



# Zależność wyników flotacji od rodzaju wód użytych w procesie (artykuł dyskusyjny)

## The dependence of flotation results on the type of water used in the process

Sanda KRAUSZ <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Prof. dr eng; University of Petrosani, Mining Faculty

Str. Universitatii, nr 20, 2675 Petrosani, Rumunia; tel.: (+40-54) 54 33 82, faks: (+40-54) 54 62 38, e-mail: skrausz@mail.com

RECENZENCI: prof. dr hab. Jerzy SABLİK; dr hab. Stanisława SANAK-RYDLEWSKA, prof. AGH

### Streszczenie

Woda stanowi składnik środowiska, w którym zachodzi flotacja, a poprzez swoją strukturę i właściwości – jest aktywnym i determinującym czynnikiem w tym procesie.

Badania wskazują na pewne mniej znane właściwości wody, w zależności od jej pochodzenia. Podkreślono pewną modyfikację – wcale nie bez znaczenia – wyników flotacji jedynie w zależności od struktury wody. Na jej podstawie można wyjaśniać różnice wskaźników technologicznych otrzymywanych w instalacjach przemysłowych, w zależności od pory roku. Różnice zależą od ilości opadów, w wyniku których wzrasta ilość wody deszczowej, ze śniegu i z topnienia lodu.

### Summary

As a basic element in making up the medium for carrying out flotation, water – by its structure and properties – is an active and determining factor in the process.

The research reveals some less known aspects of the water quality influence due to its origin. We point out a modification – not at all negligible – of the flotation results due to water structure, exclusively, which can explain the variation of the technological indices obtained at dressing plants, depending on the season. This variation depends on flow rates as a results of the water input from rain and from snow and ice thawing.

## 1. Podstawy teoretyczne

Woda, tak powszechna w życiu codziennym — stosowana jest w procesie flotacji jako środowisko. Posiada ona specyficzne właściwości, które czynią ją odpowiednią do tego celu. W rzeczywistości wszystkie zjawiska fizykochemiczne, których wypadkową jest rozdział minerałów, są związane z oddziaływaniem z dipolami wody. Wystarczy wymienić niektóre z nich, np.: hydratacja powierzchni ziaren minerałów, tworzenie warstw uwodnionych, przechodzenie w czasie rozpuszczania niektórych składników z powierzchni ziaren do roztworu, dysocjacja i rozpuszczanie odczynników flotacyjnych, reakcje hydrolizy, itd.

W procesach flotacji przemysłowej jest używana woda z rzek przepływających blisko zakładów przemysłowych, która posiada różny skład jonowo – molekularny. Stężenie różnych składników pojawiających się w wodzie rzecznej jest zróżnicowane podczas czterech pór roku, m.in. z powodu częstych zmian w poziomie przepływającej wody, który jest wynikiem wzrostu ilości wody z deszczu, topnienia śniegu i lodu oraz parowania wody w czasie lata, itd.

Oczywiście te zmiany wpływają na proces flotacji, nawet jeśli nie są one badane w praktyce. Stwierdza się pewne zróżnicowanie we wskaźnikach technologicznych, które bardzo często nie są uwzględniane przez technologów.

## 1. Theoretical aspect

Although it is so common in everyday life, water — used in the flotation process for making up the medium where the process takes place — has remarkable properties that make it suitable for this purpose. In fact, all the physical-chemical phenomena whose resultant is mineral separation, are connected with the action and interaction with the water dipols. It's enough to mention some of them, e.g.: the hydration of mineral particle surfaces in different proportions, the formation of the hydration layers which protect the air bubbles, the passing in solution of some elements from the particle surfaces, the solubilization and disassociation of flotation reagents, the hydrolysis reactions, etc.

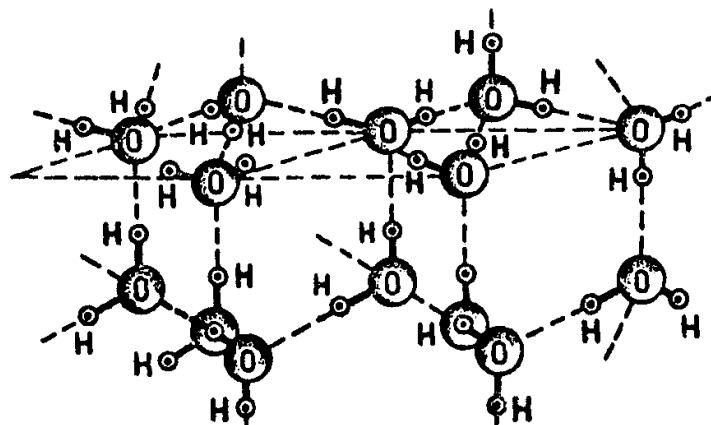
In industrial flotation processes, water from the rivers flowing near the plants is being used, the river water having a different iono-molecular composition. The concentration of various elements occurring in river water is variable during the four seasons of the year, because of the frequent modification of flow rates as a result of the water input from snow and ice thawing, from rain water and due to evaporation during summer, etc.

