

## Podstawowe właściwości fizykochemiczne i chemiczne oraz możliwości wykorzystania samoczynnie koagulujących brunatnych wód poziomu mioceńskiego z regionu Wielkopolski

Michał Drobnik<sup>1</sup>, Teresa Latour<sup>1</sup>



M. Drobnik



T. Latour

**Basic physicochemical and chemical properties and possibility of usage of gradually coagulating brown ground waters from the Miocene aquifer of the Wielkopolska region.** Prz. Geol., 64: 1034–1039.

*Abstract.* The Miocene aquifer of the Wielkopolska region contains humic acids. Eight water intakes containing gradually coagulating brown waters were examined. Some physicochemical and chemical properties (among others: reaction, colour, electrical conductivity, absorbance spectrum for wavelengths 254, 420, 465 and 665 nm, and contents of calcium, iron, sodium, hydrocarbonates chlorides and humic acids) of the water were determined in the well, and later after precipitation of dark brown sediment. Initial and differential 4<sup>th</sup>-degree absorption spectra UV-VIS of humic acids and their fractions have been determined as humatome-

lanic and humic acids dissolved in water and contained in the sedimentation part after the passage of two weeks. The Miocene waters are classified as low-mineralized hydrocarbonate-chloride-sodium water containing humic acids in the amount ranging from 11.0 to 94.2 mg/dm<sup>3</sup>. Based on chemical composition of both precipitated sediments and water after precipitation, different ways of usage of the brown waters are suggested: for balneological purposes (e.g. recreational bath in spas) in cosmetic salons (preparation for skin nursing), and in agriculture, floriculture or domestic use.

**Keywords:** Miocene coloured water, humic substances, absorption spectra UV-VIS

Rozpoznane dotąd pod względem geologicznym i fizykochemicznym brunatne wody pochodzące z utworów mioceńskich Wielkopolski (Górski, 1989; Górski i in., 2012, 2014) charakteryzują się zróżnicowaną zawartością kwasów humusowych (KH) oraz trwałością tych związków w postaci rozpuszczonej. Wody te uznano za nieprzydatne do zaopatrzenia ludności. O możliwościach ich wykorzystania (np. do celów leczniczych, rekreacyjnych lub w rolnictwie) decydują zarówno zawartość KH, jak i ich właściwości.

Kwasy humusowe są produktami humifikacji materiału roślinnego i stanowią główne składniki biochemicznie aktywne torfów leczniczych (Eischeldorfer, 1989; Flaig & Goecke, 1989; Goecke & Riede, 1993; Drobnik & Latour, 2010), jak również są obecne w ekosystemach wód słodkich (Górniak, 2004). Wody z zawartością KH powyżej 50 mg/dm<sup>3</sup> w trwałej rozpuszczonej postaci zostały wytypowane jako potencjalnie swoiste wody lecznicze – humusowe (Górski i in., 2014; Latour i in., 2015).

Wody, w których po wydobyciu z ziemi następuje samoczynna koagulacja KH (w różnym stopniu i czasie), mogą być surowcem do pozyskiwania tych kwasów i ich wykorzystywania do produkcji różnych preparatów stosowanych do celów ogrodniczych, leczniczych i kosmetycznych. Proces samoczynnego wytrącania KH pozwala na ich bezpośrednie pozyskiwanie bez stosowania dodatkowych procedur i środków chemicznych wpływających na ich naturalne właściwości, zwłaszcza sorpcyjno-wymiennikowe, stan koloidowy, zdolność chłonięcia wody, czy skład chemiczny wody nad osadem. Zjawisko to jest więc korzystne ze względów ekonomicznych i bezpieczeństwa środowiska naturalnego. Woda odbarwiona w takim procesie może być wykorzystana do celów

gospodarczych lub odprowadzona do cieków powierzchniowych.

Celem badań, którymi objęto wytypowane wody o znacznej zawartości KH (>50 mg/dm<sup>3</sup>), były ocena zmian składu chemicznego wody w wyniku wytrącenia się osadu oraz ocena ewentualnych zmian w strukturze wytrąconych kwasów.

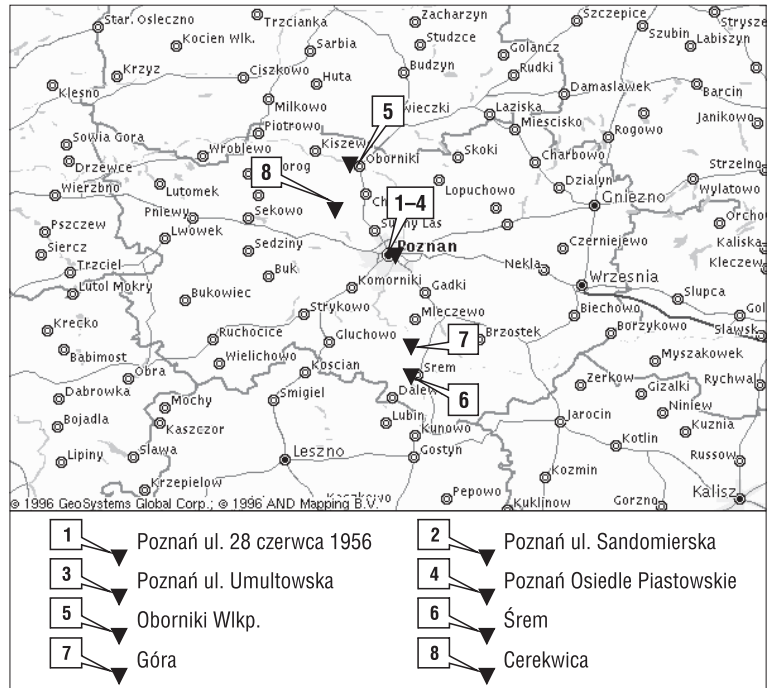
### MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Próbki badanych intensywnie zabarwionych wód pochodziły z ośmiu ujęć (odwiertów) zlokalizowanych w Wielkopolsce: w Obornikach Wlkp., Śremie, Górze, Cerkwicy oraz w Poznaniu (trzy ujęcia przy ulicach: Sandomierskiej, 28 czerwca 1956, Umultowskiej i jedno na Osiedlu Piastowskim). Położenie ujęć badanych wód przedstawiono na rycinie 1.

