

**Natalia USHKO<sup>1</sup>, Chau Nguyen DINH<sup>2</sup>**<sup>1</sup>AGH Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska

al. A. Mickiewicza 30, 30-059 Kraków

<sup>2</sup>Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej

ul. Reymonta 19, 30-059 Kraków

natalia.ushko.1986@gmail.com

## Ocena jakości wód podziemnych z wybranych źródeł w obszarze Mińsk - Łogojsk na Białorusi

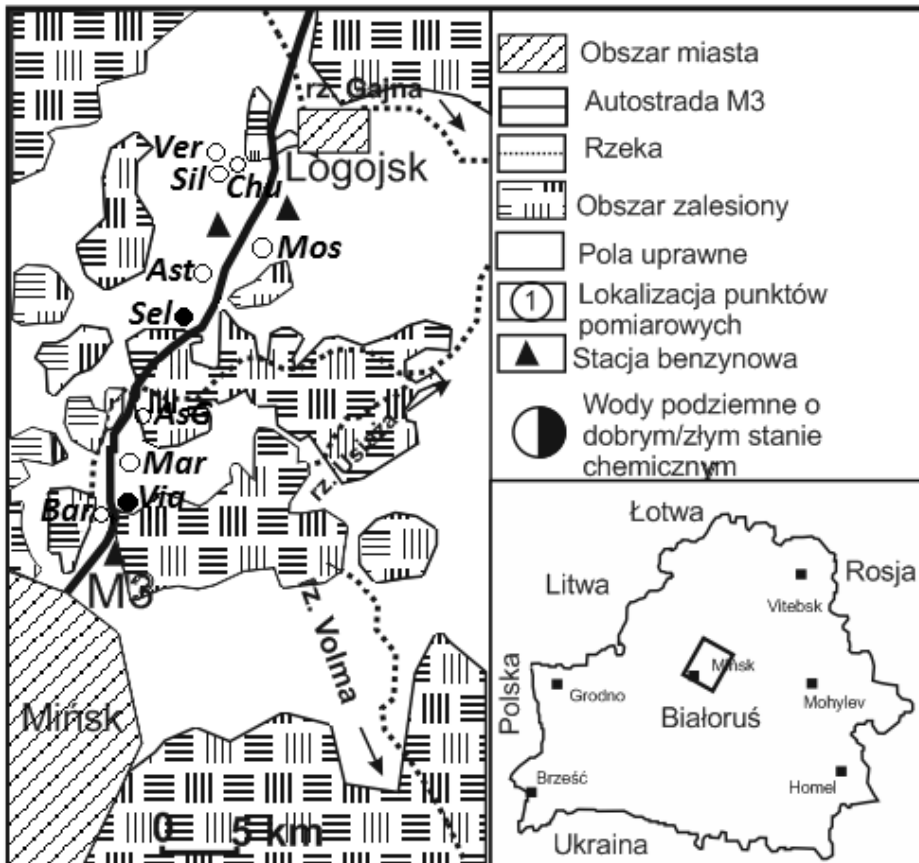
W pracy przedstawiono wyniki analizy składu chemicznego i parametrów hydrogeologicznych wybranych zwykłych wód podziemnych w centralnej części Białorusi. Większość formacji wodonośnych są to czwartorzędowe utwory polodowcowe płytko zalegające. Wody zawarte w tych utworach mogą łatwo być skażone antropogenicznie. Autorzy pracy zbadali 17 próbek wody pobranych z ujęć znajdujących się wzdłuż autostrady M3 łączącej miasta Mińsk i Łogojsk. Głębokości zwierciadła tych wód zmieniają się w zakresie od 7 do 140 m ppt., ich mineralizacja jest zawarta w przedziale od 225 do 607 mg/dm<sup>3</sup> (pH od 7,45 do 8,54). Badane wody należą najczęściej do typów hydrochemicznych, takich jak: HCO<sub>3</sub>-Ca-Mg, HCO<sub>3</sub>-Cl-Ca-Mg, HCO<sub>3</sub>-Cl-SO<sub>4</sub>-Ca-Mg, rzadziej do HCO<sub>3</sub>-Na. Na ogół stężenia zarówno jonów głównych, jak i śladowych wód mieszczą się w zakresie normy dla wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, choć sporadycznie spotyka się wody o wysokim stężeniu jonów NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, K<sup>+</sup> lub podwyższonym stężeniu uranu. Podwyższone stężenia jonów NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, K<sup>+</sup> oraz uranylu mogą być związane ze stosowaniem nawozu pochodzenia mineralnego lub organicznego lub kontaktem wody ze skałami bogatymi w uran. Zgodnie z polskimi kryteriami sposobu oceny stanu wód podziemnych określonymi w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 23.07.2008 r., badane wody zostały zakwalifikowane do pierwszej i drugiej klasy jakości.

