

## Chemizm niezagospodarowanych wód mineralnych rejonu Buska-Zdroju i Solca-Zdroju

Józef Chowaniec<sup>1</sup>, Tomasz Gaęulski<sup>1</sup>, Grażyna Gorczyca<sup>1</sup>

Chemistry of not utilized mineral water in Busko-Zdrój and Solec-Zdrój area. *Prz. Geol.*, 63: 645–651.

*Abstract.* In Busko-Zdrój and Solec area two types of therapeutic waters: Cl–Na, S, I and Cl–Na, I are explored. Mineralization of these waters varies from 12.1 g/dm<sup>3</sup> to 67.0 g/dm<sup>3</sup> (brines). In this area we are also dealing with not utilized mineral water discharges appearing as springs as well as outflows in abandoned mineshafts. There are four chemical types with mineralization from 2.37 g/dm<sup>3</sup> to 48.45 g/dm<sup>3</sup>. Water of the SO<sub>4</sub>–Ca type is related to a Miocene gypsum bearing series which is leached by meteoric water. This is a shallow water circulation. Water of the Cl–Na type (infiltrating brines) is linked to a deep water circulation occurring in the Upper Jurassic beds. Water of Cl–SO<sub>4</sub>–Na and Cl–SO<sub>4</sub>–Ca types is assorted water related to Miocene and Upper Cretaceous beds.

**Keywords:** therapeutic waters, mineral water, hydrogen sulphide, hydrochemical indicators, mine shafts

Wody lecznicze rejonu Buska-Zdroju oraz Solca-Zdroju znano z naturalnych wystąpień (źródeł) już od początku XV w. Najstarszy opis wypływów solanki z rejonu Buska-Zdroju pochodzi z 1791 r. (Gaęol & Herman, 2000, 2005; Lisik & Szczepański, 2014). Później udostępniano je za pomocą szybów oraz otworów wiertniczych.

W niniejszym artykule skoncentrowano się jedynie na wybranych przejawach, niezagospodarowanych wód mineralnych, wypływających w postaci źródeł w miejscowościach: Aleksandrów, Skorocice i Wiśniówki oraz w miejscach dawnych szybów górniczych w Gadawie, Owczarach i Szczerbakowie. Przedstawiono ogólną charakterystykę tych wód na podstawie wyników własnych badań fizyczno-chemicznych wykonanych w 2014 i 2015 r. oraz danych archiwalnych (m. in., Gaęol & Herman, 2009; Migaszewski, 2010; Zuber i in., 2010; Rózkowski i in., 2011). Badania wód leczniczych w rejonie Buska-Zdroju i Solca-Zdroju są prowadzone przez autorów w Oddziale Karpackim Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego w związku z dokumentowaniem zasobów dyspozycyjnych tych wód. W artykule przedstawiono wyniki badań chemizmu niezagospodarowanych wód mineralnych występujących w utworach jury i kredy górnej oraz miocenu w rejonie Buska-Zdroju i Solca-Zdroju.

### HISTORIA SZYBÓW GÓRNICZYCH

Pierwsze szyby górnicze wykonywano w związku z poszukiwaniem złóż soli kamiennej na początku lat 80. XVIII wieku, kiedy to po rozbiórce Polski w 1772 r. żupy solne w Wieliczce i Bochni znalazły się poza granicami kraju. Prace związane z poszukiwaniem nowych złóż soli oraz solanek nadzorował wówczas geolog Wilhelm Gottlob Ernest Becker (Graniczny i in., 2011; Lisik & Szczepański, 2014). Szyby wykonywano przy użyciu materiałów wybuchowych z zastosowaniem drewnianej obudowy. Napotykaąc trudności w trakcie głębieńszybów, dalsze prace prowadzono za pomocą wierceń usytuowanych w ich dnach. Do dziś zachowały się informacje o pięciu takich szybach wykonanych na przełomie lat 1818–1827 w: Busku-Zdroju, Owczarach, Gadawie, Szczerbakowie oraz Solcu-Zdroju. Pierwszy taki szyb (źródło „Rotunda”)

do głębokości 17,8 m, wykonano w Busku-Zdroju a następnie pogłębiono otworem wiertniczym do 46,0 m (Gaęol & Herman, 2005). W 1971 r. zlikwidowano go, ponieważ dopływająca do niego woda uległa demineralizacji. W 1824 r. wykonano szyby w Owczarach i Gadawie, w latach 1818–1827 szyb w Szczerbakowie, a w latach 1824–1827 szyb Solecki w Solcu-Zdroju.

W żadnym z wymienionych szybów nie napotkano soli kamiennej, natomiast uzyskano wypływy wód leczniczych (solanek i wód siarczkowych). Zainteresowanie tymi wodami dało początek zorganizowanemu lecznictwu uzdrowiskowemu prowadzonemu na tym obszarze. Do dziś zachowały się tylko dwa szyby, jeden w miejscowości Solec-Zdrój, który jest wykorzystywany obecnie jako ujęcie wody leczniczej w Uzdrowisku „Solec-Zdrój” i drugi niezagospodarowany, w miejscowości Gadawa.

### ZARYS WARUNKÓW GEOLOGICZNYCH WYSTĘPOWANIA WÓD LECZNICZYCH

Obszar Buska-Zdroju i Solca-Zdroju znajduje się na północnym stoku synkliny o przebiegu osi NW–SE, podzielonej na kilka dużych bloków tektonicznych utworzonych w czasie kolejnych alpejskich zjawisk orogenicznych.