Certainly, these modifications influence the flotation process, even if they are not surveyed in practice, but they make us notice a certain variation

Temperatura wody użytej w urządzeniach flotacyjnych jest kolejnym parametrem zmieniającym się w czasie roku, ale nie została jej dotychczas poświęcona należyta uwaga.

W zasadzie wpływ zmian temperatury na rozwój różnych zjawisk jest znany (rozpuszczanie i adsorpcja odczynników, zmiany szybkości reakcji chemicznych na granicy faz i w zawiesinie (pulpie) flotacyjnej, zmiany lepkości z równoczesnym jej wpływem na ruchliwość cząstek i pęcherzyków gazu, itd.), to wpływ zmian struktury wody w zależności od zmian temperatury nie został zbadany.

W stanie ciekłym woda jest zbudowana nie tylko z molekuł zasocjowanych przez wiązania wodorowe, lecz posiada również wysoki stopień uporządkowania na poziomie struktury nadcząsteczkowej. To tłumaczy wiele jej „nietypowych” zachowań (chemicznych, fizycznych i biologicznych). W ciekłej wodzie istnieją jednocześnie nie zasocjowane molekuly (podobne do tych w parze wodnej), łańcuchy molekuł połączonych mostkami wodorowymi i przestrzenne agregaty zawierające po dwa mostki wodorowe na każdą cząsteczkę, co zapewnia im „luźną” strukturę, identyczną do struktury lodu (rys. 1, Oniciu, 1988). Możemy przyjąć, że struktura ciekłej wody jest pośrednią pomiędzy dwoma krańcowymi fazami: pary wodnej i lodu.



Rys. 1  
Struktura lodu

Fig. 1  
Ice structure

Uporządkowanie cząsteczek charakterystyczne dla stanu stałego wody – lodu — powoduje, że każdy atom tlenu połączony jest z innymi czterema atomami. Podobną budowę ma woda w stanie ciekłym. Przyjmuje się tezę, iż położenie atomów w fazie ciekłej jest podobne do ich położenia w lodzie (Glembotski, 1980).

Struktura wody w niskich temperaturach jest podobna do struktury lodu. Wraz ze wzrostem temperatury wiązania są zrywane, łańcuchy cząsteczek stają się coraz krótsze, a ich całkowita

of the technological indices, which very often is not accounted for by technologists.

The water temperature used in flotation plants is another variable parameter during a year's time but it has not been paid proper attention yet.

Although, in principle, the effects of temperature variation on the development of various phenomena is known (the solubilization and the adsorption of reagents, the modification of chemical reactions rate at the interfaces and in flotation pulp, the variation of viscosity with its influence on bubbles and particles mobility, etc.), the effect of water structural modifications due to the temperature variation has not been studied.

In its liquid state, water is composed not only of associated molecules by hydrogen linkages but it has a high degree of organization at supermolecular level, a fact which explains many of its “abnormal” behaviour aspects (chemical, physical and biological). Thus in liquid water there are simultaneously unassociated molecules, similar to those in water vapours, molecule chains linked by hydrogen bridges and spatial aggregates containing two hydrogen bridges for each molecule, which lends them “a loose” structure, identical to that of ice (fig. 1, Oniciu, 1988). We can assert that the structure of liquid water is an intermediary one between two limit states: that of water vapour and that of ice.

The coordination of molecules characteristic of the solid state of water – the ice — makes it possible for each oxygen atom to be linked with other four atoms from its proximity and this is maintained when the water is in liquid state, too. That's why the idea is accepted that on along small distances the emplacement of elements in the liquid phase is similar to that in the ice (Glembotski, 1980).

Obviously, water structure at low temperature is close that of ice, when the spatial associations among molecules are prevalent; as the temperature

dysocjacja pojawia się tylko przy przejściu do stanu gazowego.

Wpływ tych zjawisk na wyniki procesu flotacji jest mało zbadany i poznany, co uzasadnia podjęcie przez nas próby rozwiązania tego problemu, w ramach projektu badawczego.

## 2. Metodologia badań

Głównym postulatem moich badań jest określenie wpływu jakości wody użytej jako środowisko do przeprowadzenia procesu flotacji na wyniki tego procesu. W tym celu przyjęto pewne założenia upraszczające. Eksperyment był przeprowadzany w dwóch etapach: w pierwszym — nadawę stanowiła tylko czysta galena, w drugim — mieszanina galeny i kwarcu. W obu etapach zachowano takie same warunki pracy. Warunki te zostały określone w badaniach wstępnych (dla różnego zużycia odczynników, rozcieńczenia, poziomów napowietrzenia, czasu kondycjonowania, czasu flotacji). Na ich podstawie wytypowano warunki optymalne (parametrem był uzysk flotacji).