**Słowa kluczowe:** Białoruś, Mińsk, Łogojsk, woda podziemna, skład chemiczny

### Wprowadzenie

Na Białorusi zwykle wody podziemne są szeroko rozpowszechnione, stanowią one główne źródła wody pitnej. Wody te najczęściej występują w formacjach czwartorzędowych płytko zalegających, dlatego mogą być łatwo zanieczyszczone antropogenicznie. Z tego względu do badań pobrano próbki wody z niektórych ujęć znajdujących się na odcinku o długości 40 km autostrady M3 łączącej dwa miasta: Mińsk (stolica Białorusi) i Łogojsk, położony w kierunku wschodnim od Mińska (rys. 1). Autostrada przecina wiele nawożonych pól uprawnych, a wzdłuż niej znajduje się kilka stacji benzynowych. Nawożone pola i stacje paliw mogą stanowić potencjalne źródła skażenia wód nie tylko ze względu na substancje pochodzące z nawożenia, ale również substancje ropopochodne i pierwiastki ciężkie. Wody podziemne pierwszego poziomu wodonośnego i studni kopanych są podatne na zanieczyszczenie i łatwo ulegają degradacji [1].

Celem przeprowadzonych badań były: 1 - rozpoznanie składu chemicznego, stężeń związków azotu i pierwiastków ciężkich; 2 - oceny jakości badanych wód i wykrywanie źródeł skażenia. Do realizacji postawionych zadań próbki wody zostały pobrane zarówno z ujęć wód pierwszego poziomu wodonośnego, jak i ze studni w domach jednorodzinnych.



Rys. 1. Lokalizacja miejscowości badanych ujęć wody na tle szkicu Białorusi

Fig. 1. Sketch of Belarus showing localization of the investigated water intakes

## 1. Budowa geologiczna

Białoruś znajduje się w centralnej części Europy. Z punktu widzenia struktury geologicznej kraj ten składa się z dwóch kondygnacji: krystalicznego podłoża charakteryzującego się skałami magmowymi i metamorficznymi oraz pokrywy osadowej podścielającej fundament. W niektórych miejscach intruzje magmowe przecinają pokrywę osadową, a w innych są ułożone zgodnie z warstwami osadu [2]. Skały magmowe uformowały się w drugiej połowie wczesnego proterozoiku i lokalnie zostały poddane procesom metamorficznym. Wśród skał magmowych

dominują dioryty i granodioryty, a skały metamorficzne reprezentowane są przez gnejsy i krystaliczne łowce. Pokrywa osadowa zbudowana jest z sedymentów paleozoiczno-mezozoicznych składających się głównie z osadów terygenicznych, takich jak: piaskowce, aleuryty, gliny, margle i dolomity, a lokalnie pokładów soli kamiennej [3]. Osady paleozoiczno-mezozoiczne są podścielone prawie wszędzie utworami czwartorzędowymi. Są to utwory pochodzenia lodowcowego i wodno-lodowcowego, reprezentowane przez osady rzeczne, jeziorne i bagienne. Najbardziej pospolite osady czwartorzędowe to gliny, aleuryty, piaski i żwiry oraz pokłady torfu. Miąższość osadów czwartorzędowych zależy od miejsca i osiąga maksymalnie do 300 m w obrębie mińskiego wzniesienia, a minimalnie kilka metrów na południowym wschodzie.

Generalnie na Białorusi, a zwłaszcza na obszarze Mińska, procesy egzogenne, takie jak: boczna erozja, erozja wązowowa oraz nawadnianie, mają ciągle istotny wpływ na formowanie współczesnej morfologii i tworzą nowe uskoki oraz szczeliny w górnych warstwach skalnych [3].