Dla rozpoznania budowy geologicznej badanego terenu zasadnicze znaczenie miały wiercenia poszukiwawcze (naftowe) wykonane w latach pięćdziesiątych i sześćdziesiątych XX w. Najstarszymi utworami stwierdzonymi w otworach są: zmetamorfizowane łupki prekambru, na których występują utwory ordowiku, syluru, dewonu i karbonu oraz osady triasu i jury. Na zerodowanej powierzchni skał jurajskich osadziły się utwory kredy, wykształcone w postaci piasków (cenoman), wapieni marglistych (turon) i margli (senon). Powyżej występują utwory neogenu (miocenu) reprezentowane przez osady ilasto-margliste oraz gipsy i anhydryty. Osady czwartorzędowe pojawiają się jedynie lokalnie w dolinach rzecznych w postaci piasków i żwirów oraz jako pokrywy lessowe na niektórych wyniesieniach (Oszczypko & Oszczypko-Clowes, 2010; ryc. 1).

Tektonika obszaru badań jest skomplikowana i charakteryzuje się przebiegiem struktur blokowo-fałdowych

<sup>1</sup> Państwowy Instytut Geologiczny – Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Karpacki, ul. Skrzatów 1, 31-560 Kraków; jozef.chowaniec@pgi.gov.pl, tomasz.gagulski@pgi.gov.pl, grazyna.gorczyca@pgi.gov.pl.

**Tab. 1.** Eksploatowane ujęcia wód leczniczych w rejonie Buska-Zdroju i Solca-Zdroju  
**Table 1.** Exploited wells of mineral water in Busko-Zdrój and Solec-Zdrój area

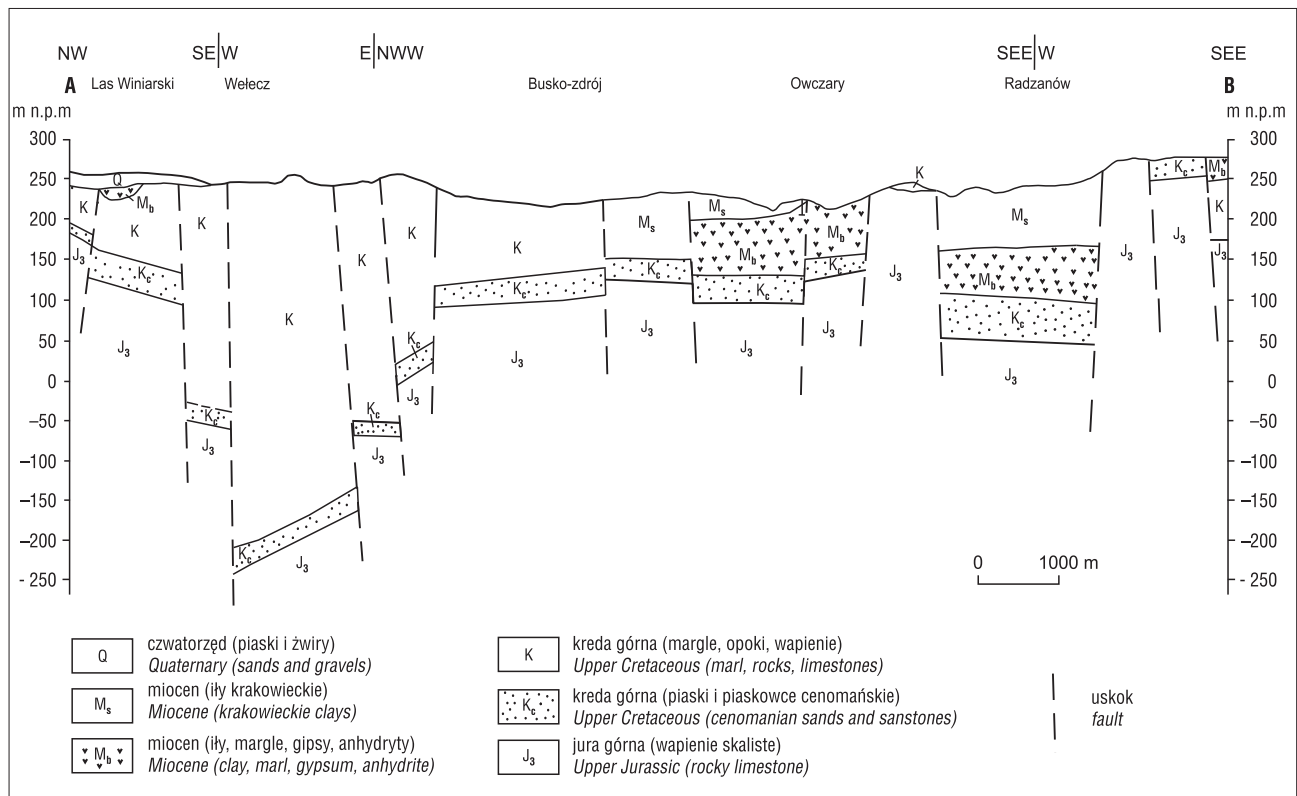
Miejscowość <i>Locality</i>	Nazwa obszaru górnictwa <i>Name of the mining area</i>	Nazwa eksploatowanego ujęcia <i>Name of the explored well</i>	Ujęta warstwa Water- bearing bed	Mineralizacja <i>Total dissolved solids</i>	Typ chemiczny wody <i>Type of water</i>	Zawartość wybranych wskaźników <i>The content of selected indicators</i>							
						[g/dm <sup>3</sup> ]	H <sub>2</sub> S	I <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>			
				[mg/dm <sup>3</sup> ]									
Busko-Zdrój	„Busko II”	4B – Aleksander 8B – Michał 13 – Anna 16A – Wiesława 17 – Ignacy	kreda górna <i>Upper Cretaceous</i>	12,1–13,9	Cl–Na, S, I	~50,0	1,1–2,3	0,2–2,0	14,2–17,6				
		15 – Henryk 19 – Małgorzata	jura górna <i>Upper Jurassic</i>	22,0–67,0						Cl–Na, I	<0,04	6,8–18,5	1,4–4,0
Las Winiarski	„Las Winiarski”	LW-1 LW-2	kreda górną <i>Upper Cretaceous</i>	12,7–14,1	Cl–Na, S, I	34,0–53,0	1,3–2,9	0,5–1,1	5,0–13,7				
Busko-Zdrój	„Busko-Północ”	Busko-C1		12,4						23,5–29,7	1,7–1,9	1,0–1,2	6,4–9,2
Dobrowoda	„Dobrowoda”	Dobrowoda G-1		14,0						~98,0	1,6	0,9	10,46
Solec-Zdrój	„Solec-Zdrój”	Solec 2B Solec 2 (Karol) Szyb Solecki		20,0						Cl–Na, S, I	~150,0	5,5–13,0	0,5–1,7
Wełnin	„Wełnin”	Wełnin	jura górna <i>Upper Jurassic</i>	31,0	Cl–Na, S, I	~800,0	16,8	0,2	65,5				