Występowanie i warunki tworzenia się wód intensywnie zabarwionych są związane z paleohydrogeologicznymi warunkami krążenia wód w środowisku głównie środkowych i dolnych partii formacji burowęglowej mioceń. Są one zlokalizowane na terenie rozciągającym się wzdłuż południkowego odcinka doliny Warty, począwszy od Kościana i Śremu na południu po Oborniki Wlkp. i Obrzycko koło Szamotuł na północy. Pojawienie się tych wód w utworach mioceńskich jest związane z tworzeniem się w tym czasie osadów organicznych, głównie torfowisk, które przekształciły się w pokłady węgla brunatnego. O ich zabarwieniu decyduje materia organiczna rozproszona w obrębie osadów piaszczystych, powstających w wyniku rozmywania utworów organicznych przez rzeki meandrujące (Górski, 1989; Górski i in., 2014).

<sup>1</sup> Zakład Tworzyw Uzdrawiskowych, Narodowy Instytut Zdrowia Publicznego – Państwowy Zakład Higieny, ul. Słowackiego 8, 60-823 Poznań; mdrobnik@pzh.gov.pl, tlatour@pzh.gov.pl.

**Ryc. 1.** Lokalizacja miejscowości, w których znajdują się omawiane ujęcia wód humusowych  
**Fig. 1.** Location of places where relevant humic waters are available



Od 5 do 14 dni od pobrania próbek w wodach tych samoistnie wytrącały się w różnym, niepełnym stopniu osady ciemnobrunatne o strukturze gąbczastej.

W wodzie w miejscu jej wydobywania oraz nad osadem (pokoagulacyjnym) oznaczono zawartości sodu, wapnia, żelaza, wodorowęglanów, chlorków, kwasów humusowych, a w wodzie z ujęcia – twardość ogólną. Określono również barwę, odczyn (pH), przewodność elektryczną właściwą i absorbancję przy  $\lambda = 254, 420, 465$  i  $665$  nm. Na podstawie różniczkowych IV stopnia widm absorpcyjnych w zakresie UV-VIS oznaczono także zawartości frakcji kwasów humusowych, tj. kwasów hymatomelanowych, oraz huminowych w wodzie w miejscu jej wydobywania i w wytrąconym osadzie.

## WYNIKI I DYSKUSJA

Wielkość parametrów fizykochemicznych oraz stężenia podstawowych składników chemicznych oznaczone w badanej wodzie po jej wydobywaniu (w ujęciu) oraz pobranej z nad wytrąconego osadu przedstawiono w tabeli 1.

Badane wody są słabozmineralizowane (o mineralizacji ogólnej od 610 do 930 mg/dm<sup>3</sup>) z przewagą ilościową jonów wodorowęglanowych, chlorkowych i sodowych.

Zawierają rozpuszczone kwasy humusowe w stężeniu od 11,0 (ujęcie Poznań – Osiedle Piastowskie) do 94,2 mg/dm<sup>3</sup> (ujęcie Poznań – ul. Umultowska). Największą zawartość wapnia stwierdzono w wodzie z ujęć w Obornikach i Górze (42,4 i 51,6 mg/dm<sup>3</sup>), a żelaza – w ujęciu z Poznania przy ul. Umultowskiej (9,85 mg/dm<sup>3</sup>). Wody te charakteryzują się kilkudziesięciokrotnie podwyższoną barwą w stosunku do wartości progowej określonej dla wód przeznaczonych do spożycia przez ludzi (Rozporządzenie..., 2007).

**Tab. 1.** Parametry fizykochemiczne i chemiczne badanych wód mioceńskich w ujęciu oraz z nad wytrąconych osadów

**Table 1.** Physicochemical and chemical factors of the examined Miocene water from the intake and the water precipitation of sediments