## 2. Warunki hydrograficzne i hydrogeologiczne

Roczny opad w badanym obszarze wynosi przeciętnie 600 mm, wody opadowe wpływają do dwóch największych rzek tego regionu: Viacza (ok. 20 km od Mińska) o powierzchni około 1,68 km<sup>2</sup> i Pticz (ok. 15 km od Mińska) o powierzchni 0,9 km<sup>2</sup>. Poza tym woda wpływa jeszcze do zbiornika retencyjnego „Komsomolskoe Ozero” o powierzchni 0,6 km<sup>2</sup> oraz do mniejszych rzek przecinających autostradę: Usiaża, Gajna i Volma [2]. Strefa aktywnej wymiany wód obejmuje utwory czwartorzędowe, a w niektórych miejscach nawet utwory mezozoiczne. Miąższość horyzontów wodonośnych zmienia się od około 3 do 25 m z średnią grubością około 8 m. Wydajność ujęć wody zawarta jest w przedziale od 0,75 do 6,6 m<sup>3</sup>/h, a współczynnik filtracji formacji wodonośnych zmienia się od 1,4 do 19,7 m/d. Roczna amplituda wahań poziomu zwierciadła wód wynosi 0,5 m. Pod pierwszym poziomem wodonośnym występują wody o mineralizacji od 1,0 do 9,5 g/dm<sup>3</sup>. Są to w większości wody szczelinowe fundamentu krystalicznego [4, 5].

Ludność prowincji mińskiej korzysta z wody pitnej czerpanej z licznych studni i odwiertów z czwartorzędowego horyzontu wodonośnego, gdzie dominują utwory piaszczyste o różnej granulacji. Naturalną barierę ochronną stanowią limnoglacialne osady morenowe.

## 3. Metodyka badań

Z jedenastu miejscowości (oznaczonych na rysunku 1 trzema pierwszymi literami ich nazw) pobrano próbki wody z 17 ujęć. Ujęcia te są to artezyjskie wypływy wód podziemnych, odwierty oraz kopane studnie w domach jednorodzinnych. Badane wody są spożywane przez mieszkańców i używane w gospodarstwie. Podczas poboru próbek z każdego ujęcia wykonano oznaczenia, takie jak: głębokość

zwierciadła, temperatura oraz przewodność elektrolityczna właściwa (PEW) i pH wody. Następnie pobrane próbki wody były transportowane do laboratoriów, gdzie analizowano ich skład chemiczny. Ze względu na zaobserwowane wysokie stężenie uranu wśród mikroelementów w jednej próbce wody (Baravłany) wykonano w niej oznaczenie zawartości izotopów tego pierwiastka metodą radiochemiczną.

Oznaczenie głównych i śladowych jonów wody wykonano za pomocą atomowego spektrometru emisyjnego ze wzbudzeniem w plazmie indukcyjnie sprzężonej ICP AES 40<sup>TM</sup>, kalibrowanego standardowym roztworem wielopierwiastkowym firmy Merck<sup>®</sup>. Strumienie gazu argonowego używanego do generowania plazmy i nebulizera wynosiły odpowiednio 14 i 1 l/min, moc generatora częstości radiowej wynosiła 1340 W. Niepewność względna analizy spektrometru wynosiła 3%. Do określania zawartości azotanów zastosowano metodę spektrofotometryczną polegającą na pomiarach transmisji natężenia światła widzialnego o długości  $\lambda = 480$  nm przechodzącego przez próbkę. Do oznaczenia izotopów uranu zastosowano metodę radiochemiczną. Jony uranylowe były współstrącone razem z dwutlenkiem manganu, a następnie oczyszczono osad z innych izotopów sposobem opisanym w pracy [5], otrzymany preparat umieszczono na membranowym filtrze o porowatości 100  $\eta$ m i pomiar wykonano na spektrometrze alfa. Do oznaczania wydajności uzysku chemicznego użyto roztworu uranu znacznikowego (<sup>232</sup>U), który zważono na wadze analitycznej i dodano do próbki na początku procesu preparowania chemicznego. Dokładność tej metody zależy od stężenia uranu, zwykle wynosi 7%. Szczegółowy opis tej metody jest przedstawiony w pracach [6, 7].

