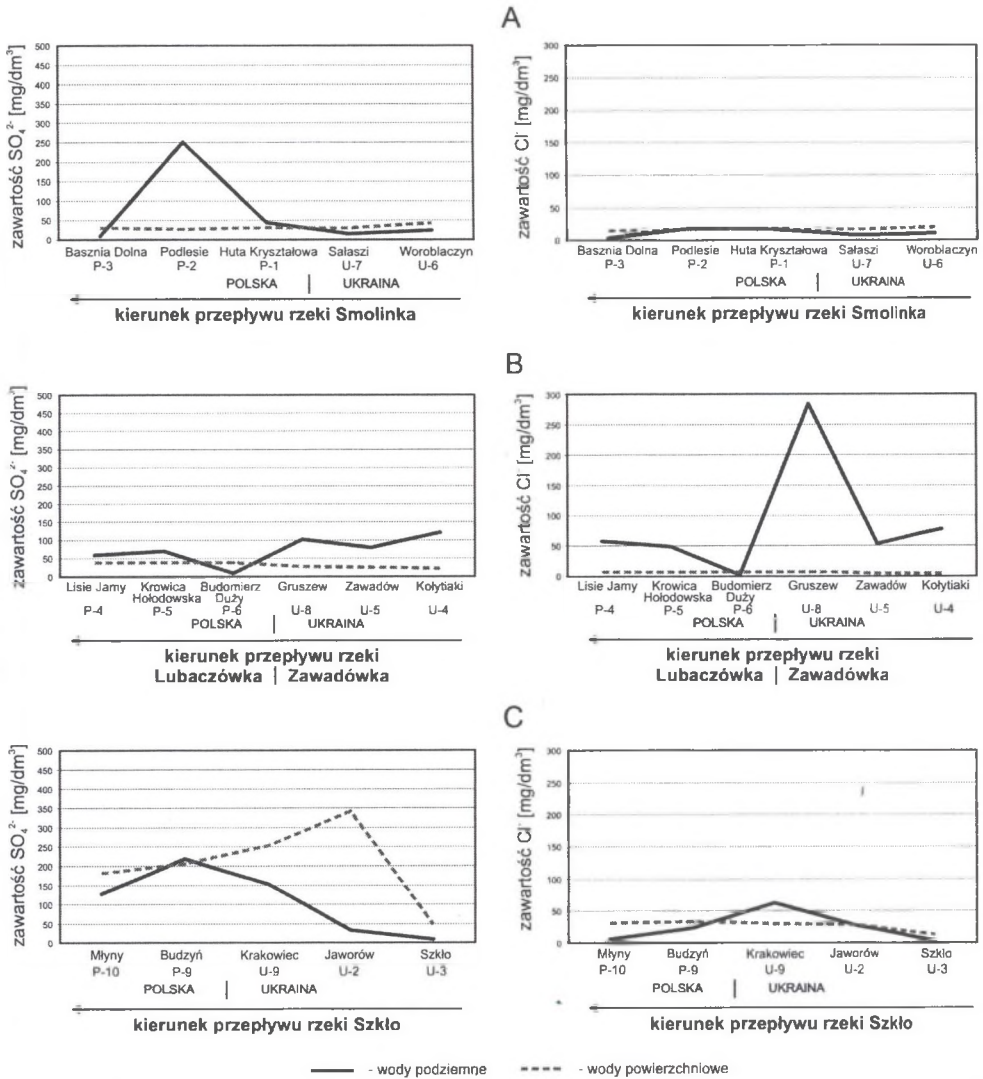
W wodach powierzchniowych stwierdzono przekraczające zawartości jonów SO_4 , NH_4 , Fe i Mn dla III klasy jakości, natomiast w wodach podziemnych jonów SO_4 , NO_3 , NH_4 , Cl i Mn (tab. 1; Rozporządzenie Ministra Środowiska..., 2004). Wody te zalicza się do IV i V klasy charakteryzujących się odpowiednio niezadowalającą i złą jakością.

Szczegółową analizę zawartości jonów siarczanowych i chlorkowych przedstawiono na wykresach (rys. 2). Analizę wykonano w oparciu o uśrednione wyniki 3 pomiarów (jesień 2005 r. oraz wiosna i jesień 2006 r.). Punkty pomiarowe usytuowane są w profilach 3 rzek o przepływie transgranicznym: Smolinka (rys. 2A), Zawadówka/Lubaczówka (rys. 2B) i Szkło (rys. 2C). Rzeki te przepływają przez obszary dawnej eksploatacji złóż siarki lub w ich bezpośrednim sąsiedztwie (rys. 1).

Największy wpływ eksploatacji siarki na wody powierzchniowe daje się zauważyć w zawartości jonów siarczanowych w punkcie U-2 w Jaworowie. Miejsce poboru próbki wody powierzchniowej zlokalizowane jest poniżej złoża „Jazów”. W kierunku przepływu rzeki Szkło zawartość jonów siarczanowych obniża się, jednakże jest kilkakrotnie wyższa niż w punktach pomiarowych na rzece Smolince i Lubaczówce (tab. 1; rys. 2). Wynika to faktu, że rzeka Szkło przepływa przez teren odkrywkowej kopalni siarki w Jaworowie. W przypadku rzek odwadniających obszary złóż siarki eksploatowanych metodą otworową (złóże „Niemirow” i „Basznia”) zmiany w zawartości jonów siarczanowych w profilach rzek są praktycznie niezauważalne. W przypadku jonów chlorkowych nie obserwuje się wyraźnego wzrostu ich zawartości w wodach powierzchniowych. Niewielki wzrost zawartości jonów chlorkowych obserwuje się jedynie w próbkach pobranych z rzeki Szkło poniżej złoża „Jazów” (rys. 2C).