Lp. No.	Ujęcie wody Water source	Barwa Colour [mg Pt/dm <sup>3</sup> ]	Odczyn pH	Przewodność właściwa Electrical conductivity [mS/cm]	Zawartość/Content [mg/dm <sup>3</sup> ]					
					Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+/3+</sup>	Cl <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	kwasy humusowe humic acids
woda w ujęciu water in intake										
1	Poznań	675	7,24	556,6	89,2	29,6	0,78	37,2	352,1	48,4
2		146	6,99	909,4	114,8	27,6	0,86	104,4	307,8	17,6
3		600	6,85	909,0	202,1	21,8	9,85	164,6	369,9	94,2
4		240	7,32	596,1	146,2	15,6	1,51	110,2	322,2	11,0
5	Oborniki Wlkp.	312	6,95	901,1	120,1	42,4	1,78	98,3	368,8	51,2
6	Śrem	300	6,90	739,5	142,8	25,6	2,32	84,4	360,3	82,8
7	Góra	253	7,78	942,9	154,4	51,6	0,85	170,6	269,2	93,4
8	Cerekwica	610	7,80	1062,2	230,6	16,1	0,91	298,4	227,8	84,4
woda z nad wytrąconego osadu water above sedimentation										
1	Poznań	178	7,96	542,2	84,6	21,2	0,10	44,2	322,4	14,1
2		48	8,26	906,7	107,6	26,0	0,48	118,4	296,4	6,7
3		555	7,41	877,5	178,2	17,4	3,45	147,6	359,7	65,8
4		146	8,21	574,2	131,4	13,1	1,25	98,2	315,5	9,1
5	Oborniki Wlkp.	19	8,31	877,3	113,8	28,7	0,75	112,4	364,9	6,7
6	Śrem	178	8,05	707,3	138,6	22,6	1,02	74,6	340,8	16,7
7	Góra	225	7,75	920,8	168,1	25,9	0,62	183,8	243,3	53,7
8	Cerekwica	568	8,21	1014,9	199,2	8,8	0,12	261,6	214,2	44,9

Ujęcia wód w Poznaniu/groundwater intakes in Poznań: 1 – ul. 28 czerwca 1956; 2 – ul. Sandomierska; 3 – ul. Umultowska; 4 – Osiedle Piastowskie

We wszystkich wodach po samoczynnym wytrąceniu się osadu stwierdzono zmiany odczynu na alkaliczny. Największy wzrost pH występuje w wodzie z Obornik, tj. w wodzie o największej twardości węglanowej. Wytrącanie się osadu, do którego przechodzi 87,5% kwasów humusowych, przebiega tu najszybciej (5 dni). Wskazuje to, że twardość wody wpływa na sedimentację KH. Dzieje się tak, ponieważ kationy wapniowe tworzą mostki łączące cząsteczki tych kwasów w większe aglomeraty, które ulegają wytrąceniu (Świdarska & Anielak, 2004).

W badanych wodach, po zakończeniu samoczynnego procesu wytrącania się osadu (2 tygodnie), stwierdzono obniżenie barwy do 93,9% (Oborniki). Wskutek tego zabarwienie wody nad osadem tylko nieznacznie przekraczało wartość progową dla wody wodociągowej (15 mg Pt/dm<sup>3</sup>). Po wytrąceniu osadów nastąpił też znaczny spadek zawartości żelaza – od 16,1 do 87,5% (w porównaniu z wodą z ujęcia). Stwierdzono zmiany stężeń pozostałych z badanych składników mineralnych (sodu, chlorków, wodorowęglanów) poniżej 10%. Według danych literaturowych (Pisarek, 1999) wiele metali, m.in. żelazo, tworzy z kwasami humusowymi związki o charakterze hydrokompleksów o różnym powierzchniowym ładunku wody (w zależności od pH). Związki kompleksowe KH z metalami to cząstki koloidalne lub zawieszinowe, powstające w wyniku elektrostatycznego oddziaływania dodatnich ładunków kationów metali na ujemne grupy funkcyjne w pełni zdysocjowanych kwasów humusowych, przy pH >7,5 (Świdarska & Anielak, 2004). W niektórych wodach znad osadu w dalszym ciągu stwierdzono znaczące ilości KH. Należą do nich wody z następujących ujęć: Poznań – ul. Umultowska (65,8 mg/dm<sup>3</sup> KH, tj. 69,9% zawartości wyjściowej), Góra (53,7 mg/dm<sup>3</sup> KH, tj. 56,5% zawartości w ujęciu), Cerekwica (44,9 mg/dm<sup>3</sup> KH, tj. 53,2% zawartości początkowej).

Właściwości optyczne kwasów humusowych, występujących w badanych wodach w miejscu ich wydobywania oraz powyżej wytrąconych osadów, określone na podstawie wartości absorbancji światła UV-VIS (przy  $\lambda=254$ , 420, 465 i 665 nm) przedstawiono w tabeli 2.

W wodach po wytrąceniu osadów obserwowano w ultrafiolecie ( $\lambda=254$  nm) obniżenie wartości absorbancji w granicach od 4,0 (ujęcie: Poznań – ul. Umultowska, Cerkwica) do 6,5% (ujęcie Góra). Świadczy to o spadku ogólnej zawartości węgla organicznego (Korshin i in., 1997; Mołczan i in., 2006) oraz obecności związków organicznych o strukturze aromatycznej z dużą liczbą chromoforów, m.in. kwasów humusowych (Triana i in., 1990; Novak i in., 1992; Chin i in., 1994).

Znaczne, w graniach od 41,3 (ujęcie Poznań – Osiedle Piastowskie) do 90,6% (ujęcie Oborniki), obniżenie wartości absorbancji stwierdzono w widzialnym zakresie promieniowania elektromagnetycznego przy długościach fal 465 i 665 nm, co wskazuje, że wytrącone osady stanowią głównie KH (Ilnicki, 2002; Maryganova, 2000). Podobne wartości ilorazów  $A_{465}/A_{665}$  oznaczone w wodach z ujęć w stosunku do wód znad wytrąconych osadów świadczą o stałości stopnia skondensowania jądra aromatycznego w cząsteczkach KH oraz o stałej ich masie cząsteczkowej, a więc również o braku zmian w strukturze tych kwasów (Chen i in., 1977; Perchuc & Jaroszewska, 2007).

