

SKŁAD CHEMICZNY WÓD ZE ŹRÓDEŁ I Z SZYBÓW REJONU PONIDZIA

CHEMICAL COMPOSITION OF WATER FROM SPRINGS AND WELLS IN THE PONIDZIE AREA

IWONA LIPIEC¹

Abstrakt. Skład chemiczny wód ze źródeł i z szybów występujących na obszarze Ponidzia określono na podstawie wyników badań własnych wykonanych w 2012 r. oraz analiz archiwalnych. Podczas prac terenowych zinwentaryzowano 18 źródeł i 2 szyby i określono skład chemiczny ich wód. Badane wody, według klasyfikacji Altowskiego i Szwieca, należą do typów hydrochemicznych HCO₃-Ca-Mg, Ca-HCO₃-SO₄ i od Na-Cl do Cl-Na. Mineralizacja wód waha się w granicach 0,5–46,8 g/dm³. Występowanie na obszarze badań wód o tak różnym składzie chemicznym jest związane ze skomplikowaną budową geologiczną rejonu Ponidzia (struktura blokowo-łańdowa pocięta licznymi uskokami).

Słowa kluczowe: źródła, typy chemiczne wód, analiza chemiczna wód, Ponidzie.

Abstract. The chemical composition of waters from springs and wells in the Ponidzie area has been established based on research carried out in 2012 and on archived data. During field work, an inventory of 18 springs and two wells was made and the chemical composition of water was determined. The hydrochemical facies of water (according to Altowski and Szwiec classification) are of the following types: HCO₃-Ca-Mg, Ca-HCO₃-SO₄ and from Na-Cl to Cl-Na, with the TDS concentrations in the range of 0.5–46.8 g/dm³. Such variable chemical composition is associated with a complicated geological structure of the Ponidzie area (a block-folded structure cut by numerous faults).

Key words: springs, chemical type of water, chemical analysis of water, Ponidzie region.

WSTĘP

Woda podziemna jest złożonym roztworem substancji rozpuszczonych, zdysocjowanych i niezdisocjowanych, obecnych w wodzie, m.in. gazów, minerałów, substancji organicznej. Pojęcie składu chemicznego wody podziemnej odnosi się więc do wszystkich występujących w niej substancji (Dowgiałło i in., 2002).

Skład chemiczny wód podziemnych ma decydujący wpływ na ich właściwości chemiczne, fizyczne i organoleptyczne. Oznaczenie składu jonowego wody jest głównym przedmiotem analizy hydrochemicznej wód podziemnych, a wraz z określeniem właściwości fizycznych składa się na podstawową charakterystykę wód podziemnych.

Rejon Ponidzia jest znany od XIV w. ze względu na liczne wypływy wód chlorkowo-sodowych, siarczkowych, jodkowych. Pierwszy naukowy opis geologiczny źródeł znajdujących się na omawianym obszarze – sporządzony na podstawie badań przeprowadzonych w latach 1781–1784 – wydał J.P. von Carosi (Herman, Gągol, 1994). Wykazał on wpływ słonych wód siarczkowych, które powstają na niewielkiej głębokości, a sól w nich zawarta pochodzi z pobliskich złóż gipsów (von Carosi, 1871). Początkowo wody te wykorzystywano do warzenia soli, jednak już w XIII w. zaniechano produkcji – sól odzyskiwana z wody była gorzka w smaku, a jej eksploatacja bardzo pracochłonna i na

¹ Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Świętokrzyski, ul. Zgoda 21, 25-953 Kielce; e-mail: iwona.lipiec@pgi.gov.pl.

dłuższą metę nieopłacalna (Michalski, 1902a, b). Wtedy też zaczęto bardziej interesować się składem chemicznym i właściwościami leczniczymi wód występujących w rejonie Poniądzia.

Obecnie na omawianym obszarze są eksploatowane wody chlorkowo-sodowe, siarczkowe, jodkowe w rejonie miejscowości: Busko-Zdrój, Las Winiarski, Solec-Zdrój, Wełnin oraz Dobrowoda. Oprócz tego w rejonie Poniądzia znajdują się liczne źródła, podmokłości oraz nieczynne szyby pozostałe po poszukiwaniach soli. W literaturze można znaleźć jedynie krótkie wzmianki dotyczące naturalnych wypływów wód na tym obszarze. Niezwykle wartościowa jest praca Herman i Gaęola (1994), w której autorzy zebrali

informacje z wcześniejszych lat na temat wód mineralnych występujących na Poniądziu i przedstawili ich opisy.

W niniejszym artykule przedstawiono wyniki opracowania pełnej charakterystyki hydrochemicznej nieeksploatowanych i dotychczas słabo rozpoznanych wód obszaru Poniądzia. Z licznych wypływów wód na tym terenie wybrano 20 punktów badawczych – w tym 18 źródeł i 2 dawne szyby poszukiwawcze. Obecnie szyb w miejscowości Gadawa jest częściowo zasypany, jego głębokość wynosi 8,9 m, natomiast szyb w Szczerbakowie jest całkowicie zasypany, a w jego miejscu występuje jedynie wysięk wody. Starano się, żeby wytypowane punkty były równomiernie rozmieszczone na całym obszarze badań (fig. 1). Spośród wybranych punktów