## 4. Wyniki badań i ich interpretacja

### Główne jony i mikroelementy

Głębokości zwierciadeł wody, wartości odczynu pH, mineralizacje oraz skład chemiczny badanych wód, który został przedstawiony w zapisie według wzoru Kurlowa, podano w tabeli 1, natomiast stężenia poszczególnych jonów zamieszczono w tabeli 2. Z danych przedstawionych w tabeli 1 wynika, że analizowane wody są lekko zasadowe (pH od 7,4 do 8,5), słodkie i ultrasłodkie (ich mineralizacja zmienia się w zakresie od 225 do 607 mg/dm<sup>3</sup>).

Na podstawie wyników badań zamieszczonych w tabeli 2 wyliczono udziały procentowe stężeń poszczególnych głównych jonów w całkowitej mineralizacji i przedstawiono w postaci diagramu Pipera (rys. 2). Na podstawie diagramu Pipera można stwierdzić, że w większości wód dominowały jony HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup> i Mg<sup>2+</sup>. W nielicznych próbkach stężenia jonów Cl<sup>-</sup> lub SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> były w przedziałach od 40 do 60%. W tabeli 2 zamieszczono również numer klasy jakości wody (cyfra rzymska), których kryteria są opisane w Rozporządzeniu Ministra Środowiska [8, 9]. Z danych w tabeli 2 wynika, że generalnie wszystkie badane wody zostały zaklasyfikowane jako woda przeznaczona do spożycia przez ludzi, choć woda pobrana z miejscowości Moshanka (próbka 8) charakteryzuje się wyższą zawartością potasu (53 mg/dm<sup>3</sup>) oraz chloru (115 mg/dm<sup>3</sup>) w porównaniu do innych badanych wód.

Tabela 1. Ogólna charakterystyka badanych wód podziemnych z regionu mińskiego

Table 1. Main characteristics of the investigated groundwaters from Minsk region

Nr próbki	Miejscowość punktu poboru próbki wody	Głębokość zwierciadła wód, m	Mineralizacja mg/dm <sup>3</sup>	pH	Skrócony zapis składu chemicznego wody wg wzoru Kurlowa
1	Baravlany (Bar) <sup>a</sup>	100	379	8,2	$M_{04} \frac{HCO_3^{29} SO_4^{21} Cl^{12}}{Ca^{65} Mg^{25}} T^{10}$
2	Viarbickija (Via)	30	553	8,4	$M_{06} \frac{HCO_3^{52} SO_4^{42}}{Ca^{68} Mg^{28}} T^{10}$
3	Marjaliva (Mar)	35	326	8,4	$M_{03} \frac{HCO_3^{94}}{Ca^{62} Mg^{31}} T^{10}$
4	Astrashicki (AsG) Garadok	-	255	8,4	$M_{037} \frac{HCO_3^{76}}{Ca^{63} Mg^{30}} T^{10}$
5	Selisha (Sel)	17	348	8,0	$M_{04} \frac{HCO_3^{87}}{Ca^{62} Mg^{29}} T^{10}$
6	Selisha (Sel)	17	355	8,1	$M_{036} \frac{HCO_3^{80}}{Ca^{61} Mg^{22}} T^{10}$
7	Astroshicy (Ast)	28	331	8,3	$M_{038} \frac{HCO_3^{96}}{Ca^{62} Mg^{30}} T^{10}$
8	Moshanka (Mos)	10	552	8,1	$M_{056} \frac{HCO_3^{46} Cl^{41}}{Ca^{26} Mg^{35} Na^{18}} T^{10}$
9	Chudenichi (Chu)	7	607	8,5	$M_{06} \frac{HCO_3^{84}}{Ca^{69} Mg^{20}} T^{10}$
10	Silichi (Sil)	140	371	8,3	$M_{038} \frac{HCO_3^{91}}{Ca^{54} Mg^{32}} T^{10}$
11	Veragi (Ver)	120	307	8,2	$M_{032} \frac{HCO_3^{86}}{Ca^{64} Mg^{32}} T^{10}$
12	Veragi (Ver)	97	302	7,8	$M_{03} \frac{HCO_3^{99}}{Ca^{63} Mg^{32}} T^{10}$
13	Veragi (Ver)	91	229	7,4	$M_{02} \frac{HCO_3^{94}}{Na^{70} Mg^{16}} T^{10}$
14	Veragi (Ver)	-	308	7,9	$M_{03} \frac{HCO_3^{97}}{Ca^{62} Mg^{32}} T^{10}$
15	Veragi (Ver)	-	338	8,0	$M_{03} \frac{HCO_3^{98}}{Ca^{63} Mg^{33}} T^{10}$
16	Jagodka (Jag)	11	225	7,5	$M_{03} \frac{HCO_3^{82}}{Ca^{65} Mg^{22}} T^{10}$
17	Jagodka (Jag)	13	321	7,7	$M_{02} \frac{HCO_3^{82}}{Ca^{72} Mg^{16}} T^{10}$