o kierunku NW–SE poprzecinanych poprzecznymi uskoka-  
 mi (ryc. 2). Ma to zasadnicze znaczenie dla kształtowania  
 się warunków hydrogeologicznych. Uskoki oraz liczne nie-  
 ciągłości tektoniczne stanowią drogi migracji wód podziem-  
 nych oraz mieszania się wód różnych pięter wodonośnych.

Według regionalizacji hydrogeologicznej Polski badany  
 obszar należy do prowincji karpackiej, regionu zapadliska  
 przedkarpackiego (Paczyński & Sadurski, 2007; Dowgiałło

& Paczyński, 2002) i charakteryzuje się skomplikowanymi  
 warunkami hydrogeologicznymi. Dotychczas obszary  
 zasilania i kierunki przepływu wód leczniczych w rejonie  
 Buska-Zdroju i Solca-Zdroju nie zostały do końca rozpo-  
 znane (Chowaniec i in., 2009; Zuber i in., 2010).

Obecnie (2015 r.) na badanym obszarze eksploatowane  
 są dwa typy wód leczniczych: Cl–Na, S, I oraz Cl–Na, I  
 (tab. 1). Wody te były badane i opisywane przez wielu



**Ryc. 1.** Przekrój geologiczny w rejonie Buska-Zdroju (wg Krawczyka i in., 1999, zmieniony)  
**Fig. 1.** Geological cross-section in Busko-Zdrój area (after Krawczyk et al., 1999, modified)

autorów w różnych publikacjach, m.in.: Kulikowska (1976), Grabczak i in. (1987), Krawczyk i in. (1999), Gągol i Herman (2000 i 2005), Szczepański i Porwiesz (2007), Chowaniec i in. (2009), Zuber i in. (2010), Graniczny i in. (2011), Lisik i Szczepański (2014).

### CHARAKTERYSTYKA WYPŁYWÓW NIEZAGOSPODAROWANYCH WÓD MINERALNYCH I ZAKRES BADAŃ

W związku z realizacją w Oddziale Karpackim Państwowego Instytutu Geologicznego – Państwowego Instytutu Badawczego „Dokumentacji hydrogeologicznej ustalającej zasoby dyspozycyjne wód leczniczych, siarczkowych rejonu Buska-Zdroju i Solca-Zdroju” opróbowano między innymi wody mineralne ze źródeł w Aleksandrowie, Skorocicach i Wiśniówkach oraz z szybów w: Oczarach, Gadawie i Szczerbakowie (ryc. 2).