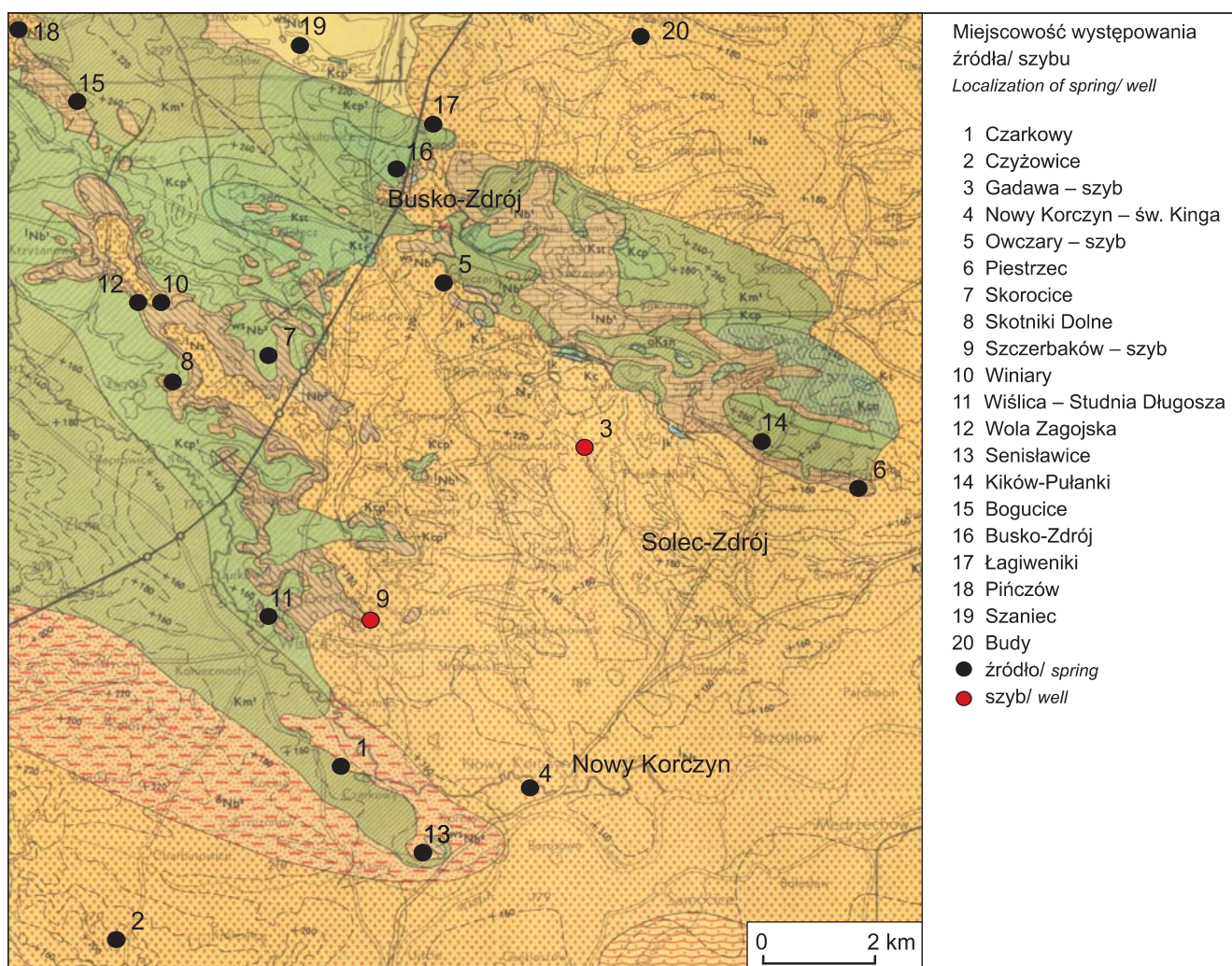


Fig. 1. Lokalizacja badanych źródeł i szybów na tle budowy geologicznej rejonu Poniądzia (wg Gaęola, 2013)

Neogen: Ns – sarmat (iły, piaskowce, piaski i żwiry); Nb – baden (iły, piaski, piaskowce, margle). **Kreda:** Km – mastrycht (margle, opoki); Kcp – kampan (opoki z czertami, margle, wapień); Kcn – koniak (wapień z krzemieniami, wapień margliste i piaszczyste); Kst – santon (margle, wapień); Kt – margle glaukonitowe i wapień z krzemieniami; Kc – piaski i piaskowce; Ksn – opoki odwapnione. **Jura:** Jk – muszłowce

Localization of the springs and wells on the background of geological structure of the Poniądzie region (after Gaęola, 2013)

Neogene: Ns – Sarmatian (clays, sandstones, sands and gravels); Nb – Badenian (clays, sands, sandstones, marls). **Cretaceous:** Km – Maastrichtian (marls, gaizes); Kcp – Campanian (gaizes with cherts, marls, limestones); Kcn – Coniacian (limestones with flints, marly and sandy limestones); Kst – Santonian (marls, limestones); Kt – glauconitic marls and limestones with flints; Kc – sands and sandstones; Ksn – decalcified gaizes. **Jurassic:** Jk – shellstones

tylko nieliczne wcześniej opróbowano (Bank Danych..., 2012), dlatego późną wiosną i jesienią w 2012 r. we wszystkich 20 stanowiskach pobrano próbki wody i wykonano analizy fizykochemiczne wód oraz pomierzono ich temperaturę,

pH i przewodność elektrolityczną właściwą. Na podstawie interpretacji wyników analiz fizykochemicznych określono typy hydrochemiczne badanych wód.

BUDOWA GEOLOGICZNA I WARUNKI HYDROGEOLOGICZNE OBSZARU BADAŃ

Obszar Poniidzia jest położony w niecce miechowskiej, stanowiącej południowy fragment alpejskiej struktury synklinorium szczecińsko-łódzko-miechowskiego (Buła i in., 2008). Niecka ta tworzy brachysynklinę wypełnioną utworami mezozoicznymi, a na jej powierzchni odsłaniają się utwory miocenu (Gorczyca i in., 2008). Starsze utwory rozpoznano głębokimi otworami wiertniczymi (głębokość do 3000 m). W profilu stratygraficznym (Łyczewska, 1971; Walczowski, 1973) omawianego obszaru wyróżniono utwory:

- prekambriu (zmetamorfizowane łupki, piaskowce kwarcytowe i mułowce ilaste);
- ordowiku (wapienie i łupki);
- syluru (mułowce ilaste i łupki);
- dewonu (głównie wapienie i dolomity oraz łupki);
- karbonu (wapienie, margle, zlepieńce, iłowce i mułowce);
- triasu (silnie zerodowane, głównie mułowce ilaste i wapienie z wkładkami piaskowców);
- jury środkowej i górnej (niewielkiej miąższości, wapienie, margle i wapienie skaliste);
- kredy dolnej (piaski i piaskowce albu) i górnej (głównie margle, wapieniste piaskowce glaukonitowe, wapienie, rzadziej opoki);
- neogenu (utwory miocenu wykształcone w postaci iłów, piaskowców oraz skał gipsowych, lokalnie przeobrażonych w wapienie);
- czwartorzędu (osady plejstocenu – gliny zwałowe – oraz holocenu – mady i piaski dolin rzecznych).

Profil niecki miechowskiej jest niepełny. Miąższość utworów triasu, a także jury dolnej i środkowej jest silnie zredukowana (Stupnicka, 2007).

Pod względem tektonicznym omawiany obszar jest zbudowany ze struktur blokowo-łańdżowych poprzecinanych uskokiemi o kierunku NE–SW oraz NW–SE. Uskoki te były prawdopodobnie wielokrotnie odnawiane. Uskoki pierwszego systemu są równoległe do strefy uskokowej Kurdwanów–Zawichost (m.in. uskoki Radzanowa, Korczyzna), a drugiego – do osi synklinorium (uskoki poprzeczne; Pożaryski, 1974; Oszczytko, Oszczytko-Clowes, 2010). Z tą specyficzną budową geologiczną jest związane występowanie naturalnych wypływów wód w rejonie Poniidzia – większość źródeł jest rozmieszczona liniowo wzdłuż form tektoniki nieciągłej (Oszczytko, Oszczytko-Clowes, 2010).

Skomplikowana budowa geologiczna ma wpływ na zróżnicowany skład chemiczny badanych wód, odznaczających się dużą zmiennością wartości przewodności elektrolitycznej właściwej. Wskazują na to wyniki przeprowadzonych analiz wody z opróbowanych w 2012 r. wybranych źródeł i szybów Poniidzia (tab. 1). Wartość mineralizacji ogólnej

waha się od 0,5 g/dm³ w wodzie ze źródła w Czyżowicach do maksymalnie 46,8 g/dm³ w wodzie z dawnego szybu w Szczerbakowie.