Użycie czystej galeny w pierwszej części badań i sztucznej mieszanki galeny i kwarcu w drugiej, umożliwiły „idealizację” procesu, poprzez wyeliminowanie wpływu czynników związanych ze stopniem dysocjacji użytecznych składników, co umożliwia przeprowadzenie flotacji w jednej operacji, bez oczyszczania produktów.

Mieszanina złożona z czystych minerałów, składała się z 20% galeny, o zawartości ołowiu 81,4% i 80% kwarcu. Średnia zawartość ołowiu w mieszaninie wynosiła około 16,32%. Charakterystyka granulometryczna jest przedstawiona w tablicy 1.

increases, these associations break, the molecule chains becoming ever shorter, their total disassociation occurring only on passing to vapour state.

The effect of these phenomena on the flotation process results has been little studied and known, which justifies our approaching the problem as a part of a research project.

## 2. Research methodology

Because the main desideratum of my research is to establish the influence of the particularities of the water used as a flotation medium on the process results, it was essential to limit the possibility for disturbing factors to emerge and to conceal this influence. Consequently, the experiment was carried out in two stages: in the former the material used was only pure galena, in the latter — a mixture of galena and quartz. In both stages, maintaining all working conditions at constant values was a strictly observed prerequisite. These conditions were established by preliminary experimental tests (at different reagents consumptions, dilutions, aerating levels, conditioning time, flotation time), till maximum recoveries were attained, for which they were considered optimum.

The use of pure galena in the first part of the research and of an artificial mixture of galena and quartz, in the second part, enabled a process “idealization” by eliminating the influence factors determined by the disassociation degree of the useful component and having the advantage of carrying out flotation in a single operation, without implying the retreatment of the products.

The mixture of pure minerals was constituted of 20% galena with a content of 81.4% Pb and 80% quartz, having a lead average content of 16.32%. The granulometric characteristics are presented in table 1.

Tablica 1  
Charakterystyka granulometryczna próbek:  
galeny, kwarcu i mieszaniny

Table 1  
The granulometric characteristics  
of galena, quartz and mixture samples

Materiał Material	Klasa ziarnowa Granulometric class, [mm]					Średni rozmiar Average dimension, [mm]	Powierzchnia właściwa Specific surface, [m <sup>2</sup> /Mg]
	0,2 – 0,125	0,125 – 0,09	0,09 – 0,056	0,056 – 0,032	0,032 – 0		
Galena Galena	19,7	16,3	23,1	27,4	13,5	0,0806	18,3·10 <sup>3</sup>
Kwarc Quartz	15,6	18,7	29,7	20,2	15,8	0,0782	48,3·10 <sup>3</sup>
Mieszanina Mixture	16,4	18,2	28,4	21,7	15,3	0,0787	42,3·10 <sup>3</sup>

Próby flotacji były wykonywane w laboratoryjnej maszynie flotacyjnej typu Denver przy użyciu ksantogenianu etylowego sodu (90 g/Mg) i spieniacza o nazwie Izofloat 220 (35 g/Mg).

Rozcieńczenie we flotacji czystej galeny wynosiło 4,8 m<sup>3</sup>/Mg, odpowiednio przy udziale fazy stałej 200 g/dm<sup>3</sup>. Rozcieńczenie we flotacji mieszaniny minerałów wynosiło 3,2 m<sup>3</sup>/Mg, odpowiednio przy udziale fazy stałej równej 290 g/dm<sup>3</sup>, o średniej gęstości wynoszącej 3,47 Mg/m<sup>3</sup>.

### 3. Część doświadczalna

W doświadczeniach stosowano następujące rodzaje wód: woda destylowana, woda wodociągowa, woda ze stopionego śniegu, woda ze stopionego lodu; lód został otrzymany przez zamrożenie wody wodociągowej.

#### 3.1. Flotacje z czystą galeną

Pierwsza seria prób była wykonywana z różnymi rodzajami wody, przy dwóch różnych pH: jedna seria dla próbek o naturalnym pH, druga przy pH o wartości około 9. pH korygowano przez dodanie odpowiednich ilości węgla sodu.

Temperatura wody była dla wszystkich doświadczeń stała i wynosiła około 293K (20°C). Dla wody otrzymanej z topnienia śniegu i lodu wykonano doświadczenia z wodą otrzymaną dwoma sposobami: przez powolne topienie w temperaturze otoczenia i przez szybkie topienie poprzez schłodzenie wody do 293K (20°C), po tym jak osiągnęła ona punkt wrzenia.