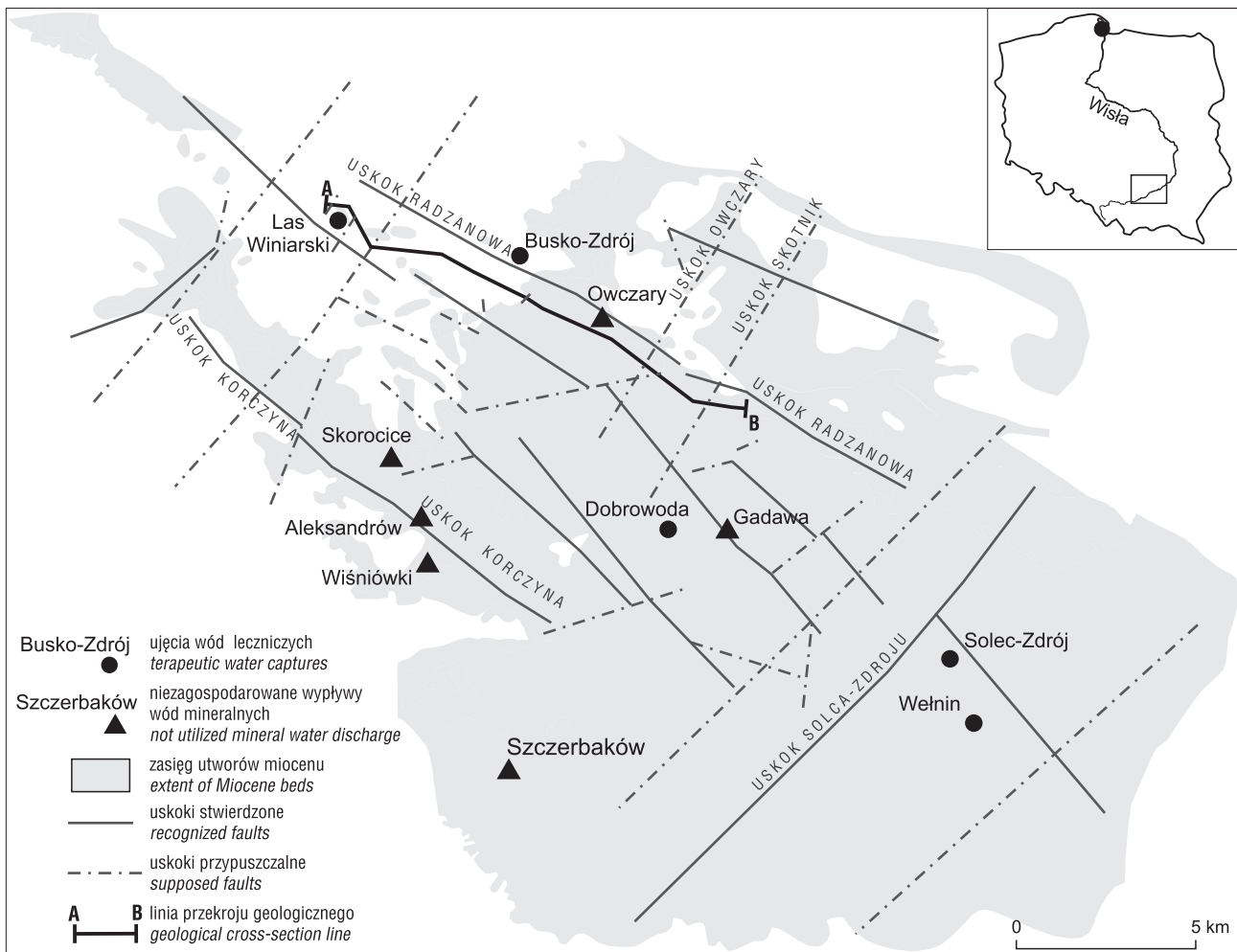
Teren, na którym jest zlokalizowany szyb w Gadawie stanowi własność prywatną. Szyb pierwotnie miał głębokość 43,2 m (obecnie 9,2 m). Wypływ wody mineralnej nastąpił z sześciocalowej szczeliny w marglach kredowych na głębokości około 43,0 m (Gągol & Herman, 2009). Do dziś dobrze zachowała się drewniana obudowa szybu. Zwierciadło wody stabilizuje się równo z powierzchnią tere-

nu. Poniżej szybu jest widoczny niewielki, skoncentrowany odpływ wody o wydajności około 0,2 dm<sup>3</sup>/min.

Szyby w Owczarach oraz w Szczerbakowie uległy zniszczeniu, natomiast pozostały po nich wypływy wód mineralnych. Szyb w Owczarach pierwotnie miał głębokość 18,0 m, a w jego profilu stwierdzono gliny oraz osady chemiczne miocenu. W trakcie badań terenowych nie można było oszacować wydajności źródła, ponieważ wokół niego utworzono (w 1959 r.) rezerwat typu florystycznego (słonoroślowego) „Owczary”.

Szyb w Szczerbakowie był na początku XIX w. najgłębszym szybem poszukiwawczym w Europie. Wydrążono go do 378,0 m, osiągając strop wapieni jurajskich na głębokości 304 m, a następnie pogłębiono otworem do 432,2 m (Gągol & Herman, 2009). Prace melioracyjne prowadzone w latach 70. XX w. doprowadziły do dewastacji źródła w Szczerbakowie. Od 1995 r. miejsce to funkcjonuje jako użytek ekologiczny „Słone źródło w Szczerbakowie”.

Opróbowane źródło w miejscowości Aleksandrów jest położone w dnie potoku, źródło w Skorocicach znajduje się na terenie rezerwatu przyrody Skorocice, natomiast źródło w Wiśniówkach jest położone na terenie użytkowanym rolniczo. Wszystkie źródła wypływają z marglistych utworów miocenu na granicy z ilami krakowieckimi.



**Ryc. 2.** Lokalizacja ujęć wód mineralnych na tle szkicu tektonicznego (wg Gągola & Herman, 2000; Oczsypki & Oszcypko-Clowes, 2010, zmienione)

**Fig. 2.** Location of mineral water captures against the background tectonics (after Gągol & Herman, 2000; Oczsypko & Oszcypko-Clowes, 2010, modified)

**Tab. 2.** Wybrane parametry chemiczne wód  
**Table 2.** Selected chemical parameters of water

Nazwa Name	Data analizy Measurement date	Mineralizacja Total dissolved solids [g/dm <sup>3</sup> ]	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	F <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	H <sub>2</sub> S	Typ chemiczny wody Type of water
			[mg/dm <sup>3</sup> ]											
Źródło Aleksandrów Aleksandrów spring	05.06.2014	2,40	232,5	21,9	1433,0	<0,1	0,05	0,19	618,4	13,7	13,3	9,3	0,06	SO <sub>4</sub> -Ca
Źródło Skorocice Skorocice spring	05.06.2014	2,37	286,5	38,6	1298,0	<0,1	0,05	0,26	597,4	18,1	18,0	14,7	<0,04	SO <sub>4</sub> -Ca
Źródło Wiśniówki Wiśniówka spring	05.06.2014	2,81	292,8	40,8	1552,0	0,1	0,04	0,13	739,0	14,5	13,4	32,2	0,04	SO <sub>4</sub> -Ca
Wpływ Owczary (dawny szyb) Owczary outflow (former shaft)	03.06.2014	2,95	400,9	786,7	810,1	2,1	0,15	0,56	254,1	76,8	570,6	9,1	0,07	Cl-SO <sub>4</sub> -Na-Ca
Szyb Gadawa Gadawa shaft	06.06.2014	3,74*	334,3	1237,0	840,7	2,8	0,23	0,78	170,8	85,0	960,6	71,6	0,27	Cl-SO <sub>4</sub> -Na
Wpływ Szczerbaków (dawny szyb) Szczerbaków outflow (former shaft)	05.06.2014	48,45	372,0	27311,0	2496,0	79,8	15,7	2,89	1752,0	1017,0	14976,0	332,2	<0,04	Cl-Na, I, F

\* Próbkę pobrana po wypompowaniu wody z szybu.  
 Sample taken after pumping of water from the shaft.