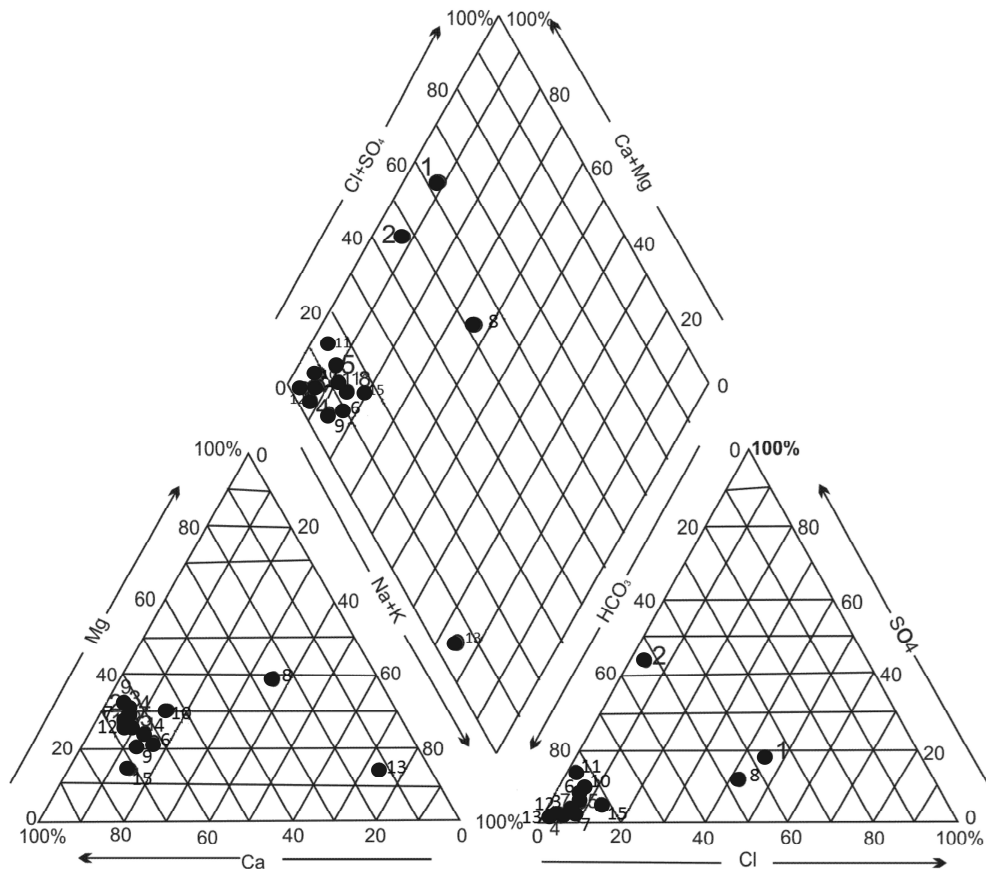
a - trzy pierwsze litery nazwy miejscowości

Tabela 2. Stężenie jonów głównych i wybranych pierwiastków śladowych w badanych wodach  
 Table 2. Concentration of main ions and selected trace elements in the investigated waters