Dla dokładnego porównania wyników otrzymanych z różnymi rodzajami wody przy wyżej wspomnianych warunkach, wykonaliśmy flotację frakcjonowaną w czasie. Ocena wyników została dokonana przez określenie uzysku metalu (m). Na tej podstawie określono stałą szybkości reakcji. Przy stałych warunkach flotacji użyto do obliczeń zależności (Rubinstein, Filippov, 1980):

$$m = 100\Psi(1 - e^{-kt}) \quad (1)$$

gdzie  $\Psi$  oznacza stopień dysocjacji, a  $t$  czas flotacji. Stała szybkości reakcji  $k$  została uzyskana z zależności:

$$k = \frac{1}{t} \cdot \ln \frac{100}{100 - \sum m} \quad (2)$$

szybkość flotacji ( $w$ ) wynosi zatem:

$$w = 100 k e^{-kt} \quad (3)$$

Doświadczalne wartości uzysku metalu w czasie i wartości, które zostały obliczone są przedstawione w tabelicy 2.

The flotation trials were carried out in a lab flotation machine type Denver using sodium ethylic xanthate (90g/t) and froth agent Izofloat 220 (35g/t).

The dilution for galena flotation was 4.8 m<sup>3</sup>/t, corresponding to a solid phase concentration of 200g/l. The dilution for mixture flotation was 3.2 m<sup>3</sup>/t, corresponding to a concentration of 290 g/l material with 3.47 t/m<sup>3</sup> average density.

### 3. Experimental research

The types of water used for the experimental trials were: distilled water, tap water, water from snow melting, water from ice thawing; the ice having been obtained by freezing a quantity of tap water.

#### 3.1. Flotation trials with pure galena

A first set of trials was carried out with various qualities of water in double samples: one being made at the natural pH of the respective water, the other having the pH value 9, being corrected by an adequate dose of sodium carbonate.

The temperature of water was — for all trials — constant at 20°C for the water obtained from snow melting and from ice thawing; this was carried out in two ways: by slowly melting at ambient temperature and by speedy melting by cooling the water at 20°C after it reached boiling point.

For an accurate comparison of results obtained with different types of water under the mentioned conditions, we performed a fractioned collection of the concentrate, in time. The results assesment was made by determining the metal recovery (m). So, it was possible to determine the rate constant for each flotation time. Under constant flotation conditions on using the calculation relation (Rubinstein, Filippov, 1980):

where  $\Psi$  is dissassociation degree and  $t$  is flotation time. The rate constant  $k$  was obtained with the relation:

and the flotation rate ( $w$ ) is, consequently:

The experimental values (metal recovery in time) and those which were computed, are shown in table 2.

Tablica 2

Wyniki procesów flotacji z różnymi rodzajami wody i obliczone wartości szybkości flotacji

Table 2

The results of flotation trials with different types of water and the computed values of flotation rate