**Tab. 3.** Wyniki pomiarów terenowych  
**Table 3.** Results of field measurements

Nazwa Name	Oznaczenie / Measures		H <sub>2</sub> S [mg/dm <sup>3</sup> ]	Rok opróbowania Year of sampling
	PEW [mS/cm]	pH [-]		
Wpływ Owczary (dawny szyb) Owczary outflow (former shaft)	6,39–6,54	7,6	0,07	2014–2015 (badania własne / own research)
	10,9–14,6	7,1–7,9	0,13–24,0	2007–2009 (Migaszewski, 2010)
	8,36	7,04	nie badano / no studied	2003–2007 (Rózkowski i in., 2011)
Szyb Gadawa Gadawa shaft	5,8*–15,4	7,4	0,27* (przy zw. 4,0 m p.p.t.)	2014–2015 (badania własne / own research)
	16,3–17,75	7,0–7,7	3,44–10,9	2007–2008 (Migaszewski, 2010)
	11,1	7,2	nie badano / no studied	2003–2007 (Rózkowski i in., 2011)
Wpływ Szczerbaków (dawny szyb) Szczerbaków outflow (former shaft)	57,4–68,5	6,5	<0,04	2014 (badania własne / own research)
	41,2	6,4	nie badano / no studied	2003–2007 (Rózkowski i in., 2011)
Źródło Aleksandrów Aleksandrów Spring	2,0	7,3	0,06	2014 (badania własne / own research)
Źródło Skorocice Skorocice Spring	2,5	7,1	nie badano / no studied	2003–2007 (Rózkowski i in., 2011)
	1,9	7,3	<0,04	2014 (badania własne / own research)
Źródło Wiśniówki Wiśniówka Spring	1,9	7,3	0,04	2014 (badania własne / own research)

\* Po wypompowaniu wody z szybu.  
 After pumping of water from the shaft.

Badania fizyczno-chemiczne próbek niezagospodarowanych wód mineralnych wykonano w akredytowanym Laboratorium Hydrogeochemicznym Wydziału Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Metodyka pobierania próbek wody była zgodna z wytycznymi dla monitoringu jakości wód podziemnych. Stężenia poszczególnych składników w wodzie oznaczono metodą spektrometrii emisyjnej z plazmą wzbudzoną indukcyjnie (ICP-AES) spektrometrami OPTIMA 730DV oraz ELAN 6100 firmy Parkin-Elmar. Do oznaczenia  $H_2S$  pobrano próbki wody o objętości 0,5 litra i utrwalono 5 ml wersenianu sodu w roztworze NaOH. Wyniki pomiarów wybranych jonów zestawiono w tabeli 2. Ponadto w terenie wykonano 14 pomiarów *in situ* oznaczając pH oraz PEW (tab. 3).

### CHARAKTERYSTYKA HYDROCHEMICZNA I GENEZA WÓD MINERALNYCH

Wyniki badań laboratoryjnych wykazują, że wody mineralne poddane analizie cechują się różnorodnością składu chemicznego. Najniższą mineralizację wód – 2,37 g/dm<sup>3</sup> stwierdzono w źródle Skorocice, zaś najwyższą – 48,45 g/dm<sup>3</sup> w wypływie w Szczerbakowie (tab. 2).

Na podstawie wyników analiz wyróżniono cztery typy hydrochemiczne wód mineralnych (tab. 2). Wody ze źródeł w Aleksandrowie, Skorocicach oraz Wiśniówkach są wodami typu  $SO_4$ -Ca. Ten typ jest charakterystyczny dla monomineralnych skał gipsowych, ich mineralizacja zależy od rozpuszczalności gipsu i zazwyczaj nie przekracza 3,0 g/dm<sup>3</sup>. Wzrost rozpuszczalności gipsów w wodach jest związany z zawartością jonów  $Cl^-$  oraz  $Na^+$ . Wówczas mogą tworzyć się wody trójjonowe lub czterojonowe o mineralizacji przekraczającej 3,0 g/dm<sup>3</sup> (Macioszczyk & Dobrzyński, 2007). W szybie Gadawa stwierdzono występowanie wody trójjonowej  $Cl-SO_4-Na$ , natomiast w źródle w Owczarach czterojonowej  $Cl-SO_4-Na-Ca$ . Wody typu  $Cl-Na$  stwierdzono w szybie Szczerbaków i są one charakterystyczne dla wód ze skał jurajskich, sąsiadujących z osadami chemicznymi (sól kamienna, gips, anhydryt) oraz ilastymi.

Spośród badanych wód mineralnych wyróżnia się wpływ w rejonie dawnego szybu w Szczerbakowie, z najwyższą mineralizacją oraz najwyższymi zawartościami jonów:  $Cl^-$ ,  $Na^+$ ,  $K^+$ ,  $Mg^{2+}$  i  $Br^-$ . Wysokie, choć zróżnicowane stężenia siarczanów we wszystkich badanych próbkach są związane z ługowaniem serii gipsońskiej badenu. Skład chemiczny wody z szybu w Szczerbakowie jest zbliżony do solanek występujących w Busku-Zdroju (otwór B-15 i B-19; tab. 1). Brak siarkowodoru (zawartość <0,04 mg/dm<sup>3</sup>) oraz podobna zawartość jodków i bromków również jest ich cechą wspólną. Ten sam typ wód  $Cl-Na$  występuje również w Solcu-Zdroju (otwór Solec 2 „Karol”; tab. 1) oraz Wełninie (otwór Wełnin; tab. 1), jednak zawierają one siarkowodor, a jego zawartość w otworze Wełnin jest największą dotychczas odnotowaną w Europie (Lisik, Szczeński, 2014). Stwierdzona zawartość siarkowodoru ( $H_2S$ ) w opróbowanych źródłach mineralnych jest znikoma (tab. 2).