Na podstawie rozpoznanych warunków hydrogeologicznych Poniidzia stwierdzono na tym obszarze następujące piętra i poziomy wodonośne (Prażak, 2007):

- piętro czwartorzędu, w którym utworami wodonośnymi są osady piaszczysto-żwirowe występujące głównie w dolinie rzeki Nidy i dolinach jej dopływów; miąższość piętra dochodzi do 30 m, wody z tego piętra to wody porowe;
- piętro neogenu – osady neogenu odznaczają się dużą zmiennością facjalną, przy czym kryteria poziomu wodonośnego spełniają tylko utwory piaskowcowo-piaszczyste; wody z piętra neogeńskiego (mioceńskiego) to wody porowe i porowo-szczelinowe;
- piętro kredy – jego miąższość jest duża (od kilkudziesięciu do kilkuset metrów); występują w nim dwa poziomy wodonośne: kredy górnej, zbudowany z margli, opok i wapieni, oraz kredy dolnej, w którym utworami wodonośnymi są osady piaszczyste; utwory tego piętra są kolektorem wód siarczkowych eksploatowanych na potrzeby uzdrowisk w Busku-Zdroju i Solcu-Zdroju; są to wody porowe, szczelinowe oraz porowo-szczelinowe;
- piętro jury – utworami wodonośnymi są wapienie i margle budujące serię węglanową i stanowiące poziom wodonośny szczelinowo-krasowo-porowy; na omawianym terenie wody piętra jurajskiego eksploatuje się w Wełminie;
- piętro triasu – poziom wodonośny triasu dolnego stanowią piaskowce, zlepieńce i mułowce z przewarstwieniami iłów i iłowców; wody są głównie typu Cl-Na, sporadycznie SO₄-Na i HCO₃-Na (Barbacki, 2004), ich występowanie stwierdzono jedynie w wyniku badań głębokich otworów wiertniczych.

Wody z opisanych pięter i poziomów wodonośnych najczęściej znajdują się w bezpośredniej lub pośredniej więzi hydraulicznej, niekiedy są od siebie odizolowane utworami ilastymi. Jest to zgodne z teorią Tótha (1995), która mówi, że niezależnie od głębokości występowania i przepuszczalności ośrodka skalnego wody w basenach sedymentacyjnych tworzą jeden grawitacyjny regionalny system przepływu. Zależnie od przepuszczalności skał przepływ wody może mieć charakter wolnego przesączania bądź jego prędkość może być podwyższona w uprzywilejowanych strefach filtracji (drożne uskoki, strefy o wysokiej przepuszczalności). Takimi strefami w badanym rejonie są występujące w stropie utworów górnourajskich i kredowych strefy erozji i denudacji powstałe w trakcie rozwoju basenu sedymentacyjnego niecki miechowskiej.

Tabela 1

Skład chemiczny wód ze źródeł i z szybów Ponidzia (stan na 2012 r.)
 Chemical composition of waters from springs and wells in the Ponidzie area (as of 2012)

Opis punktu	Poziom wodonosny	pH	Mineralizacja [g/dm ³]	K ⁺	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	HCO ₃ ⁻	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	Γ	Br ⁻
				[mg/dm ³]								
Czyżowice – źródło	czwartorzęd	7,22	0,502	1,45	9,34	8,60	363,20	19,24	82,36	16,76	0,25	0,75
Czarkowy – źródło	miocen	7,36	2,709	18,31	1597,00	37,10	398,05	33,63	602,65	21,59	0,25	0,75
Budy – źródło	miocen	6,91	0,727	5,14	87,02	63,30	385,10	6,80	132,50	46,45	0,25	0,75
Nowy Korczyn – źródło	miocen	6,98	0,621	7,00	117,00	13,40	294,00	9,65	135,90	20,75	0,05	0,03
Piestrzec – źródło	miocen	7,09	2,480	6,10	1350,00	17,05	380,50	24,70	645,65	26,25	0,10	0,30
Skorocice – źródło	miocen	7,22	0,930	5,50	214,00	25,50	363,50	9,85	207,00	32,65	0,05	0,08
Skotniki Dolne – źródło	miocen	7,14	2,108	3,55	1171,00	14,20	289,30	12,51	608,68	7,17	0,80	0,75
Winiary – źródło	miocen	7,18	2,566	9,85	1300,00	75,70	369,00	23,80	698,60	42,40	0,10	0,20
Wiślica – źródło	miocen	6,83	2,394	130,00	1251,90	74,00	339,00	34,78	500,80	63,24	0,03	0,75
Wola Zagojska – źródło	miocen	7,10	2,548	15,30	1400,00	30,55	336,50	25,50	608,50	22,25	0,10	0,20
Bogucice – źródło	miocen	7,31	0,540	1,65	33,15	12,75	317,00	2,90	121,25	4,35	0,05	0,10
Łagiewniki – źródło	miocen	6,86	2,538	129,27	1300,00	21,05	392,00	13,40	637,15	8,00	0,10	0,10
Senisławice – źródło	miocen	7,29	1,871	7,75	925,00	25,00	369,50	22,80	454,35	34,80	0,08	0,13
Magierów – źródło	miocen	7,22	0,697	2,50	104,50	15,30	369,00	14,50	144,35	7,55	0,05	0,05
Busko-Zdrój – źródło	miocen	6,95	2,400	2,45	1300,00	17,30	366,50	9,40	660,80	10,20	0,10	0,20
Szaniec – źródło	miocen	7,04	1,120	9,20	91,30	91,40	290,00	5,40	590,00	9,20	0,05	0,05
Pińczów – źródło	miocen	7,59	0,734	2,10	34,30	22,40	410,00	4,00	187,50	27,10	0,05	0,03
Gadawa – szyb	kreda górna	7,24	9,775	58,20	2400,00	3950,00	361,50	228,30	417,35	2320,50	0,75	18,40
Owczary – źródło	kreda górna	7,30	4,949	39,55	1120,00	1700,00	494,00	70,10	123,65	1371,00	0,50	3,87
Szczerbaków – szyb	jura górna	6,87	46,768	313,35	3250,00	26 500,00	386,00	970,40	1580,50	13 580,00	7,70	97,45

SKŁAD CHEMICZNY WÓD ZE ŹRÓDEŁ I Z SZYBÓW PONIDZIA

Do określenia charakterystyki hydrochemicznej wód ze źródeł i z szybów Ponidzia wykorzystano wyniki badań własnych przeprowadzonych w 2012 r. w odstępach półrocznych. Podczas wizji terenowej opisano aktualny stan 18 źródeł i 2 szybów oraz zmierzono przewodność elektrolityczną właściwą, odczyn pH i temperaturę wpływających z nich wód (Gała, 2013). W punktach badawczych pobrano również próbki wody do analiz składu fizykochemicznego. Badania (łącznie 52 analizy) wykonano w Centralnym Laboratorium Chemicznym Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego w Warszawie. Ogólną charakterystykę omawianych wód poszerzono o informacje pochodzące z archiwalnych wyników analiz wody z lat: 1993 – dla trzech źródeł (Herman, Gągol, 1994) oraz 2009–2010 – dla sześciu źródeł (Bank Danych..., 2012).

Lokalizację wszystkich badanych źródeł i szybów przedstawiono na tle budowy geologicznej rejonu Ponidzia (fig. 1).