Rodzaj wody Water type	Czas, [min] Time, min		pH=7; 20°C						pH=9; 20°C ogrzewane powoli slowly heating						pH=7; 20°C po zagotowaniu after boiling					
			Uzysk, [%] Recovery, %		k min <sup>-1</sup>	kt	w %/min	Uzysk, [%] Recovery, %		k min <sup>-1</sup>	kt	w %/min	Uzysk, [%] Recovery, %		k min <sup>-1</sup>	kt	w %/min			
			m	Σm				m	Σm				m	Σm				m	Σm	
Woda destylowana Distillated water	Δt	t	17,67	17,67	0,3888	0,1944	32,01	21,34	21,34	0,4801	0,2400	37,77	20,35	20,35	0,4550	0,2275	36,24			
	0,5	0,5	14,56	32,23	0,3890	0,3890	26,36	16,81	38,15	0,4804	0,4804	29,71	16,22	36,57	0,4552	0,4552	28,87			
	1	2	21,88	54,11	0,3895	0,7790	17,87	23,63	61,78	0,4809	0,9618	18,38	23,41	59,98	0,4556	0,9112	18,32			
	1,5	3,5	20,40	74,51	0,3905	1,3670	9,95	19,75	81,53	0,4825	1,6888	8,91	19,77	79,75	0,4563	1,5970	9,24			
	2,5	6	16,01	90,52	0,3927	2,3560	3,72	13,01	94,54	0,4846	2,9076	2,65	13,83	93,58	0,4576	2,7456	2,94			
	odpad unflated	—	9,48	100	—	—	—	5,46	100	—	—	—	6,42	100	—	—	—			
Woda wodociągowa Tap water	0,5	0,5	22,04	22,04	0,4981	0,2490	38,83	29,92	29,92	0,7111	0,3555	49,84	23,15	23,15	0,5266	0,2633	40,47			
	0,5	1	17,24	39,28	0,4989	0,4989	30,29	20,98	50,90	0,7114	0,7114	34,93	17,80	40,95	0,5268	0,5268	31,11			
	1	2	23,92	63,20	0,4998	0,9996	18,39	25,02	75,92	0,7118	1,4236	17,14	24,22	65,17	0,5274	1,0548	18,37			
	1,5	3,5	19,48	82,68	0,5010	1,7535	8,67	15,82	91,74	0,7124	2,4934	5,89	19,08	84,25	0,5281	1,8483	8,32			
	2,5	6	12,44	95,12	0,5033	3,0200	2,46	6,88	98,62	0,7138	4,2828	0,99	11,58	95,83	0,5295	3,1773	2,21			
	odpad unflated	—	4,88	100	—	—	—	1,38	100	—	—	—	4,17	100	—	—	—			
Woda ze stopnionego śniegu Snow melting water	0,5	0,5	12,61	12,61	0,2696	0,1348	23,56	14,23	14,23	0,3070	0,1535	26,33	17,97	17,97	0,3962	0,1981	32,50			
	0,5	1	11,09	23,70	0,2705	0,2705	20,64	12,24	26,47	0,3075	0,3075	22,61	14,76	32,73	0,3965	0,3965	26,67			
	1	2	18,21	41,91	0,2716	0,5432	15,78	19,58	46,05	0,3086	0,6172	16,65	22,03	54,76	0,3972	0,7931	17,97			
	1,5	3,5	19,69	61,60	0,2734	0,9570	10,50	20,17	66,22	0,3101	1,0853	10,48	20,41	75,17	0,3981	1,3933	9,88			
	2,5	6	19,28	80,88	0,2757	1,6540	5,27	18,40	84,62	0,3120	1,8720	4,78	15,75	90,92	0,3998	2,3990	3,63			
	odpad unflated	—	19,12	100	—	—	—	15,38	100	—	—	—	9,08	100	—	—	—			
Woda ze stopnionego lodu Ice thawing water	0,5	0,5	14,19	14,19	0,3059	0,1530	26,25	15,67	15,67	0,3410	0,1705	28,75	22,15	22,15	0,5009	0,2504	38,99			
	0,5	1	12,21	26,40	0,3065	0,3065	22,56	13,27	28,94	0,3417	0,3417	24,28	17,28	39,43	0,5013	0,5013	30,37			
	1	2	19,54	45,94	0,3075	0,6150	16,62	20,68	49,62	0,3428	0,6856	17,27	23,93	63,36	0,5019	1,0040	18,39			
	1,5	3,5	20,13	66,07	0,3088	1,0808	10,48	20,43	70,05	0,3445	1,2060	10,31	19,43	82,79	0,5028	1,7598	8,65			
	2,5	6	18,43	84,50	0,3107	1,8642	4,82	17,45	87,50	0,3466	2,0800	4,33	12,37	95,16	0,5047	3,0282	2,44			
	odpad unflated	—	15,50	100	—	—	—	12,50	100	—	—	—	4,84	100	—	—	—			

Analiza wyników flotacji pozwala wysunąć następujące wnioski:

- Istnieje silny wpływ jakości wody na uzysk metalu; otrzymane wartości są w przedziale 80,88 – 95,12% dla procesów prowadzonych przy naturalnym pH (około 7), pomiędzy 84,62 – 98,62% dla pH = 9, dla wartości uzysków od 90,92 – 95,83% dla procesów prowadzonych przy pH około 7, ale dla wody schłodzonej do 293K (20°C), po tym jak woda osiągnęła punkt wrzenia.
- Najlepsze wyniki zostały otrzymane we wszystkich flotacjach z wodą wodociągową. Jedynym wytłumaczeniem korzystnego wpływu na proces flotacji może być skład i główne właściwości wody wodociągowej przedstawione w tablicy 3 (Krausz, Traista, 1995).

An analysis of the flotation results reveals the following:

- There is a strong influence of water quality on metal recovery; the values obtained are in the interval 80.88 – 95.12% for trials at natural pH (about 7), in the interval 84.62 – 98.62 % for those at pH = 9 and in a much limited interval 90.92 – 95.83%, for those at natural pH but by cooling the water at 20°C after it reached boiling point.
- The best results have unexpectedly been obtained in all flotation conditions, with tap water. The only explanation could be the composition and the main features of tap water, rendered in table 3, with favourable effect on the flotation process. (Krausz, Traista, 1995).