Stare solanki mają zazwyczaj obniżone stężenia  $Na^+$  wskutek długotrwałej wymiany jonowej (Zuber i in., 2010). Jon chlorkowy jako składnik konserwatywny, zdecydowanie mniej aktywnie uczestniczy w wymianie jonowej niż  $Na^+$ , dlatego z porównania tych dwóch jonów można częściowo wnioskować o genezie wód podziemnych. Stosunki molarne  $Na^+$  do  $Cl^-$  dla wody ze źródła w Owczar-

ach oraz z szybu w Gadawie są bliskie jedności, jednocześnie stosunek wagowy  $Cl^-/Br^-$  jest znacznie wyższy od wartości typowej dla wód oceanicznych co może wskazywać na inne niż morskie pochodzenie tych wód.

Odmierna sytuacja istnieje w przypadku źródła w Szczerbakowie, gdzie stwierdzono wody typu  $Cl-Na$ . Stosunek molarny  $Na^+$  do  $Cl^-$  jest mniejszy od jedności i bliski wartości typowej dla wody oceanicznej, a stosunek wagowy  $Cl^-/Br^-$  klasyfikuje je jako solanki pierwotne. Na bardzo długi czas przebywania tej wody w systemie wodonośnym wskazuje również stosunek wartości molarnych  $HCO_3^-/Cl^-$ , który wynosi 0,01 i jest najniższy z prezentowanych (tab. 4).

Wody podziemne pochodzące z szybu w Gadawie, wpływów w Owczarach i Szczerbakowie charakteryzują się dłuższym czasem przebywania w systemie wodonośnym, dalekimi obszarami zasilania oraz utrudnionym dopływem wód infiltracyjnych, w stosunku do pozostałych wód ze źródeł w Aleksandrowie, Skorocicach i Wiśniówkach. Wskazują na to wysokie wartości stosunku miliwali  $Na^+/K^+$  oraz niskie wartości  $HCO_3^-/Cl^-$  (tab. 4).

Wyniki terenowych pomiarów przewodności elektrolitycznej właściwej (PEW) wpływów w Owczarach i Szczerbakowie oraz pozostałych źródeł nie wykazały większych zmian (tab. 3). Natomiast w wyniku spompowania wody w szybie Gadawa (czerwiec 2014 r.), przewodność gwałtownie zmalała do wartości 5,8 mS/cm, a po odbudowaniu się zwierciadła wody, wzrosła (luty 2015 r.) do 15,39 mS/cm, wartości porównywalnej z wynikami otrzymanymi przez Gągola & Herman (2009), Migaszewskiego (2010) oraz Rózkowskiego i in. (2011). Niskie wartości PEW są najprawdopodobniej spowodowane zwiększonym dopływem do szybu wód o niskiej mineralizacji, po wypompowaniu z niego wody. Przy założeniu, że wody głębszej cyrkulacji (o wyższej mineralizacji, charakteryzujące się większym ciśnieniem, niż wody płytszej cyrkulacji) będą nadal dopływać do szybu, po ustabilizowaniu się dopływu wód płytszego krążenia będzie można obserwować wzrost przewodności elektrolitycznej właściwej, aż do momentu uzyskania równowagi dopływów wód o niskiej i wysokiej mineralizacji.

Wody płytszej cyrkulacji należy wiązać z serią gipso- nośną badenu, ługowaną przez współczesne wody infiltracyjne, co potwierdzono badaniami izotopowymi (m. in. Zuber i in., 1996). Do głębokiego systemu krążenia należą wody występujące w utworach węglanowych jury, reprezentowane przez infiltracyjne solanki przedplejstocieńskiego etapu infiltracyjnego i wody mieszane dwóch ostatnich etapów infiltracyjnych – plejstocieńskiego i holocenijskiego (Rózkowski & Rózkowski, 2010; Zuber i in., 2010).

Pochodzenie wód leczniczych i solanek rejonu Buska-Zdroju i Solca-Zdroju było przedmiotem zainteresowania wielu autorów (Dowgiałło, 1973; Kulikowska, 1976; Zuber & Grabczak, 1985; Grabczak i in. 1987; Chowaniec i in., 2009; Rózkowski & Rózkowski, 2010; Zuber i in., 2010). Na podstawie danych geologicznych, hydrogeologicznych, badań izotopów trwałych, radiowęglu, trytu i gazów szlachetnych wyrażali oni poglądy na temat genezy tych wód. Wyniki badań izotopów stabilnych tlenu i wodoru wykazały, że wody z szybu w Gadawie i wypływu w Owczarach to wody mieszane. Woda z szybu w Gadawie zawiera domieszkę wód przedczwartorzędowych i interglacialnych (czwartorzędowych), natomiast ze źródła w Owczarach domieszkę wód interglacialnych. Badania trytu

Tab. 4. Wybrane wskaźniki hydrochemiczne  
Table 4. Selected hydrochemical indicators