Nr próbki	Jony główne, mg/dm <sup>3</sup>										Wybrane jony i pierwiastki śladowe mg/dm <sup>3</sup>						μg/dm <sup>3</sup> U
	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Fe	Al	B	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>						
1	2,14/I <sup>1</sup>	15,6/I	24,2/I	104/II	49,3/I	72,0/II	111/I	0,199/I	- <sup>2</sup>	0,104/I	13,5/II	0,009/II					
2	0,86/I	2,96/I	13,6/I	54,8/II	182/II	11,6/I	287/II	0,007/I	11,9/V	0,054/I	3,76/I	0,001/I					
3	1,24/I	5,29/I	16,8/I	56,4/II	4,30/I	4,88/I	235/II	0,05/I	-	0,044/I	-	0,001/I					
4	1,33/I	7,76/I	19,1/I	65,5/II	0,60/I	5,39/I	255/II	0,175/I	-	0,047/I	-	-					
5	1,26/I	4,51/I	19,2/I	68,7/II	6,40/I	15,9/I	232/II	0,12/I	-	0,032/I	-	-					
6	16,0/III	8,68/I	12,6/I	56,8/II	21,2/I	17,5/I	222/II	-	-	0,116/I	-	-					
7	1,07/I	7,06/I	20,6/I	69,4/II	-	5,6/I	225/II	1,88/II	-	0,034/I	-	-					
8	53,0/V	34,5/I	39,1/II	42,5/I	45,5/I	115,0/II	222/II	-	-	0,107/I	-	0,001/I					
9	7,01/I	17,4/I	20,0/I	113/III	25,5/I	24,7/I	398/III	-	-	0,279/I	-	0,001/I					
10	10,6/II	11,4/I	21,2/I	60,2/I	12,8/I	4,11/I	248/II	0,339/I	-	0,897/II	0,20/I	-					
11	0,89/I	4,43/I	16,5/I	54,8/II	3,80/I	18,5/I	206/II	0,001/I	-	0,023/I	32,7/II	-					
12	0,83/I	3,62/I	12,8/I	42,1/I	-	1,81/I	241/II	-	-	0,025/I	-	-					
13	1,82/I	36,0/I	4,36/I	5,15/I	2,00/I	4,65/I	175/I	0,087/I	-	0,088/I	0,10/I	-					
14	0,78/I	3,27/I	12,8/I	42,1/I	-	3,88/I	244/II	0,035/I	-	0,184/I	-	-					
15	0,79/I	3,32/I	13,1/I	41,5/I	-	3,36/I	276/II	-	-	0,002/I	0,002/I	-					
16	1,41/I	6,02/I	6,18/I	30,1/I	12,8/I	9,31/I	159/I	-	-	-	-	-					
17	3,56/I	7,74/I	6,83/I	50,3/II	9,2/I	20,9/I	222/II	-	-	-	-	-					

<sup>1</sup> Cyfry rzymskie oznaczają nr klas, do których zaklasyfikowano badane wody zgodnie z kryteriami opisanymi w Ustawie DzU Nr 143, poz. 896

<sup>2</sup> Analizowane zawartości były poniżej oznaczalności stosowanej metody



Rys. 2. Diagram Piper'a

Fig. 2. Piper diagram

Analizując stężenia mikroelementów w wodach podziemnych (tab. 2), stwierdzono zwiększoną zawartość glinu ( $11,9 \text{ mg/dm}^3$ ) w wodzie z miejscowości Viar-bickija (próbka 2). Zaobserwowano również podwyższone zawartości żelaza w wodzie z Astroshicy (próbka 7) i uranu w wodzie z Baravłany (próbka 1). Warto przypomnieć, że, zgodnie z normami opracowanymi przez WHO, maksymalne dopuszczalne stężenie glinu i żelaza w wodzie przeznaczonej do spożycia przez ludzi wynosi odpowiednio  $200$  i  $300 \text{ } \mu\text{g/dm}^3$  [10]. Wysokie stężenie żelaza, aluminium i uranu w wodzie podziemnej może być związane z lokalnymi warunkami geologicznymi, tzn. w tych miejscach mogą występować skały bogate w żelazo (piryt) lub w uran (iły czy skały intruzyjne). Omawiany region cechuje się dużą zawartością materiału piaszczystego, gliniastego i mulastego. Jest to osad polodowcowy zawierający dużą ilość związków żelaza w postaci jonów  $\text{Fe}^{2+}$ , które w obecności tlenu utlenia się do  $\text{Fe}^{3+}$ . Jony żelazowe są bardzo mobilne, łatwo oddzielają się od fazy stałej i przemieszczają się do wody.

Stężenie uranu w wodach podziemnych zależy głównie od warunków panujących w warstwach wodonośnych (Eh, pH i skład chemiczny wody) oraz od zawartości uranu w skałach zbiornikowych. W wodzie z ujęcia Baravlany (próbka 1) stężenie uranu wynosiło  $0,64 \text{ mBq/dm}^3$  dla U-238 i  $13,72 \text{ mBq/dm}^3$  dla U-234. Powyższe wartości były dziesięciokrotnie większe od stężenia uranu w wodach z innych ujęć. Warstwa geologiczna, w której występuje woda ujęcia Baravlany, jest to warstwa piaskowcowa z domieszką materiału ilastego, mulastego oraz żwiru różnej granulacji [3]. Warstwa ta zalega na dużej głębokości (100 m), gdzie migracja wody jest ograniczona.