Tablica 3  
Charakterystyka wody wodociągowej

Table 3  
The tap water characteristics

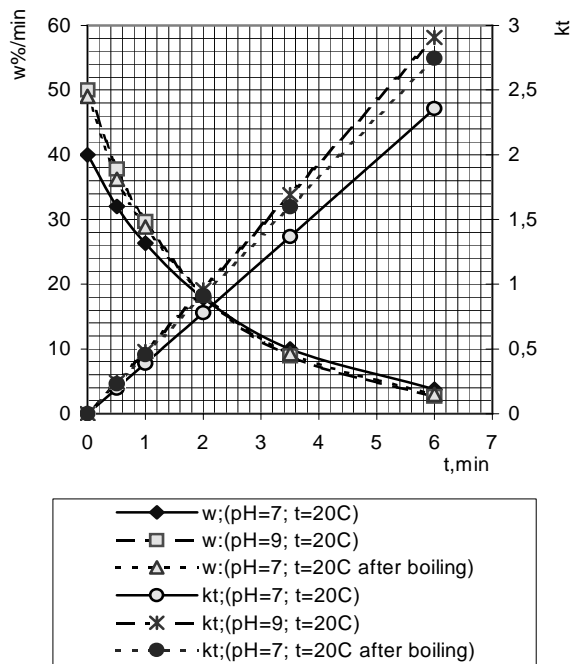
Parametr The characteristic	Wartość Values	Parametr The characteristic	Wartość Values
pH	7 – 7,8	zawartość Mg <sup>2+</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ] Mg <sup>2+</sup> content, mg/l	4 – 8
kwasowość Acidity	0,1	zawartość O <sub>2</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ] O <sub>2</sub> content, mg/l	6 – 12
zasadowość Alcalinity	0,6	zawartość CO <sub>2</sub> [mg/dm <sup>3</sup> ] CO <sub>2</sub> content, mg/l	60 – 100
twardość całkowita, stopnie Total hardness, degree	2,4 – 3	zawartość CCO [mgKMnO <sub>4</sub> /dm <sup>3</sup> ] CCO, mg KMnO <sub>4</sub> /l	10 – 15
zawartość Ca <sup>2+</sup> [mg/dm <sup>3</sup> ] Ca <sup>2+</sup> content, mg/l	16 – 20	zawartość CBO <sub>5</sub> [mg O <sub>2</sub> /dm <sup>3</sup> ] CBO <sub>5</sub> , mg O <sub>2</sub> /l	3 – 5

- Najgorsze wyniki zostały uzyskane dla wody powstałej z topnienia lodu, a zwłaszcza śniegu. W przypadku wody z topnienia lodu — lód został otrzymany przez zamrożenie wody wodociągowej — jest oczywiste, że duża różnica jest wyłącznie związana z cząsteczkową strukturą typową dla stanu stałego wody.
- Wyniki flotacji otrzymane w wodzie powstałej ze schłodzenia do 293K (20°C) po tym jak osiągnęła ona punkt wrzenia (wziąwszy pod uwagę to, że specyficzne i międzycząsteczkowe wiązania powinny ulec zerwaniu) są lepsze, niż te które otrzymano przy takim samym pH i w temperaturze 293K (20°C). Wzrost uzysku metalu wynosi w tym przypadku tylko 3%, przy użyciu wody destylowanej i ok. 0,7%, przy użyciu wody wodociągowej. Wzrost uzysku jest bardziej znaczący w przypadku wody uzyskanej z topnienia śniegu — 10% i z topnienia lodu — 10,7%. Wyniki te są

- The poorest results were obtained with water from ice thawing and especially from snow melting. In the case of water from ice thawing — the ice was obtained by freezing tap water — it is obviously that the considerable difference is exclusively due to the molecular structure typical of solid state of water.
- The results obtained by cooling the water at 20°C, after it reached boiling point, considering that the specific and intermolecular linkages are supposed to have been destroyed, are better than those obtained at the same natural pH and 20°C. The increasing of metal recovery — with only 3% using distilled water and 0.7%, using tap water, is more important in the case of water obtained by snow melting — 10%, and by ice thawing — 10.7%. The results in these two cases are even better than those obtained at pH = 9. These results are illustrated graphically in figures 2, 3, 4 and 5,

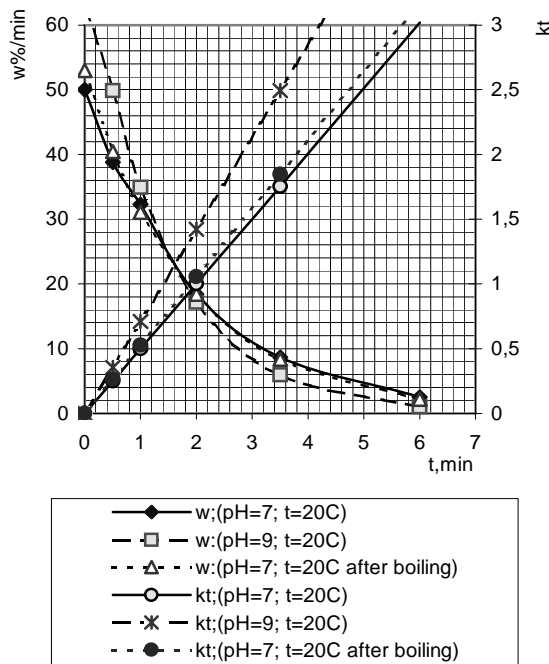
nawet lepsze, niż uzyskane przy pH = 9. Otrzymane wyniki są podane na rysunkach 2, 3, 4 i 5, gdzie krzywa 1, 2, 3 — pokazuje zmiany *szybkości flotacji* a krzywe 1', 2', 3' — pokazują przebieg *funkcji kt*.