Nazwa Name	Rodzaj badań Type of research	Mineralizacja Total dissolved solids [mg/dm <sup>3</sup> ]	Wskaźniki hydrochemiczne Hydrochemical indicators								
			rNa <sup>+</sup> /rCl <sup>-</sup>	rNa <sup>+</sup> /rK <sup>+</sup>	rK <sup>+</sup> /rCl <sup>-</sup>	(rNa <sup>+</sup> + rK <sup>+</sup> )/rCl <sup>-</sup>	rCl <sup>-</sup> - (rNa <sup>+</sup> + rK <sup>+</sup> )/rCl <sup>-</sup>	rCa <sup>2+</sup> /rMg <sup>2+</sup>	rCa <sup>2+</sup> /(rSO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> + rHCO <sub>3</sub> )	rHCO <sub>3</sub> /rCl <sup>-</sup>	Cl/Br
Źródło Aleksandrów <i>Aleksandrów Spring</i>	badania własne <i>own research</i>	2401,0	0,94	2,43	0,386	1,324	-0,324	27,35	0,92	6,19	-
Źródło Skorocice <i>Skorocice Spring</i>	badania własne <i>own research</i>	2372,6	0,72	2,09	0,345	1,066	-0,066	19,97	0,11	4,32	-
	dane archiwalne <sup>1</sup> <i>own research<sup>1</sup></i>	2508,0	0,27	1,58	0,173	0,446	0,554	58,94	1,04	7,59	-
Źródło Wiśniówki <i>Wiśniówka Spring</i>	badania własne <i>own research</i>	2811,0	0,51	0,70	0,718	1,224	-0,224	30,86	0,99	4,18	-
	badania własne <i>own research</i>	2952,0	1,12	106,71	0,011	1,131	-0,131	2,01	0,54	0,30	374,62
Wypływ Owczary (dawny szyb) <i>Owczary outflow (former shaft)</i>	dane archiwalne <sup>1</sup> <i>archival data<sup>1</sup></i>	8366,0	1,16	81,67	0,014	1,179	-0,179	1,07	0,29	0,07	-
	badania własne <sup>2</sup> <i>own research<sup>2</sup></i>	3747,0	1,20	22,81	0,053	1,253	-0,253	1,22	0,37	0,16	441,79
Szyb Gadawa <i>Gadawa shaft</i>	dane archiwalne <sup>1</sup> <i>archival data<sup>1</sup></i>	11136,0	0,99	49,68	0,020	1,011	-0,011	1,38	0,47	0,05	-
Wypływ Szczerbaków (dawny szyb) <i>Szczerbaków outflow (former shaft)</i>	badania własne <i>own research</i>	48458,0	0,85	76,64	0,011	0,858	0,142	1,04	1,50	0,01	342,24
	dane archiwalne <sup>1</sup> <i>archival data<sup>1</sup></i>	41166,0	0,89	82,28	0,011	0,901	0,099	1,27	0,92	0,01	-
Woda morska <i>The salt water</i>	-	-	0,87 <sup>3</sup>	45,85 <sup>4</sup>	0,018 <sup>4</sup>	0,88 <sup>4</sup>	0,12 <sup>4</sup>	0,19 <sup>4</sup>	0,34 <sup>4</sup>	0,007 <sup>4</sup>	285 <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Wskaźniki obliczone na podstawie danych przedstawionych przez Rózkowski i in. (2011).  
Indicators based on data provided by the Rózkowski et al. (2011).

<sup>2</sup> Próbką pobrana po wypompowaniu wody z szybu.  
Sample taken after pumping of water from the shaft.

<sup>3</sup> Zuber i in., 2010.

Zuber et al., 2010.

<sup>4</sup> Winid & Lewkiewicz-Małysa, 2005.

przeprowadzone w 1983 r. wykazały jego zawartość w wodach wypływu w Owczarach na poziomie około 20,1 T.U., co jednoznacznie wskazuje na udział składowej współczesnego zasilania, tj. po 1952 r., czyli po pierwszych przeprowadzonych próbach termojądrowych (Zuber i in., 2010).

## PODSUMOWANIE

Badania fizyczno-chemiczne wybranych, niezagospodarowanych wystąpień wód mineralnych w rejonie Buska-Zdroju i Solca-Zdroju wykazały, że analizowane wody należą do dwóch systemów krążenia. Wyróżniono cztery typy chemiczne związane z płytkim i głębokim krążeniem tych wód o mineralizacji 2,37–48,45 g/dm<sup>3</sup>. Pierwszy typ wód, który reprezentują wody ze źródeł w Aleksandrowie, Skorocicach oraz Wiśniówkach, jest związany z płytką cyrkulacją, a chemizm wód pochodzi z ługowania serii gipsowej badenu. Wskazują na to zarówno typ chemiczny tych wód SO<sub>4</sub>-Ca, jak również niskie stężenia między innymi jonów: Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Mg<sup>2+</sup> i Br<sup>-</sup>. Ten typ wód jest charakterystyczny dla monomineralnych skał gipsowych, a ich mineralizacja, która zazwyczaj nie przekracza 3,0 g/dm<sup>3</sup>, zależy przede wszystkim od rozpuszczalności gipsów. Drugi typ wód Cl-Na, stwierdzony w wypływie w Szczerbakowie, zaliczono do wód starszych, głębokiego krążenia. Wysokie stężenia jonów Cl<sup>-</sup> i Na<sup>+</sup> pochodzą z całkowitego wylugowania pokładów soli, których nie stwierdzono obecnie w obszarach zasilania badanych wód. Wody z wypływu w Owczarach oraz z szybu w Gadawie są mieszaniną wód SO<sub>4</sub>-Ca i Cl-Na.