Znormalizowane wyjściowe oraz różniczkowe IV stopnia widma absorpcyjne badanych wód z poziomu mioceneskiego w ujęciu oraz znad wytrąconych osadów przedstawiono na rycinach 2 i 3.

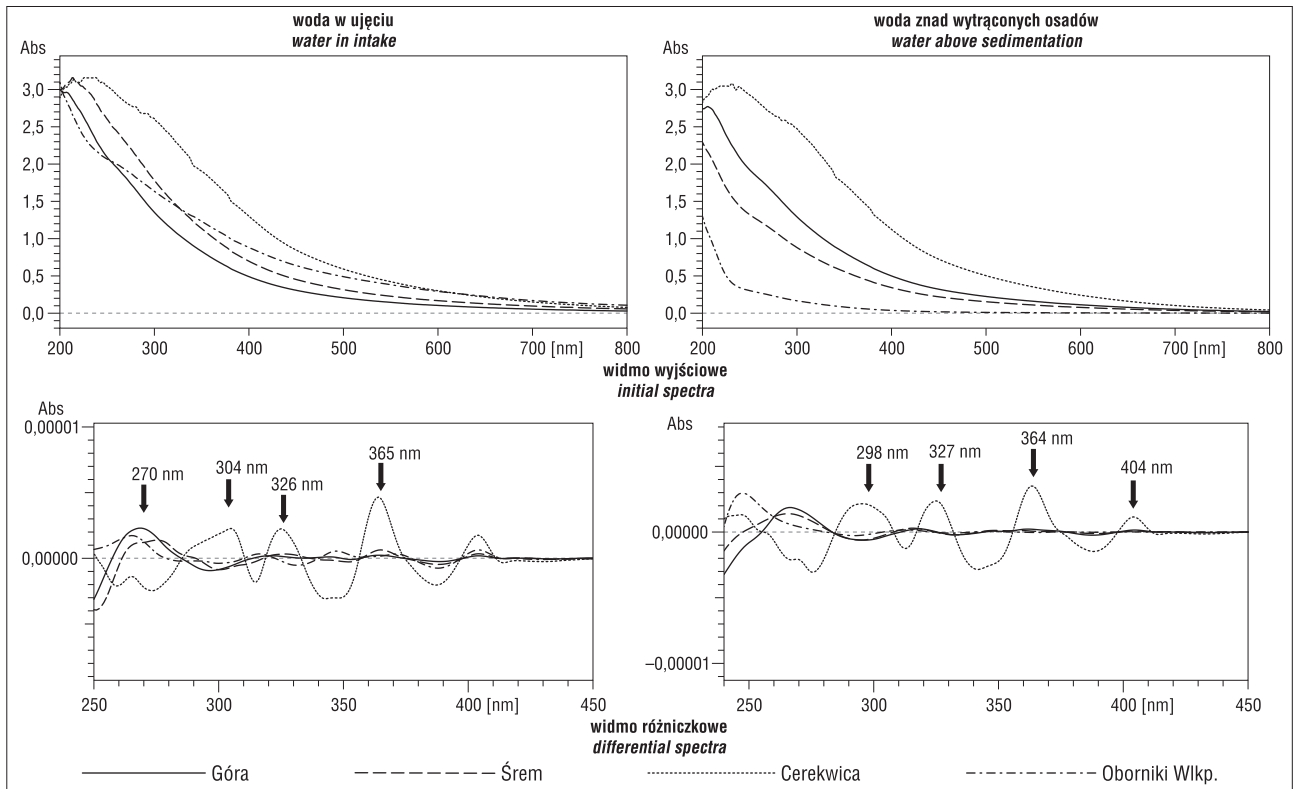
Zwiększenie czułości oraz rozdzielczości widm (przez zastosowanie pochodnych IV rzędu) w stosunku do wyjściowych widm absorpcyjnych pozwoliło na stwierdzenie, że największe zmiany występują w próbkach wód

**Tab. 2.** Wartości absorbancji przy charakterystycznych długościach fali badanych wód mioceneskich w ujęciu oraz znad wytrąconych osadów