Na podstawie wyników analiz fizykochemicznych wykonanych w 2012 r. określono podstawowe parametry (pH, mineralizację ogólną, zawartość makro- i mikroskładników) wód z wybranych źródeł i szybów Ponidzia (tab. 1, fig. 2, 3).

Badane wody zaklasyfikowano do trzech poziomów wodonosnych, w których wody siarczkowe charakteryzują

się podobnym typem hydrochemicznym. Stwierdzono także występowanie pionowej zmienności hydrogeochemicznej, zaznaczającej się wzrostem mineralizacji oraz zmianą typu hydrochemicznego wraz ze wzrostem głębokości (tab. 2). Większość wód jest związana utworami piaszczysto-piaskowcowymi neogenu (16 źródeł), a nieliczne z wapnisto-marglistymi utworami kredy górnej (1 źródło, 1 szyb). Sporadycznie wody występują w piaszczystych osadach czwartorzęd (1 źródło) oraz w utworach węglanowych jury górnej (1 szyb). Badane źródła i szyby wyprowadzają zarówno wody słodkie – akrotopęgi o mineralizacji od 0,5 do 1,0 g/dm³ (7 źródeł), jak i wody o podwyższonej mineralizacji (powyżej 1,0 g/dm³; 11 źródeł i 2 szyby). Są to wody wielojonowe, których typ hydrogeochemiczny zmienia się od HCO₃-Ca-Mg, Ca-HCO₃-SO₄ poprzez Na-Cl do Cl-Na (solanki – wody o mineralizacji ponad 35,0 g/dm³).

Wyniki licznych badań hydrochemicznych oraz najnowszych badań izotopów i gazów szlachetnych potwierdziły występowanie na Ponidziu różnych typów wód (Zuber i in., 1996, 1997; Chowaniec i in., 2007). Wody o mineralizacji od 0,5 do ok. 29 g/dm³ powstały w wyniku infiltracji opadów w ostatnim okresie interglacjalnym, natomiast pochodzenie wód o podwyższonej mineralizacji (ok. 35 g/dm³) jest

związane z wylugowaniem facji solnej badenu (Grabczak i in., 1987; Zuber i in., 1997).

Bardzo ważną rolę w kształtowaniu się zróżnicowanego składu chemicznego wód Ponidzia odgrywa również tektonika blokowa niecki miechowskiej. Głównymi elementami strukturalnymi obszaru są uskoki schodkowe o zmiennej amplitudzie zrzutów (Barbacki, 2004). Efektem tego jest

przepływ wód i wzrost ich mineralizacji od brzegów niecki ku jej środkowi, jak też wzdłuż osi niecki. Drożne strefy dyslokacji oraz dolina Nidy stanowią tu strefy drenażu. Należy również zauważyć, że zdecydowana większość źródeł i szybów znajduje się w strefach występowania uskoków (J. Rózkowski, A. Rózkowski, 2010).

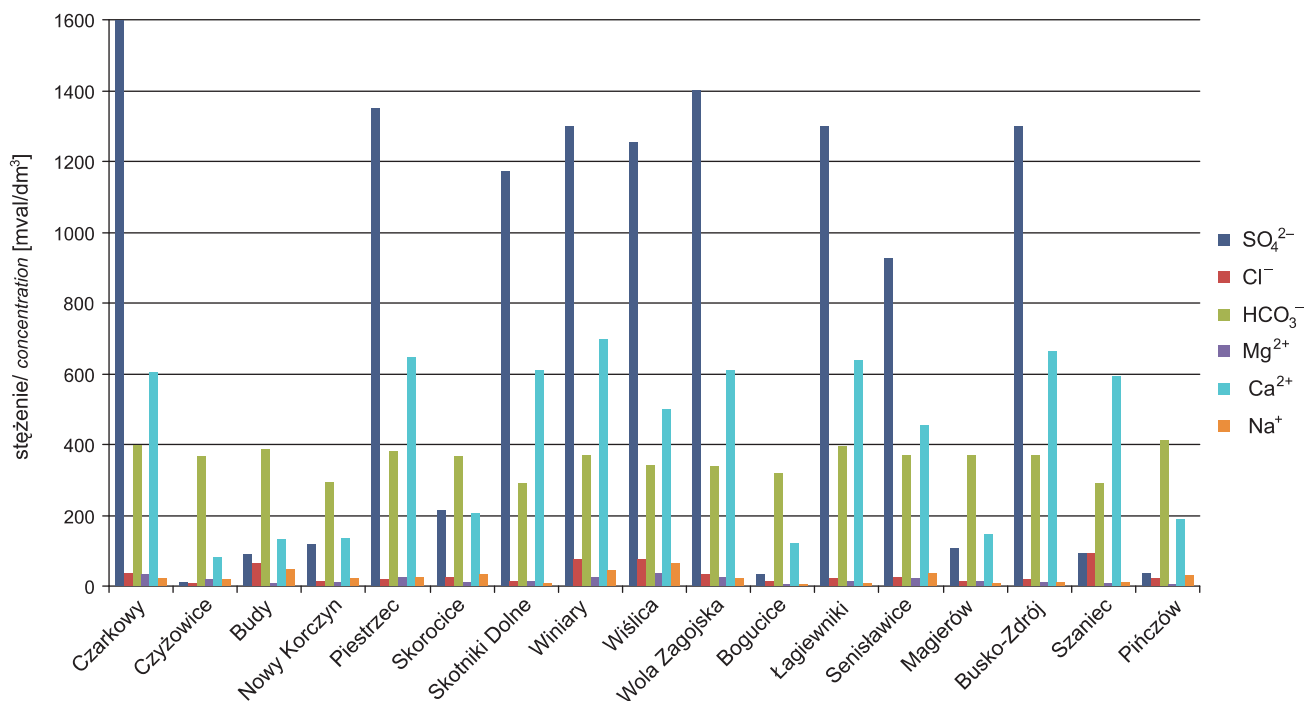


Fig. 2. Skład chemiczny wód ze źródeł Ponidzia (na podstawie wyników analiz chemicznych z 2012 r.)

Chemical composition of waters from springs in Ponidzie area (based on values of chemical analysis in 2012)