## LITERATURA

- CHOWANIEC J., NAJMAN J., OLSZEWSKA B. & ZUBER A. 2009 – Pochodzenie i wiek wody mineralnej w Dobrowodzie k. Buska Zdroju. *Prze. Geol.*, (57) 4: 286–293.
- DOWGIAŁŁO J. 1973 – Wyniki badań składu izotopowego tlenu i wodoru w wodach podziemnych Polski południowej. *Biul. Inst. Geol.*, 277: 319–338.
- DOWGIAŁŁO J. & PACZYŃSKI B. 2002 – Podział regionalny wód leczniczych Polski. [W:] B. Paczyński (red.), Ocena zasobów dyspozycyjnych wód potencjalnie leczniczych. *Poradnik metodyczny*: 16–24. Państw. Inst. Geol. Warszawa.
- GĄGOL J. & HERMAN G. 2000 – Wody mineralne w rejonie Buska-Zdroju i Solca-Zdroju. *Prz. Geol.*, 48 (7): 616–618.
- GĄGOL J. & HERMAN G. 2005 – Aleksandra Michalskiego (1855–1904) badania buskich wód mineralnych. *Prz. geol.*, 53 (1): 38–40.
- GĄGOL J. & HERMAN G. 2009 – Od szybu w Gadawie do odwiertu Dobrowoda G-1 koło Buska-Zdroju. *Posiedzenia Naukowe Państwowego Instytutu Geologicznego* (1 stycznia – 31 grudnia 2008 r.) nr 65. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- GRABCZAK J., SZCZEPAŃSKI A. & ZUBER A. 1987 – Uwagi na temat genezy wód mineralnych Buska i Solca. [W:] 25 lat górnictwa uzdrowiskowego. AGH, Kraków: 91–99.
- GRANICZNY M., SKRZYPCZYK L. & URBAN H. 2011 – Unikalne właściwości wód leczniczych Solca Zdroju. *Prz. Geol.*, 59 (10): 660–665.
- KRAWCZYK J., MATEŃKO T., MĄDRY J. & PORWISZ B. 1999 – Wody lecznicze Buska Zdroju w świetle dotychczasowych badań. *Współczesne problemy hydrogeologii*, 9: 159–164. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- KULIKOWSKA J. 1976 – O pochodzeniu wód mineralnych w rejonie Buska i Solca i możliwości zwiększenia ich zasobów. *Problemy uzdrowiskowe*, nr 6/8 (104/106): 191–222.
- MACIOSZCZYK A. & DOBRZYŃSKI D. 2007 – *Hydrogeochemia. Strefy aktywnej wymiany wód podziemnych*. Wyd. Naukowe PWP, Warszawa.
- LISIK R. & SZCZEPAŃSKI A. 2014 – Siarczkowe wody lecznicze w części zapadliska przedkarpackiego. *Wyd. Fundacja POSTERIS*, Kielce.
- MIGASZEWSKI A. 2010 – Analiza hydrogeologiczna wód siarkowodowych ze źródeł i studni kopanych. [W:] Lisik R. (red.), *Wody siarczkowe w rejonie Buska*: 295–326. Wyd. XYZ, Kielce.
- OSZCZYPKO N. & OSZCZYPKO-CLOWES M. 2010 – Alpejska tektonika południowej części synklinorium miechowskiego. [W:] Lisik R. (red.), *Wody siarczkowe w rejonie Buska*: 109–117. Wyd. XYZ, Kielce.
- PACZYŃSKI B. & SADURSKI A. (red.) 2007 – *Hydrogeologia regionalna Polski*, T. 2. Państw. Inst. Geol., Warszawa.
- RÓŻKOWSKI J., JÓŹWIĄK K. & ANDRZEJCZUK V. 2011 – Chemizm wód podziemnych serii gipsonośnej badenu w północnej części zapadliska przedkarpackiego. *Biul. Państw. Inst. Geol.* 445: 573–582.
- RÓŻKOWSKI J. & RÓŻKOWSKI A. 2010 – Pochodzenie mineralizacji wód siarczkowych Buska – ich paleogeneza. [W:] Lisik R. (red.), *Wody siarczkowe w rejonie Buska*: 151–184. Wyd. XYZ, Kielce.
- SZCZEPAŃSKI A. & PORWISZ B. 2007 – *Lecznicze wody siarczkowe z miejscowości Las Winiarski k. Buska Zdroju*. [W:] III krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna, *Geologia stosowana i ochrona środowiska*. PPU DCF, Kielce: 97–112.
- WINID B. & LEWKIEWICZ-MALYSA A. 2010 – Mineralne wody lecznicze Wysowej w świetle badań wskaźników hydrochemicznych. *Wiertnictwo Nafta Gaz*, 27, (1/2): 457–466. Wyd. AGH, Kraków.
- ZUBER A. & GRABCZAK J. 1985 – Pochodzenie niektórych wód mineralnych rejonu Polski południowej w świetle dotychczasowych badań izotopowych. [W:] Kleczkowski A. (red.), *Aktualne problemy hydrogeologii*: 135–148. Wyd. AGH, Kraków.
- ZUBER A., WEISE M., OSENBRUCK K. MATEŃKO T. & GRABCZAK J., 1996 – Kompleksowe zastosowanie metod hydrochemicznych, izotopowych i gazów szlachetnych dla określenia genezy i wieku wód mineralnych. *Problemy hydrogeologiczne południowo-zachodniej Polski*: 361–367.
- ZUBER A., CHOWANIEC J., PORWISZ B., NAJMAN J., MOCHALSKI P., ŚLIWKA I., DULIŃSKI M. & MATEŃKO T. 2010 – Pochodzenie i wiek wód mineralnych rejonu Buska-Zdrój, określone na podstawie znaczników środowiskowych. [W:] Lisik R. (red.), *Wody siarczkowe w rejonie Buska*: 125–149. Wyd. XYZ, Kielce.