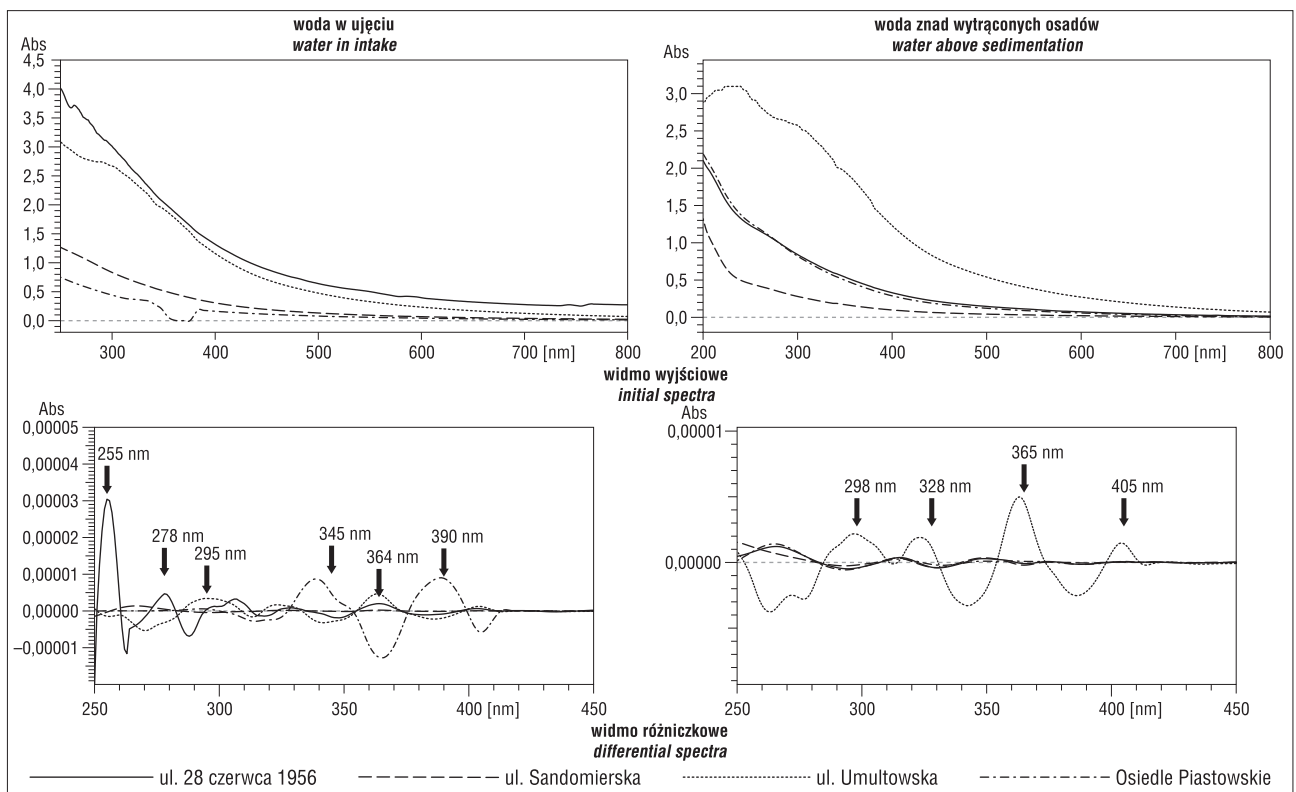
**Table 2.** The absorbancy values for characteristic wavelength of the examined Miocene waters from the intake and after precipitation of sediments

Lp. No	Ujęcie wody Water source	Absorbancja/Absorbance			
		$\lambda = 254$ nm	$\lambda = 420$ nm	$\lambda = 465$ nm	$\lambda = 665$ nm
woda w ujęciu water in intake					
1	Poznań	3,699	1,118	0,800	0,258
2		1,233	0,253	0,172	0,047
3		3,034	1,015	0,693	0,176
4		1,233	0,237	0,159	0,085
5	Oborniki Wlkp.	3,398	0,869	0,447	0,145
6	Śrem	2,304	0,563	0,397	0,117
7	Góra	2,004	0,421	0,290	0,076
8	Cerekwica	3,006	1,090	0,758	0,193
woda znad wytrąconego osadu water above sedimentation					
1	Poznań	1,200	0,273	0,188	0,046
2		0,437	0,081	0,056	0,015
3		2,913	0,954	0,625	0,157
4		0,718	0,140	0,101	0,029
5	Oborniki Wlkp.	0,321	0,032	0,049	0,010
6	Śrem	1,291	0,284	0,197	0,049
7	Góra	1,873	0,415	0,288	0,070
8	Cerekwica	2,886	0,935	0,647	0,141