#### *Azot*

Związki azotu należą do parametrów wskazujących na możliwość kontaminacji antropogenicznej. Z tego względu oznaczono stężenia azotanów we wszystkich próbkach wody; wyniki zamieszczono w tabeli 2. Z danych przedstawionych w tabeli 2 wynika, że chociaż stężenia azotanów we wszystkich badanych wodach są niższe od maksymalnego dopuszczalnego stężenia tego jonu dla wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (wg normy polskiej wynosi ono  $50 \text{ mg/dm}^3$ , a wg normy białoruskiej  $45 \text{ mg/dm}^3$ ), jednak w próbkach wody pobranych z miejscowości Baravlany (próbka 1) i Veragi (próbka 11) zaobserwowano podwyższone stężenia azotanów ( $13,5$  i  $32,7 \text{ mg/dm}^3$ ) w porównaniu do wód badanych z pozostałych ujęć. To może być wynikiem nadmiernego nawożenia.

#### *Ocena stanu wód podziemnych*

Stężenia zmierzonych pierwiastków w badanych wodach były w przedziałach tła hydrogeochemicznego z wyjątkiem czterech wód, które charakteryzowały się wysokimi stężeniami jonów potasu i chloru. W próbkach wody z miejscowości Baravlany (próbka 1), Selisha (próbka 6), Moshanka (próbka 8) i Silichi (próbka 9) stężenie jonów potasu było większe od  $10 \text{ mg/dm}^3$ , szczególnie w wodzie z Moshanka (próbka 8) stężenie jonów tego pierwiastka osiągnęło  $53 \text{ mg/dm}^3$ . Stężenia jonów chloru w próbkach wody pobranych z ujęć Baravlany i Moshanka były wyższe niż maksymalne stężenie tła hydrogeochemicznego ( $60 \text{ mg/dm}^3$ ).

Zgodnie z normą dotyczącą kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych określonych w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 23.07.2008 r. [8, 9], większość analizowanych wód zakwalifikowano do I i II klasy z wyjątkiem wód z ujęcia Moshanka (próbka 8) i Viarbickija (próbka 2), które należą do klasy V i nie zostały zakwalifikowane jako woda przeznaczona do spożycia przez ludzi.

## **Podsumowanie**

Nadmierne stosowanie nawozów pochodzenia sztucznego czy organicznego w rolnictwie oraz działalność stacji paliw mogą stwarzać zagrożenie dla środowiska wodnego, zwłaszcza dla źródeł wody powierzchniowych i płytko zalegających pod powierzchnią ziemi [2]. Wyniki analizy składu chemicznego próbek wody podziemnej pobranych z ujęć znajdujących się wzdłuż autostrady M3, łączącej dwa miasta Mińsk i Łogojsk na Białorusi, pozwoliły stwierdzić, że prawie wszystkie



badane wody podziemne zostały zaklasyfikowane do I, II oraz III klasy i nadają się do spożycia przez ludzi. Natomiast woda z punktu pomiarowego Moshanka została zaklasyfikowana do V klasy jakościowej pod względem nadmiernego stężenia potasu, z tego względu woda ta nie może być spożywana przez ludzi.