where, the curves 1, 2, 3 — represent the variation of *flotation rate* and the curves 1', 2', 3' — *the function kt*.



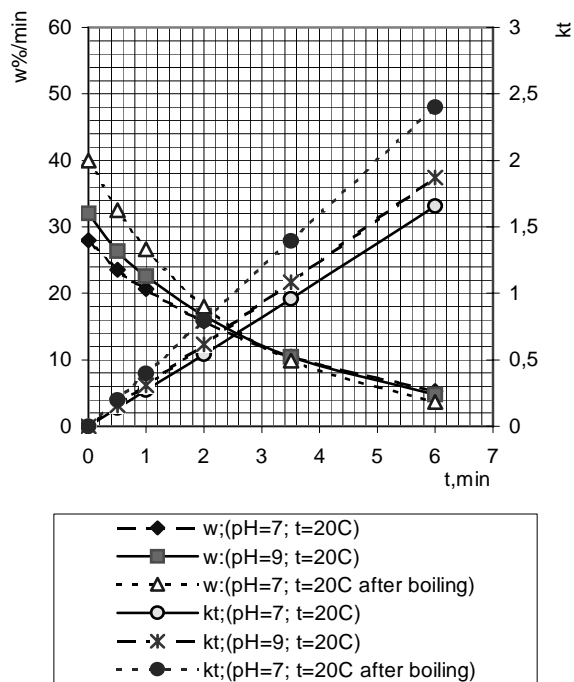
Rys. 2  
Zależność szybkości flotacji i funkcji kt od czasu, dla flotacji z użyciem wody destylowanej

Fig. 2  
The variation in time of fraction rate and kt function in the case of flotation using distilled water



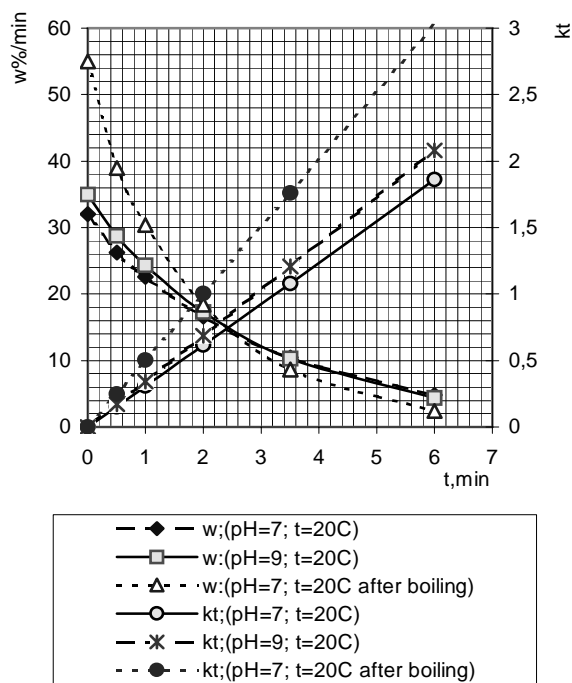
Rys. 3  
Zależność szybkości flotacji i funkcji kt od czasu, dla flotacji z użyciem wody wodociągowej

Fig. 3  
The variation in time of fraction rate and kt function in the case of flotation using tap water



Rys. 4  
Zależność szybkości flotacji i funkcji kt od czasu, dla flotacji z użyciem wody z topnienia śniegu

Fig. 4  
The variation in time of fraction rate and kt function in the case of flotation using water from snow melting



Rys. 5  
Zależność szybkości flotacji i funkcji kt od czasu, dla flotacji z użyciem wody z topnienia lodu

Fig. 5  
The variation in time of fraction rate and kt function in the case of flotation using water from ice thawing

Zaobserwowano, że najbardziej istotne różnice zostały uzyskane w doświadczeniach z wodą otrzymaną z topnienia lodu. Porównując krzywe z rysunków 3 i 5 widać, że proces krzepnięcia wody wodociągowej (przez zamrażanie) następujący po jej

It is found out that the most important differences were obtained in the trials with water from ice thawing. Comparing the curves from figures 3 and 5, it is obvious that the solidification process of tap water (by freezing), followed by thawing has an



topnieniu ma duży wpływ na wyniki flotacji, nawet jeśli proces flotacji ostatecznie jest wykonywany w temperaturze 293K (20°C).