W wodach podziemnych podwyższone zawartości jonów siarczanowych obserwuje się w rejonie nieczynnej kopalni w Baszni Górnej, co należy wiązać z przenikaniem wód opadowych do poziomu wodonośnego przez strefę aeracji zanieczyszczoną siarką rodzimą i jej związkami (rys. 2A).

Wzrost zawartości jonów siarczanowych obserwuje się również w próbkach wód podziemnych pobranych w profilu rzeki Szkło. Najwyższe zawartości jonów siarczanowych stwierdzono w punkcie P-9 w Budzynie na terytorium Polski (tab. 1).



Rys. 2. Średnie zawartości jonów siarczanowych i chlorkowych w wodach powierzchniowych i podziemnych wzdłuż biegu rzek: Smolinka (A), Zawadówka/Lubaczówka (B) i Szkła (C)

Fig. 2. Mean levels of SO₄ and Cl ions in surface and groundwater along the rivers: Smolinka (A), Zawadówka/Lubaczówka (B), and Szkło (C)

Przypuszczalnie wzrost zawartości jonów siarczanowych na kierunku przepływu rzeki Szkło (E–W) należy wiązać z dopływem zanieczyszczonych wód podziemnych z terenu kopalni siarki rodzimej w Jaworowie (Ukraina), głównie z okresu jej kilkudziesięcioletniej eksploatacji. Wyższe wartości jonów chlorkowych w punktach w Gruszewie (U-8) i Krakowcu (U-9) na obecnym etapie badań nie da się jednoznacznie wyjaśnić (tab. 1; rys. 2B;

2C). Może to być spowodowane migracją zanieczyszczeń z powierzchni terenu przez strefę aeracji, jak i dopływem wód bardziej zasolonych z neogeńskiego poziomu wodonośnego.

3. Podsumowanie

Obecnie Państwowy Instytut Geologiczny organizuje w strefie przygranicznej Polski i Ukrainy monitoring wód podziemnych głównych użytkowych poziomów wodonośnych o transgranicznym przepływie. Prowadzenie prac związanych z monitoringiem środowiska wodnego pozwoli na dokładne określenie kierunków migracji zanieczyszczeń.

Na obszarach nieczynnych kopalń siarki „Basznia i „Niemirow” pozostawiono niezabezpieczone otwory eksploatacyjne w złym stanie technicznym. Otworowa metoda eksploatacji, jaka tu była stosowana, spowodowała, że do tej pory w górotworze panują wysokie temperatury i ciśnienia. Sytuacja ta może doprowadzić do niekontrolowanego wypływu wód podziemnych z dużą zawartością siarkowodoru i szkodliwych substancji. Prowadzenie eksploatacji siarki rodzimej przez wiele lat metodą odkrywkową w Jaworowie skutkuje w chwili obecnej zanieczyszczeniem wód powierzchniowych i podziemnych. W związku z tym należy kontynuować dalsze prace rekultywacyjne zarówno po stronie polskiej, jak i ukraińskiej. Realizacja tych zadań na terenach nieczynnych kopalń powinna w znacznym stopniu ograniczyć możliwość zanieczyszczenia środowiska naturalnego w strefie przygranicznej Polski i Ukrainy.

BIBLIOGRAFIA

1. Chowaniec J., Freiwald P.: Zmiany w środowisku wodnym powstałe w wyniku eksploatacji siarki metodą otworową na przykładzie nieczynnej kopalni „Basznia” na pograniczu Polski i Ukrainy. *Resursy Prirodnich Wod Karpatskovo Regiona*. Lviv 2005.
2. Chowaniec J., Freiwald P., Patorski R., Witek K.: Wody powierzchniowe i podziemne [w:] *Atlas środowiska abiotycznego w pasie granicznym Ukrainy i Polski w skali 1:200 000 – 1:500 000*. CAG. Warszawa 2007.
3. Freiwald P., Szlugaj J.: Aspekty ochrony środowiska przyrodniczego związane z likwidacją górnictwa siarki w Polsce. *Gosp. Surow. Mineral.*, t.19, z.3. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków 2003.

4. Freiwald P., Patorski R., Witek K.: Środowisko wodne w rejonie nieczynnej Kopalni Siarki „Basznia” w powiecie lubaczowskim. Technika Poszukiwań Geologicznych. Geosynoptyka i Geotermia, nr 5-6, IGSMiN PAN, Kraków 2004.
5. Pankiv R., Kolodij V., Chowaniec J., Maikut O., Sakhnyuk I., Kost M., Kozak R., Berezovsky I.: Evaluation of the Ecological State of the Transborder Rivers Shklo and Zavadivka. VII Internacional Scientific Practical Conference. Resources of Natural Waters in Carpathian Region. Lviv 2008.
6. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 11 lutego 2004 r. w sprawie klasyfikacji dla prezentowania stanu wód powierzchniowych i podziemnych, sposobu prowadzenia monitoringu oraz sposobu interpretacji wyników i prezentacji stanów tych wód. Dz. U. Nr 32, poz. 284.

Recenzent: Dr hab. inż. Marek Pozzi
Profesor Politechniki Śl.