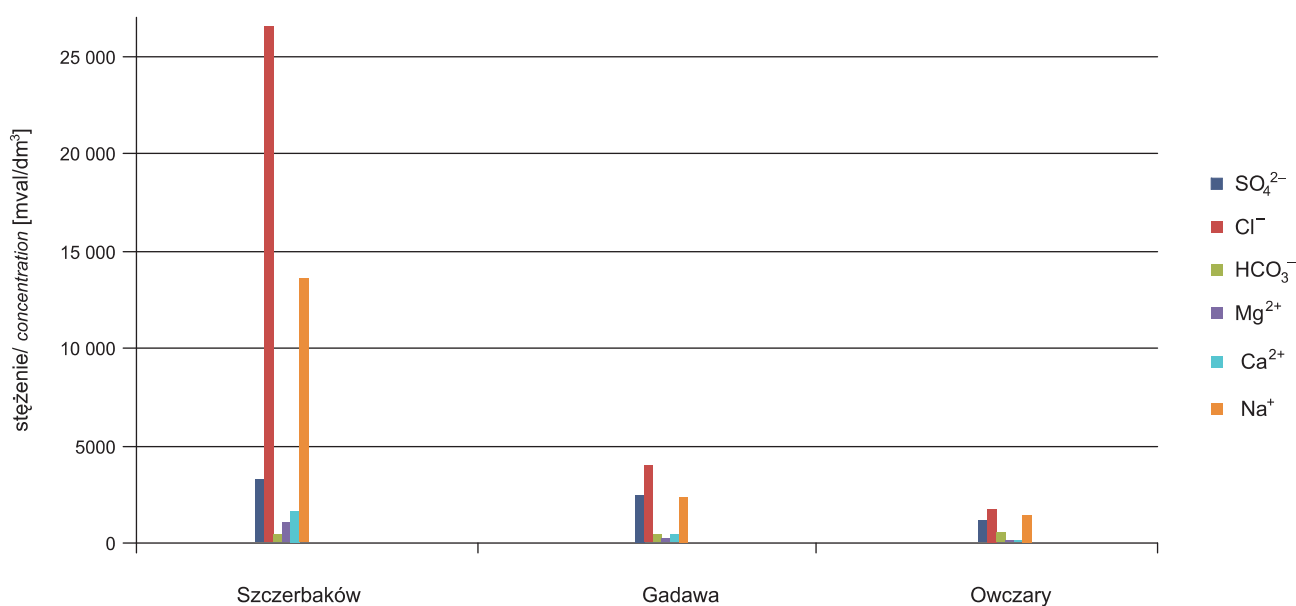


Fig. 3. Skład chemiczny wód ze źródła i z szybów Ponidzia (na podstawie wyników analiz chemicznych z 2012 r.)

Chemical composition of waters from spring and wells in Ponidzie area (based on values of chemical analysis in 2012)

Na podstawie badań składu chemicznego wód autorka potwierdziła przytoczone poglądy dotyczące genezy wód, jak również uzupełniła informacje o strefowości hydrogeochemicznej w rejonie Poniądzia, co przedstawiono w następnym rozdziale, poświęconym formowaniu się składu chemicznego tych wód.

Uwzględniając opisaną wcześniej budowę geologiczną, kierunki przepływu wód i formowanie się mineralizacji wód rozpatrywanego rejonu oraz wyniki przeprowadzonych w 2012 r. analiz fizykochemicznych, scharakteryzowano badane wody ze źródeł i z szybów Poniądzia, przy czym ograniczono się do pięter wodonośnych czwartorzędu, miocenu, kredy górnej i jury górnej. Określono typ hydrochemiczny wszystkich badanych wód, a ich skład chemiczny przedstawiono wzorem Kurlowa.



Fig. 4. Źródło w Piestrzcu

Spring in Piestrzec

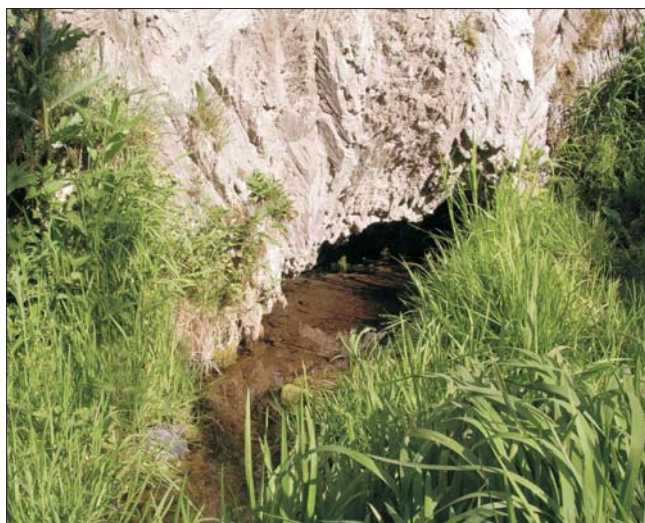
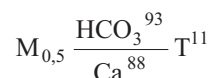


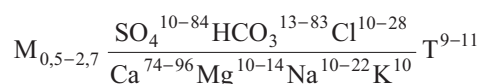
Fig. 5. Źródło w Busku-Zdroju

Spring in Busko-Zdrój

Mineralizacja wód z piętra czwartorzędowego wynosi ok. $0,5 \text{ g/dm}^3$ – są to wody słodkie ($M < 1,0 \text{ g/dm}^3$), typu $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ (Prażak, 2007). Na rozpatrywanym obszarze wody tego piętra ujmuje źródło w miejscowości Czyżowice. Jony główne: HCO_3 , Ca i Mg występują w stężeniu odpowiednio $363,2$, $82,4$ i $19,2 \text{ mg/dm}^3$ (fig. 2). Woda ze źródła w Czyżowicach zawiera niewielką ilość siarkowodoru – ok. $0,09 \text{ mg/dm}^3$ (Bank Danych..., 2012). Skład chemiczny wód z piętra czwartorzędowego według wzoru Kurlowa przedstawia się następująco:



Mineralizacja wód poziomu miocenińskiego wynosi od $0,5$ do $2,7 \text{ g/dm}^3$. W stosunku do wód czwartorzędowych większa jest zawartość siarczanów (tab. 1). Ze względu na mineralizację wody te należą do wód słodkich i półsłodkich ($M = 1,0\text{--}3,0 \text{ g/dm}^3$). Wyróżniono następujące typy hydrochemiczne wód poziomu czwartorzędowego: Ca-HCO_3 , $\text{Ca-HCO}_3\text{-SO}_4$ (źródła w Bogucicach, Pińczowie, Nowym Korczynie, Skorocicach i Magierowie), $\text{Ca-SO}_4\text{-HCO}_3$ (źródła w miejscowościach Czarkowy, Piestrzec – fig. 4, Skotniki Dolne, Winiary, Wola Zagajska, Łagiewniki, Busko-Zdrój – fig. 5 i Senislawice – fig. 6), $\text{SO}_4\text{-Ca}$ (źródło w Wiślicy) oraz $\text{Ca-HCO}_3\text{-Cl-SO}_4$ i $\text{Ca-Na-HCO}_3\text{-Cl-SO}_4$ (odpowiednio źródła w miejscowościach Szaniec i Budy). W pobliżu niektórych źródeł jest wyczuwalny zapach siarkowodoru. Z danych archiwalnych wynika, że wody z poziomu miocenińskiego ze źródeł w Czarkowach, Budach, Nowym Korczynie, Skorocicach, Skotnikach Dolnych, Winiarach, Wiślicy i Woli Zagajskiej zawierają niewiele siarkowodoru ($0,06\text{--}0,30 \text{ mg/dm}^3$). Wyjątek stanowi źródło w miejscowości Piestrzec, gdzie pomierzono zawartość znacznie wyższą: $17,00 \text{ mg/dm}^3$, co pozwala zaliczyć tę wodę do wód siarczkowych (Bank Danych..., 2012). Skład chemiczny wód z poziomu miocenińskiego według wzoru Kurlowa przedstawia się następująco:



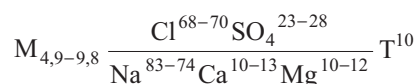
Skład chemiczny wód z poziomu kredy górnej scharakteryzowano na podstawie wyników analiz fizykochemicznych wód opróbowanych w Gadawie i Owczarach. W wodach tych zamiast wapnia wśród kationów oraz wodorowęglanów wśród anionów w składzie przeważają odpowiednio sód i chlorki. Wody z poziomu kredy górnej odznaczają się wysoką mineralizacją – od ok. $4,9 \text{ g/dm}^3$ w źródle w Owczarach do $9,8 \text{ g/dm}^3$ w szybie w Gadawie, są to więc wody słone i słonawe. Reprezentują typ chemiczny Na-Cl-SO_4 (źródło w Owczarach) i Na-Cl (szyb w Gadawie). Dodatkowo wody z tych punktów odznaczają się silnym zapachem siarkowodorowym, a pomierzona zawartość H_2S wynosi: w Gadawie $0,34 \text{ mg/dm}^3$, w Owczarach $12,72 \text{ mg/dm}^3$ (Bank Danych..., 2012) – siarkowodor jest tu składnikiem swoistym, nadającym badanej wodzie charakter siarczkowy.



Fig. 6. Wysiek w Senisławicach

Seepage in Senisławice

W wodach z poziomu górnokredowego siarkowodor występuje jedynie w niewielkim stężeniu ok. 0,2–0,3 mg/dm³, co opisali w swej pracy Herman i Gągol (1994). Skład chemiczny tych wód jest zbliżony do składu wód ujmowanych w celach leczniczych płytszymi otworami wiertniczymi w rejonie uzdrowisk Busko-Zdrój i Solec-Zdrój. Niewątpliwie jest to wynikiem drenowania tego samego poziomu wodonośnego. Skład wód z poziomu wodonośnego kredy górnej według wzoru Kurłowa to:



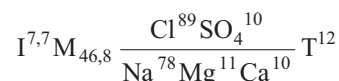
Spośród badanych wód najgłębiej występują wody z poziomu jury górnej. Charakteryzują się one bardzo wysoką



Fig. 7. Wysiek w miejscu dawnego szybu w Szczerbakowie

Seepage in former borehole in Szczerbaków

mineralizacją, osiągającą ok. 46,8 g/dm³. Do tego poziomu zaliczono wody wypływające z dawnego szybu w Szczerbakowie (fig. 7). Obecnie szyb jest zasypany, a na jego miejscu można zaobserwować jedynie wysiek wody o silnym zapachu siarkowodoru. Z danych archiwalnych wiadomo, że zawartość H₂S jest tu niewielka i wynosi 0,20 mg/dm³ (Bank Danych..., 2012). Są to wody typu Cl-Na, które ze względu na mineralizację powyżej 35,0 g/dm³ zaklasyfikowano do solanek. Skrócona forma zapisu ich składu chemicznego zgodnie ze wzorem Kurłowa to:



FORMOWANIE SIĘ SKŁADU CHEMICZNEGO WÓD ZE ŹRÓDEŁ I Z SZYBÓW PONIDZIA

Skład chemiczny wód Ponidzia jest bardzo złożony i zależy od wielu czynników, związanych z warunkami geograficznymi, geologicznymi, hydrogeologicznymi, fizykochemicznymi, biologicznymi, a także antropogenicznymi (Macioszczyk, 1987). Powszechnie uważa się, że zróżnicowany skład chemiczny wód podziemnych jest uwarunkowany głównie oddziaływaniem na siebie roztworu i środowiska skalnego (Pazdro, Kozerski, 1990). W naturalnych warunkach ciągła wędrówka substancji w wodach podziemnych powoduje, że roztwór wodny zmienia swój skład, w zależności od zmieniającego się środowiska litologicznego i warunków fizykochemicznych, które opisano wcześniej.

Według wielu autorów, m.in. Oszczycki (1981), Kleczkowskiego (1986) i Barbackiego (2004), w rejonie niecki miechowskiej występuje pionowa i regionalna strefowość hydrochemiczna (Dowgiałło i in., 2002), typowa dla base-

nów sedymentacyjnych. Zaznacza się ona zmianami mineralizacji, składu jonowego, gazowego bądź izotopowego wód wzdłuż dróg ich krążenia, czyli od brzegów niecki ku jej środkowi, a także wzdłuż osi niecki. W wyniku analiz składu chemicznego wód ze źródeł i z szybów Ponidzia, a w szczególności stężenia jonów głównych: wodorowęglanów, chlorków, siarczanów, wapnia i sodu w tych wodach, potwierdzono występowanie strefowości hydrogeochemicznej w badanym rejonie. Scharakteryzowano ją na podstawie mineralizacji i typów hydrochemicznych wód (według Pazdry, 1977; tab. 2).

Według kryterium mineralizacji badane wody podzielono na: 1) słodkie – akratepegi – których mineralizacja wynosi 0,5–1,0 g/dm³, są to wody ze źródeł w miejscowościach: Czyżowice, Budy, Nowy Korczyn, Skorocice, Bogucice, Magierów i Pińczów; oraz 2) wody o podwyższonej mineralizacji

Tabela 2

Wybrane cechy zmienności hydrogeochemicznej wód ze źródeł i z szybów Ponidzia (wg Gała, 2013, zmienione)

Selected characteristic of hydrogeochemical zoning of waters from springs and wells in Ponidzie area (after Gała, 2013, modified)

Poziom wodonośny	Strefa hydrochemiczna		Typ chemiczny wód	Warunki	Miejsce wypływu	
Czwartorzęd	strefa górna	seria nadgipsowa	intensywna wymiana wód	utleniające	Czyżowice	
Miocen					Ca-HCO ₃	Bogucice, Pińczów
					Ca-HCO ₃ -SO ₄	Nowy Korczyn, Skorocice, Magierów
					Ca-SO ₄ -HCO ₃	Czarkowy, Piestrzec, Skotniki Dolne, Winiary, Wola Zagojska, Łagiewniki, Busko-Zdrój, Senisławice
					SO ₄ -Ca	Wiślica
					Ca-HCO ₃ -Cl-SO ₄	Szaniec
					Ca-Na-HCO ₃ -Cl-SO ₄	Budy
Kreda górna	strefa środkowa	seria podgipsowa	wody zwolnionej wymiany	redukcyjne	Owczary	
Jura górna	strefa dolna				Na-Cl-SO ₄	Gadawa
					Na-Cl	Szczerbaków
					Cl-Na	

(powyżej 1,0 g/dm³), ze źródeł w miejscowościach: Czarkowy, Piestrzec, Skotniki Dolne, Winiary, Wiślica, Wola Zagojska, Łagiewniki, Senisławice, Busko-Zdrój, Szaniec i Owczary oraz w nieczynnych szybach w Szczerbakowie i Gadawie.