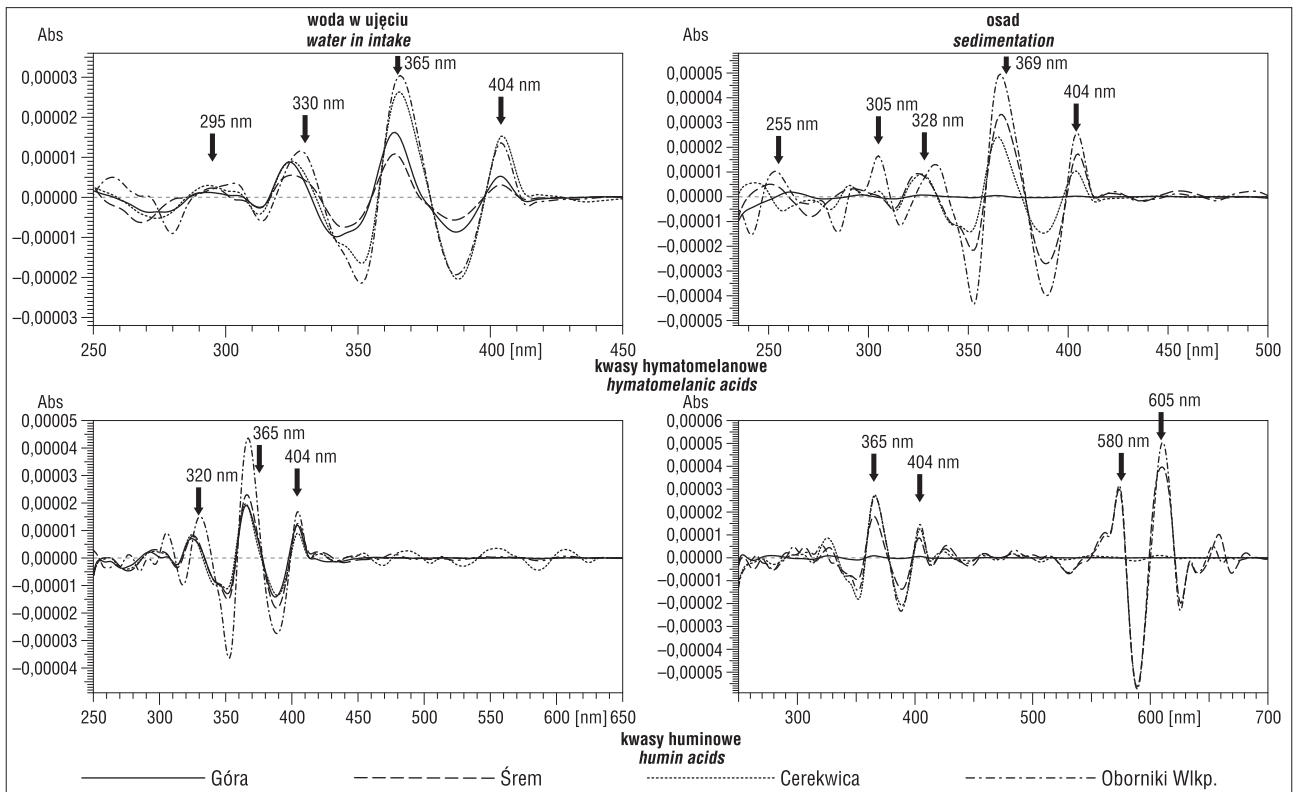
Ujęcia wód w Poznaniu/groundwater intakes in Poznań: 1 – ul. 28 czerwca 1956; 2 – ul. Sandomierska; 3 – ul. Umultowska; 4 – Osiedle Piastowskie



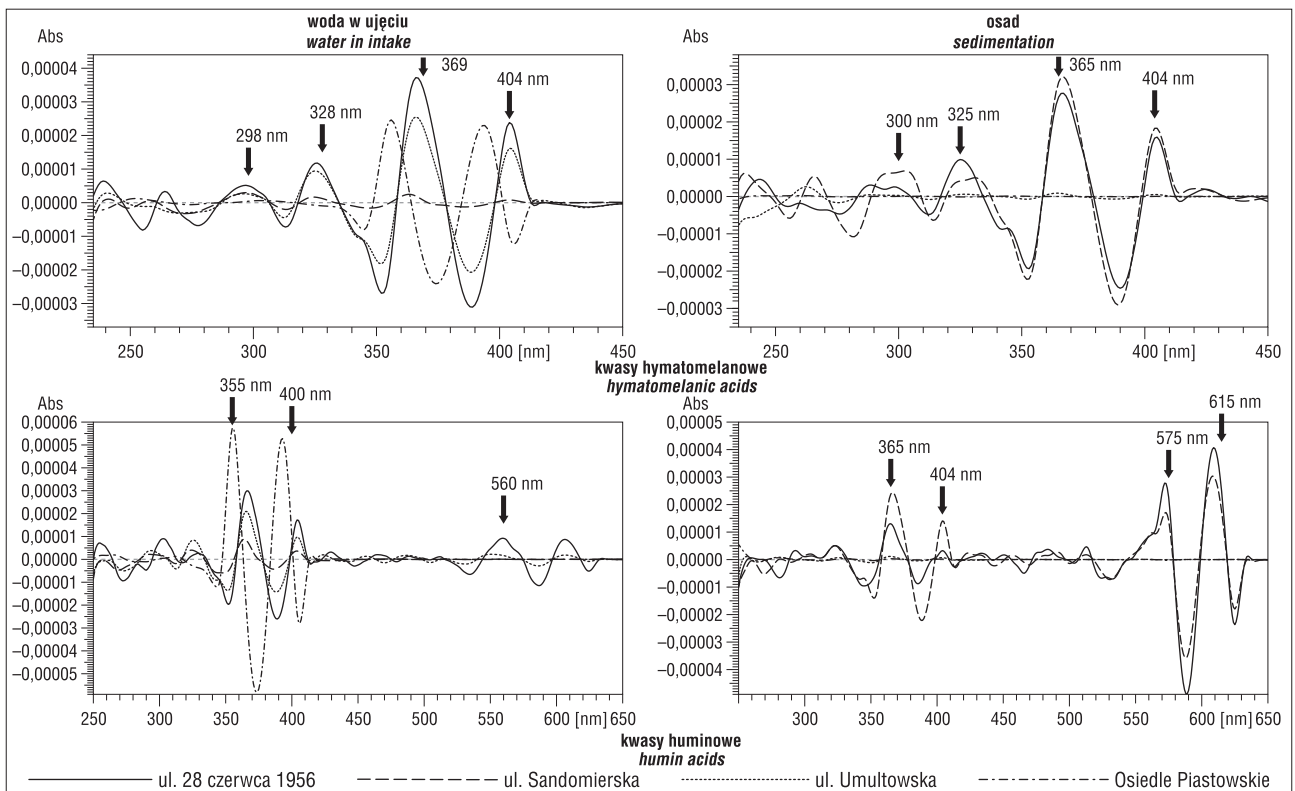
**Ryc. 2.** Wyjściowe oraz różniczkowe widma absorpcyjne wód mioceńskich z Wielkopolski – w ujęciu oraz znad wytrąconych osadów  
**Fig. 2.** Initial and differential absorption spectra of Miocene waters from Wielkopolska region – from the intake and after precipitation of sediments