Szczegółowa analiza wyników badań wskazuje, że zanieczyszczenie antropogeniczne występowało w niektórych ujęciach wody, np. ujęcia Baravliany i Veragi ze względu na stężenie azotanów, które jest znacznie wyższe od stężeń tych jonów w innych punktach pomiarowych, a z kolei w ujęciach Selisha i Moshanka zaobserwowano podwyższone stężenie jonów potasu. Efekty te są wynikiem nawożenia pól uprawnych. Stężenia jonów  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  w ujęciach Viarbickija, Selisha i Baravliany były wysokie, fakt ten związany jest z panującymi lokalnymi warunkami geologicznymi, a zwłaszcza z osadowymi utworami polodowcowymi ostatniego zlodowacenia dniewrowskiego. Stężenia izotopów uranu w badanych wodach były niskie i nie stanowią zagrożenia dla mieszkańców i konsumentów, mimo że w ujęciach Baravliany zaobserwowano widoczne podwyższenie stężenia tego pierwiastka ( $0,64 \text{ mBq/dm}^3$  ( $0,053 \text{ }\mu\text{g/dm}^3$ ) dla U-238 i  $13,72 \text{ mBq/dm}^3$  ( $0,62 \cdot 10^{-4} \text{ }\mu\text{g/dm}^3$ ) dla U-234) w stosunku do wód z innych ujęć ( $< 0,001 \text{ }\mu\text{g/dm}^3$ ). Lokalne podwyższenie stężenia izotopów uranu w wodzie podziemnej może być związane z formacją wodonośną o wysokiej zawartości minerałów bogatych w uran i z panującymi warunkami utleniająco-redukcyjnymi.

## Podziękowania

*Praca została częściowo sfinansowana przez Akademię Górniczo-Hutniczą, nr grantu 15.11.140.639.*

## Literatura

- [1] Czajkowska A., Stopień zanieczyszczenia związkami biogennymi płytkich wód podziemnych w zagospodarowanej rolniczo części zlewni Bierawski, Górnictwo i Geologia 2010, T5(Z4), 91-103.
- [2] Gubin V.N., Kovalev A.A., Korin V.D., Komarovski M.E., Geology of Minsk Region, Minsk 2005.
- [3] Komarovski M.E., Uchebnaja obshegeologicheskaja praktika na Minskom poligone, Minsk 2011.
- [4] Kudelski A.V., Ocherki po regionalnoj gidrogeologii Belarusi, Minsk 2010.
- [5] Machnach A.S., Gareckij R.G., Geologia Białorusi, Minsk 2001.
- [6] Kozłowska B., Promieniotwórczość naturalna wód źródłanych uzdrowisk południowej Polski, Prace Naukowe Uniwersytetu Śląskiego w Katowicach 2009, nr 2644.
- [7] Nguyen D.C., Promieniotwórczość naturalna wybranych wód mineralnych Karpat Polskich, JAK, Kraków 2010.
- [8] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 20 kwietnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi, DzU 2010, Nr 72, poz. 466.
- [9] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 23 lipca 2008 r. w sprawie kryteriów i sposobu oceny stanu wód podziemnych, DzU 2008, Nr 143, poz. 896.
- [10] Migaszewski Z., Gałuszka A., Podstawy geochemii środowiska, Warszawa 2007.

## Quality Assessment of the Selected Groundwaters in the Area of Minsk - Logojsk, Belarus

Belarus is a country in Central Europe, the country is rich not only in mineral water resources but also in fresh groundwater. From the geological point of view the fundament of this country consists of crystalline substructure characterized by magmatic and metamorphic rocks covered by the upper Paleozoic sedimentary rocks. Almost all of the fundament is clothed by quaternary sediments, which play the main role of fresh groundwater aquifers lying in the shallow depth, so the water could be easily contaminated anthropogenically. The study presents the chemical composition and hydrogeological parameters of 17 fresh groundwater intakes occurring along the highway M3 linking, the capital of Belarus, Capital and Logojsk city. These water intakes are artesian natural outflows or drilled holes or house wells and are consumed by residents and used in the household. The water table ranges from 7 to over 140 m below the Earth surface and their mineralization varies from 225 to 607 mg/dm<sup>3</sup>. The waters belong to the different hydrochemical types: HCO<sub>3</sub>-Ca-Mg, HCO<sub>3</sub>-Cl-Ca-Mg, HCO<sub>3</sub>-Cl-SO<sub>4</sub>-Ca-Mg, less likely to HCO<sub>3</sub>-Na and are slightly alkaline (pH from 7.45 to above 8.54). Generally, the concentrations of the major and trace ions in the studied waters are contained in the ranges of the water standards qualities for human consumption. However, occasionally in a few waters there are elevated concentration of NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (33 mg/dm<sup>3</sup>) and uranium concentration (0.05 µg/dm<sup>3</sup>), the effects can be connected with the over-fertilization or contact with intrusive rocks respectively. According to the Polish criteria for drinking water DzU Nr 143, poz. 896 the studied waters belong to the good qualities.

**Keywords:** Belarus, Minsk-Logojsk area, groundwater, physico-chemical properties