Na podstawie typu chemicznego badane wody można zaklasyfikować do następujących stref hydrochemicznych: górnej (wód infiltracyjnych), środkowej (wód mieszanych) oraz dolnej (wód kopalnianych; Gała, 2013). W rejonie badań wody infiltracyjne występują w utworach od czwartorzędu przez miocen po płytkie warstwy utworów kredy górnej. Mineralizacja wód strefy górnej zmienia się w granicach od 0,5 do 2,7 g/dm³; podlegają one intensywnej wymianie. Do górnej strefy zaliczono wody z niemal wszystkich źródeł (tab. 2), wyjątkiem jest źródło w rezerwacie przyrody w Owczarach, które przyporządkowano do strefy środkowej (wód mieszanych) ze względu na wyższą mineralizację wody – 4,9 g/dm³, na co wpływa głównie podwyższona zawartość jonów sodu – 1371,0 mg/dm³ i chlorków – 1700,0 mg/dm³. Do strefy środkowej zaklasyfikowano również wody z szybu w Gadawie, których mineralizacja wynosi 9,8 g/dm³ (stężenie jonów sodu – 2320,5 mg/dm³, chlorków – 3950,0 mg/dm³). Wody poziomu górnourajskiego zaliczono natomiast do strefy dolnej, czyli tzw. strefy zwolnionej wymiany. Charakteryzują się one wysoką mineralizacją, wynoszącą 46,8 g/dm³, oraz dużą zawartością chlorków (26 500,0 mg/dm³) i sodu (13 580,0 mg/dm³). Zauważono, że zawartość chlorków wzra-

sta wraz z głębokością kosztem siarczanów. Do strefy dolnej zaliczono wody z dawnego szybu w Szczerbakowie, gdzie obecnie obserwuje się jedynie wysięk wody.

W czasie prac terenowych stwierdzono, że w pobliżu szybów w Gadawie i Szczerbakowie, a także w otoczeniu źródeł w Owczarach i Piestrcu jest wyczuwalny silny zapach siarkowodoru. Z danych archiwalnych – analiz fizykochemicznych (Bank Danych..., 2012) – wynika, że w wodach z szybów stężenie siarkowodoru jest niewielkie i wynosi: 0,20 mg/dm³ w Szczerbakowie i 0,34 mg/dm³ w Gadawie. W wodach z obu wymienionych źródeł zawartość H₂S jest podwyższona – w Owczarach wynosi 12,70 mg/dm³, zaś w Piestrcu – 17,00 mg/dm³. Są to więc wody siarczkowe, którym swoistość nadaje siarka, występująca w ilości co najmniej 1 mg/dm³, oznaczona jodometrycznie w postaci siarkowodoru. Miejscowe występowanie siarkowodoru w wodach z utworów jury górnej i kredy najprawdopodobniej wiąże się z procesami bakteryjnej redukcji siarczanów w obecności materii organicznej (Dowgiało, 2007). Pochodzenie siarkowodoru może być związane także z migracją węglowodorów gazowych w okresie laramijskiej fazy fałdowań (Burzewski, 1969; Kotlicki, 1971). W wodach z pięt czwartorzędowego i neogeńskiego – w utworach nadkładu bałeńskiej serii utworów chemicznych – obecność siarkowodoru jest związana z redukcją siarczanów lub też z obecnością reliktowych wód morskich w skałach (Łebkowska, Karwowska, 2010).

WNIOSKI

Celem pracy było scharakteryzowanie składu chemicznego wód występujących na obszarze Ponidzia. W rejonie badań wytypowano 18 źródeł i 2 nieczynne szyby. Analizo-

wane wody to przede wszystkim wody słodkie, akrotopegi o mineralizacji od 0,5 do 1,0 g/dm³, oraz wody o podwyższonej mineralizacji – od powyżej 1,0 do 46,8 g/dm³. Wody

te wypływają z czterech poziomów wodonośnych: czwartorzędowego (źródło w Czyżowicach), neogeńskiego (źródła w Bogucicach, Pińczowie, Nowym Korczynie, Skorocicach, Magierowie, Czarkowach, Piestrzcu, Skotnikach Dolnych, Winiarach, Woli Zagojskiej, Łagiewnikach, Busku-Zdroju i Senisławicach, Budach, Wiślicy i Sienisławicach), górno-kredowego (źródło w Owczarach, nieczynny szyb w Gadawie) oraz górnourajskiego (wysięk ze zlikwidowanego szybu w Szczerbakowie). Badane wody reprezentują różne typy hydrochemiczne – od $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$, $\text{Ca-HCO}_3\text{-SO}_4$, Na-Cl-SO_4 , Na-Cl do Cl-Na (z różną zawartością poszczególnych jonów).

Wnioski uzyskane na podstawie analizy składu chemicznego wód z badanych źródeł i szybów potwierdzają występowanie na Poniżniu strefowości hydrogeochemicznej, o której pisali już Oszczytko (1981), Kleczkowski (1986) i Barbacki (2004). Zaznacza się ona szczególnie wzrostem mineralizacji oraz zmianami składu jonowego wód wraz z głębokością występowania poziomu wodonośnego. Na podstawie ogólnego schematu zmienności warunków hydrogeochemicznych

wraz z głębokością (Dowgiałło i in., 2002) stwierdzono, że w strefie górnej, gdzie występuje intensywne wymiana wód, ich typ chemiczny zmienia się od $\text{HCO}_3\text{-Ca-Mg}$ przez Ca-HCO_3 i $\text{Ca-HCO}_3\text{-SO}_4$ do $\text{Ca-Na-HCO}_3\text{-Cl-SO}_4$. W głębszej strefie, w wyniku oddziaływania na siebie wód i skał wodonośnych, skład jonowy ulega dalszym przeobrażeniom, czego rezultatem jest zmiana typu chemicznego wody na Na-Cl i Cl-Na (tab. 2).

Wody ze źródeł w Owczarach i Piestrzcu odznaczają się podwyższoną koncentracją H_2S , o czym świadczą archiwalne wyniki pomiarów oraz zapach siarkowodoru w pobliżu wypływów. Zapach ten jest wyczuwalny również w wodach z dawnych szybów w Szczerbakowie i Gadawie.

Wskazane jest prowadzenie dalszego rozpoznania hydrogeochemicznego. Kolejnym etapem prac będzie zbadanie stężenia H_2S w wodach z wybranych punktów badawczych. Planowane jest również wykonanie modelowania specyficznego oraz obliczenie wskaźników nasycenia wód podziemnych względem minerałów i faz amorficznych występujących w utworach budujących warstwy wodonośne.