**Ryc. 3.** Wyjściowe oraz różniczkowe widma absorpcyjne wód mioceńskich z Poznania – w ujęciu oraz znad wytrąconych osadów  
**Fig. 3.** Initial and differential absorption spectra of Miocene waters from Poznań city locations – from the intake and after precipitation of sediments



**Ryc. 4.** Różniczkowe IV stopnia widma absorpcyjne kwasów humatonowych i huminowych zawartych w wodzie w ujęciu oraz w wytrąconych osadach z wód miocenijskich pochodzących z Wielkopolski  
**Fig. 4.** Differential 4th degree absorption spectra of humatonic and humic acids dissolved in water from the intake and contained in sedimentation part of Miocene waters from Wielkopolska region locations



**Ryc. 5.** Różniczkowe IV stopnia widma absorpcyjne kwasów humatonowych i huminowych zawartych w wodzie w ujęciu oraz w wytrąconych osadach z wód miocenijskich pochodzących z Poznania  
**Fig. 5.** Differential 4th degree absorption spectra of humatonic and humic acids dissolved in water from the intake and contained in sedimentation part of Miocene waters from Poznań city locations

z Obornik, Cerkwicy oraz z Poznania – z otworów na Osiedlu Piastowskim i przy ul. Umultowskiej.

Na rycinach 4 i 5 zaprezentowano różniczkowe IV rzędu widma absorpcyjne wyizolowanych kwasów hymatomelanowych i huminowych zawartych w badanych wodach w ujęciu oraz wyekstrahowanych z osadów.

Z przedstawionych widm wynika, że w wodach w ujęciu oraz w wytrąconych osadach występują piki absorpcyjne charakteryzujące kwasy huminowe i hymatomelanowe, podobne do tych, jakie występują we wzorcowych kwasach humusowych firmy Fluka. Jest to widoczne zwłaszcza w wodach z ujęć z Cerekwicy oraz Poznania – ulice Umultowska i 28 czerwca 1956 (Drobnik & Latour, 2009).

Z analizy widm absorpcyjnych, w szczególności z porównania wielkości pików przy określonych charakterystycznych długościach fali, wynika, że wytrąceniu ulegają zwłaszcza kwasy huminowe, a w mniejszym stopniu hymatomelanowe. Na podstawie oznaczonych wartości absorbancji przy standardowych długościach fali  $\lambda$ , a zwłaszcza uzyskanych ilorazów  $A_{465}/A_{665}$  oraz różniczkowych widm absorpcyjnych KH zawartych w badanych wodach i w wytrąconych samoczynnie osadach, można wnioskować, że proces koagulacji nie wpływa w istotny sposób na strukturę badanych frakcji kwasów, lecz tylko na stosunki ilościowe pomiędzy nimi (zarówno w wodzie z ujęcia, jak i w osadzie).

## PODSUMOWANIE

Spośród ośmiu ujęć badanych wód zabarwionych na brunatno w pięciu następuje (w różnym czasie) samoczynne wytrącenie KH, lecz wartość barwy wody nad osadem pozostaje wyższa od określonej progowej wartości dla wody do zaopatrzenia ludności.

Proces samoczynnej sedimentacji to głównie częściowe lub znaczne wytrącenie kwasów humusowych w postaci połączeń z jonami żelaza i/lub wapnia. Nie zmienia się przy tym znacząco zawartość ogólna rozpuszczonych składników mineralnych w wodzie nad osadem.

Wody, w których proces sedimentacji osadu następuje wolno (ujęcia: Góra, Poznań – ul. Umultowska i Osiedle Piastowskie) lub kwasy humusowe zostają w złożowej rozpuszczalnej postaci i stężeniu powyżej 50 mg/dm<sup>3</sup> (ujęcia: Góra, Poznań – ul. Umultowska) zachowują też właściwości biochemiczne uwarunkowane obecnością tych kwasów. Stąd mogą być wykorzystywane do celów leczniczych w formie kąpieli basenowych lub wannowych, do pielęgnacji skóry w ośrodkach SPA lub gabinetach kosmetycznych, do kąpieli rekreacyjnych oraz w rolnictwie.

Szybki i bardzo efektywny proces wytrącania kwasów humusowych, zwłaszcza w wodzie z Obornik i Poznania (ulice 28 czerwca 1956 i Sandomierska), powoduje ich znaczne, lecz niepełne odbarwienie oraz pozyskiwanie kwasów humusowych – surowca do szerokiego wykorzystania w produkcji różnych preparatów przeznaczonych do celów kosmetycznych, leczniczych, jak również stosowanych w ogrodnictwie. Wody z nad wytrąconych osadów mogą być stosowane w celach przemysłowych, gospodarczych lub bezpiecznie odprowadzane do cieków powierzchniowych.

Autorzy składają serdeczne podziękowania Recenzentowi oraz Redaktorowi Naczelnemu Przeglądu Geologicznego za merytoryczne i redakcyjne uwagi, które przyczyniły się do powstania ostatecznej wersji pracy.

## LITERATURA

- CHEN Y., SENESI N. & SCHNITZER M. 1977 – Information provided on humic substances by E<sub>465</sub>/Ratios. *Soil. Sci. Soc. Am.*, 41: 352–358.
- CHIN Y.P. ALKENG G. & OLOUGHLIN E. 1994 – Molecular weight polydispersity and spectroscopic properties of aquatic humic substances. *Environ. Sci. Technol.*, 28: 1853–1858.
- DROBNIK M. & LATOUR T. 2009 – Wykorzystanie różniczkowych widm absorpcyjnych UV-VIS do oznaczania niektórych związków humusowych w torfach leczniczych. *Rocz. Państw. Zakł. Hig.*, 60 (3): 221–228.
- DROBNIK M. & LATOUR T. 2010 – Badanie zawartości struktury związków humusowych w wodzie miocenijskiej, torfach leczniczych i węgla brunatnym na podstawie różniczkowych widm absorpcyjnych. *Rocz. Państw. Zakł. Hig.*, 61 (1): 91–97.
- EISCHELDORFER D. 1989 – *Naturwissenschaftliche Grundlage der Moortherapie*. *Z. Phys. Med. Baln.*, 17: 101–104.
- FLAIG W. & GOECKE C. 1989 – *Moortherapie-Grundlage und Anwendung*. Heilbad u. Kurort., 5: 136–140.
- GOECKE S. & RIEDE N. 1993 – *Biologische wirkungen von Moorinhaltsstoffen*. Heilbad u. Kurort., 45 (4): 115–117.
- GÓRNIAK A. 2004 – Substancje humusowe w ekosystemach wód słodkich. [W:] Golebiowska D. (red.), *Metody badań substancji humusowych ekosystemów wodnych i lądowych*. Akademia Rolnicza, Szczecin: 81–91.
- GÓRSKI J. 1989 – Główne problemy chemizmu wód podziemnych utworów kenozoiku środkowej Wielkopolski. *Zesz. Nauk. AGH*, 45.
- GÓRSKI J., LATOUR T., SIEPAK M., DROBNIK M. & SZIWA D. 2012 – Perspektywy wykorzystania wód intensywnie zabarwionych z poziomu miocenijskiego w Wielkopolsce dla potrzeb balneoterapii. *Biul. Państw. Inst. Geol.*, 452: 59–66.
- GÓRSKI J., LATOUR T., SIEPAK M., DROBNIK M. & SZIWA D. 2014 – Wody zabarwione w utworach miocenu środkowej Wielkopolski – występowanie, geneza, możliwość wykorzystania w przyrodolecznictwie. *Stud. Pr. Geogr. Geol.*, 40.
- ILNICKI P. 2002 – *Torfowiska i torf*. Wyd. AR Poznań, 436–475.
- KORSHIN G.V., CHI-WANG M. & BENJAMIN M. 1997 – Monitoring the properties of natural organic matter through UV spectroscopy: A consistent theory. *Waterresearch.*, 31 (7): 1787–1795.
- LATOUR T., DROBNIK M. & SZIWA D. 2015 – Studies to determine whether underground waters in Wielkopolska region (Poland) containing humus substances are suitable for practical purposes. *Rocz. Państw. Zakł. Hig.*, 66 (1): 39–44.
- MARYAGANOVA V. 2000 – Impact of various genesis on chemical structure of peathumic substances. [W:] Rochefort L., Daigle J.-Y. (red.), *Sustaining our peatlands*. Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Peat Symposium, Quebec, Canada, 2000. International Peat Society: 618–626.
- MOŁCZAN M., SZLACHTA M., KARPIŃSKA A. & BIŁYKA A. 2006 – Zastosowanie absorpcji w nadfiolecie (SUVA) w ocenie jakości wody. *Ochr. Śr.*, 4: 11–16.
- NOVAK J., MILLS G.L. & BERTACH P.M. 1992 – Estimating the percent aromatic carbon in soil and humic substances using ultraviolet absorbance spectroscopy. *JEQ*, 2 (1): 144–147.
- PERCHUĆ M. & JAROSZEWSKA M. 2007 – Badania skuteczności wybranych procesów technologicznych w oczyszczaniu wody o dużej intensywności barwy. *Ochr. Śr.*, 3: 29–33.
- PISAREK L. 1999 – Wpływ wybranych wskaźników chemicznych gleb na właściwości związków próchnicznych [pr. doktor.]. Akademia Rolnicza, Wrocław.
- ROZPORZĄDZENIE MINISTRA ZDROWIA Z DNIA 29 marca 2007 r. w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi (Dz.U. Nr 61, poz. 417) z późniejszymi zmianami (Dz.U. Nr 72, poz. 466) z dnia 20 kwietnia 2010 r.
- ŚWIDERSKA R. & ANIELAK A.M. 2004 – Koagulacja wód powierzchniowych z udziałem substancji wspomagających. *Rocz. Ochr. Śr.*, 6: 139–157.
- TRIANA S.J., NOVAK J. & SNECK N.E. 1990 – An ultraviolet absorbance method of estimating the percent aromatic carbon content in humic acids. *JEQ*, 19 (1): 151–153.

Praca wpłynęła do redakcji 13.05.2015 r.  
Akceptowano do druku 03.08.2015 r.