LITERATURA

- BANK Danych Wód Podziemnych Zaliczonych do Kopalni 2012 — Bank Wód Mineralnych [http://spdpsh.pgi.gov.pl/PSHv7]. Stan na 2012 r.
- BARBACKI A.P., 2004 — Zbiorniki wód geotermalnych niecki miechowskiej i środkowej części zapadliska przedkarpackiego. IGSMiE PAN, ser. *Stud. Rozpr. Monogr.*, **125**.
- BUŁA Z., ŻABA J., HABRYN R., 2008 — Regionalizacja tektoniczna Polski – Polska południowa (blok górnośląski i blok małopolski). *Prz. Geol.*, **56**, 10: 912–920.
- BURZEWSKI W., 1969 — Strukturalne warunki jury olkusko-wolbromskiej jako brzegowe dla hydrodynamiki złóż naftowych Niecki Nidziańskiej. *Pr. Geol. PAN*, **61**.
- von CAROSI J.P., 1871 — Reisen durch verschiedene polnische Provinzen, mineralischen und andern Inhalts. T. 2. Leipzig.
- CHOWANIEC J., ZUBER A., CIĘŻKOWSKI W., 2007 — Prowincja karpacka. Wody mineralne. *W: Hydrogeologia regionalna Polski. T. 2. Wody mineralne, lecznicze i termalne oraz kopalniane* (red. B. Paczyński, A. Sadurski): 83–86. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DOWGIAŁŁO J., 2007 — Przegląd regionalny wód zmineralizowanych, termalnych oraz uznanych za lecznicze. Region zapadliska przedkarpackiego. Region Karpat zewnętrznych. *W: Hydrogeologia regionalna Polski. T. 2. Wody mineralne, lecznicze i termalne oraz kopalniane* (red. B. Paczyński, A. Sadurski): 33–34. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- DOWGIAŁŁO J., KLECZKOWSKI A.S., MACIOSZCZYK T., RÓŻKOWSKI A. (red.), 2002 — Słownik hydrogeologiczny. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GAŁA I., 2013 — Sprawozdanie z realizacji zadania badawczego pt. „Modelowanie hydrogeochemiczne formowania się składu chemicznego wód siarczkowych rejonu Buska-Zdroju i Solca-Zdroju”. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB*, filia w Kielcach.
- GORCZYCA G., KRAWCZYK J., FISZER J., TOTT M., 2008 — Dodatek nr 2 do dokumentacji hydrogeologicznej zasobów wód siarczkowych do celów leczniczych z utworów kredowych w Busku-Zdroju. *Przeds. Geol.*, Kraków.
- GRABCZAK J., SZCZEPAŃSKI A., ZUBER A., 1987 — Uwagi na temat genezy i ochrony wód mineralnych Buska i Solca. *W: 25 lat górnictwa uzdrowiskowego. Konferencja naukowo-techniczna: 91–99*. AGH, Kraków.
- HERMAN G., GAŁOŁ J., 1994 — Stan rozpoznania i perspektywy wykorzystania wód mineralnych Poniżnia. *Narod. Arch. Geol. PIG-PIB*, Warszawa.
- KLECZKOWSKI A.S., 1986 — Wody podziemne Niecki Nidziańskiej. *Stud. Ośr. Dok. Fizjogr.*, **14**: 239–249.
- KOTLIICKI S., 1971 — Chemizm wód podziemnych południowo-zachodniej części niecki miechowskiej. *Biul. Inst. Geol.*, **249**: 65–134.
- ŁEBKOWSKA M., KARWOWSKA E., 2010 — Bakterie redukujące siarczany na tle badań paleobiologicznych. *W: Wody siarczkowe w rejonie Buska-Zdroju* (red. R. Lisik): 185–194. Wydaw. XYZ, Kielce.
- ŁYCZEWSKA J., 1971 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Busko-Zdrój, Wydaw. Geol., Warszawa.
- MACIOSZCZYK A., 1987 — Hydrogeochemia. Wydaw. Geol., Warszawa.
- MICHALSKI A., 1902a — W kwestyi poszukiwań soli kamiennej w Królestwie Polskiem. *Prz. Techn.*, **47**: 577–578.
- MICHALSKI A., 1902b — W kwestyi poszukiwań soli kamiennej w Królestwie Polskiem (dokończenie). *Prz. Techn.*, **49**: 601–603.
- OSZCZYPKO N., 1981 — Wpływ neogeńskiej przebudowy przedgórza Karpat na warunki hydrodynamiczne i hydrochemiczne zapadliska przedkarpackiego. *Biul. Inst. Geol.*, **325**: 5–87.
- OSZCZYPKO N., OSZCZYPKO-CLOWES M., 2010 — Alpejska tektonika południowej części synklinorium miechowskiego. *W: Wody siarczkowe w rejonie Buska-Zdroju* (red. R. Lisik): 109–118. Wydaw. XYZ, Kielce.
- PAZDRO Z., 1977 — Hydrogeologia ogólna. Wydaw. Geol., Warszawa.
- PAZDRO Z., KOZERSKI B., 1990 — Hydrogeologia ogólna. Wydaw. Geol., Warszawa.

- POŻARYSKI W. (red.), 1974 — Budowa geologiczna Polski. T. 4. Tektonika. Cz. 1. Niż Polski. Niecka nizinna: 316–321. Wydaw. Geol., Warszawa.
- PRAŻAK J., 2007 — Subregion środkowej Wisły wyżynny – część centralna. *W: Hydrogeologia regionalna Polski. T. 1. Wody słodkie* (red. B. Paczyński, A. Sadurski): 174–187. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- RÓŻKOWSKI J., RÓŻKOWSKI A., 2010 — Pochodzenie mineralizacji wód siarczkowych Buska – i ich paleogeneza. *W: Wody siarczkowe w rejonie Buska-Zdroju* (red. R. Lisik): 151–183. Wydaw. XYZ, Kielce.
- STUPNICKA E., 2007 — Geologia regionalna Polski. UW, Warszawa.
- TÓTH J., 1995 — Hydraulic continuity in large sedimentary basins. *Hydrogeol. J.*, **3**, 4: 4–16.
- WALCZOWSKI, 1973 — Szczegółowa Mapa Geologiczna Polski w skali 1:50 000, ark. Stopnica. Wydaw. Geol., Warszawa.
- ZUBER A., WEISE S.M., OSENBRÜCK K., MATEŃKO T., 1997 — Origin and age of saline waters in Busko Spa (Southern Poland) determined by isotope, noble gas and hydrochemical methods: evidence of interglacial and pre-Quaternary warm climate recharges. *Appl. Geochem.*, **12**: 643–660.
- ZUBER A., WEISE S.M., OSENBRÜCK K., MATEŃKO T., GRABCZAK J., 1996 — Kompleksowe zastosowanie metod hydrochemicznych, izotopowych i gazów szlachetnych dla określenia genezy i wieku wód mineralnych. *W: Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski: 361–367*. Dolnośl. Wydaw. Eduk., Wrocław.

SUMMARY

The paper presents results of spatial analysis of water from springs and wells in the Ponidzie area. The aim of this study was to provide the hydrogeochemical characteristics and attribute hydrogeochemical zoning in the research area. For the purpose of the characteristics, field work was conducted and samples were collected from 20 research points (18 springs and two wells) for laboratory analysis. The chemical composition of springs in the Ponidzie area was determined based on own analysis and archived data.

Spatial heterogeneity of groundwater chemistry within the study area is manifested mainly by mineralization (total

dissolved solids) and concentrations of major ions: HCO_3 , Cl , SO_4 , Ca , Na , Mg . The concentration of total dissolved solids is in the range of 0.5–46.8 g/dm³. The hydrochemical facies of water are of the following types: HCO_3 -Ca-Mg, Ca- HCO_3 - SO_4 through Na-Cl to Cl-Na (brine). Thus, the chemical composition of the springs and wells is diversified. It is due to a complicated geology of the study area. Major processes controlling the chemical composition of water are related to dissolution of the now non-existent Badenian salt facies.