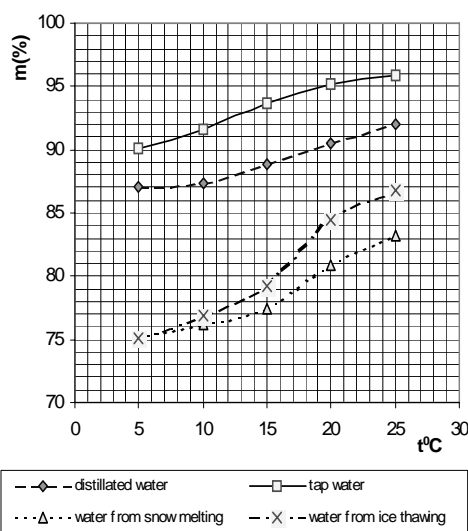
Kolejnym analizowanym parametrem jest wpływ zmian temperatury w granicach 278 – 298K (5 – 25°C). Śnieg i lód były topione, a następnie ogrzewane powoli do wspomnianej temperatury.

Flotacja była prowadzona przy naturalnym pH, a końcowe uzyski są przedstawione na rysunku 6. Pokazują one korzystny wpływ wzrostu temperatury, który jest dobrze znany z wcześniejszych badań. Można zauważyć, że we flotacji z wodą destylowaną i z wodą wodociągową dla całego zakresu temperatur od 278K (5°C) do 298K (25°C), wzrost uzysku metalu wynosi tylko 5%. Jest natomiast większy w przypadku wody powstałej z topienia śniegu (7,9%) i z lodu (12,4%).

important influence on the flotation results, even the process finally takes place at 20°C.

Another aspect analysed was the effect of temperature variation in the range 5 – 25°C. The snow and the ice were melted and then heated slowly to the mentioned temperatures.

The flotation was carried out at natural pH and the final recoveries are rendered in fig.6. They point out the favorable effect of increasing temperature, which is, in fact, well known from previous experimental research. It can be noticed the aspect that at the flotation with distilled water and at that with tap water for the entire range at 5 to 25°C, the increase of metal recovery is only of 5% and it is more important in the case of water from snow (7.9%) and from ice (12.4%).



Rys. 6  
Zależność uzysku metalu  
od temperatury pulpy przy pH=9

Fig. 6  
The variation of metal recovery  
with pulp temperature at pH=9

### 3.2. Doświadczenia flotacji z użyciem sztucznej mieszaniny galeny i kwarcu

Celem tego etapu badań było określenie wpływu rodzaju wody na selektywność flotacji. Doświadczenia były prowadzone w tych samych warunkach, poza rozcieńczeniem mętów, które wynosiło 3,2 m<sup>3</sup>/Mg. Woda została uzyskana przez powolne topienie śniegu i lodu w 293K (20°C) i przy pH wynoszącym ok. 9.

W celu uzyskania dobrych wyników w procesie flotacji (w jednej operacji), kolektor był dodawany w dwóch porcjach: pierwsza równa 60% zużycia jednostkowego (54 g/Mg) i zbieranie koncentratu C<sub>1</sub> w ciągu 2 minut, a następnie 40% (36 g/Mg) i zbieranie drugiej frakcji koncentratu C<sub>2</sub> w ciągu 4 minut. Wyniki (tablica 4 i rysunek 7), wskazują na taką

### 3.2. Flotation trials with the artificial mixture of galena and quartz

The aim of this stage of research was to establish the effect of the type of water on flotation selectivity. The trials were carried out in the same conditions, except the pulp dilution which was 3.2 m<sup>3</sup>/t. The water was obtained by a slow melting of snow and ice at 20°C and the pH was corrected at 9.

In order to obtain good results in only one flotation operation, the collector was dosed two times: first of all, 60% from specific consumption (54g/t) followed by the collecting of the concentrate C<sub>1</sub> during 2 minutes and then, 40% (36g/t), by collecting the second fraction of the concentrate C<sub>2</sub> during 4 minutes. The results (table 4 and figure 7), point out the same order of recovery values:

samą zależność wartości uzysku od rodzaju wody: maksymalną dla flotacji z wodą wodociągową (94,5%) i najmniejszą z użyciem wody z topnienia śniegu (86,8%).

maximum at the flotation with tap water (94.5%) and minimum with the water obtained from snow (86.8%).

Tablica 4  
Wyniki flotacji mieszaniny galeny i kwarcu

Table 4  
The results of mixture galena-quartz flotation

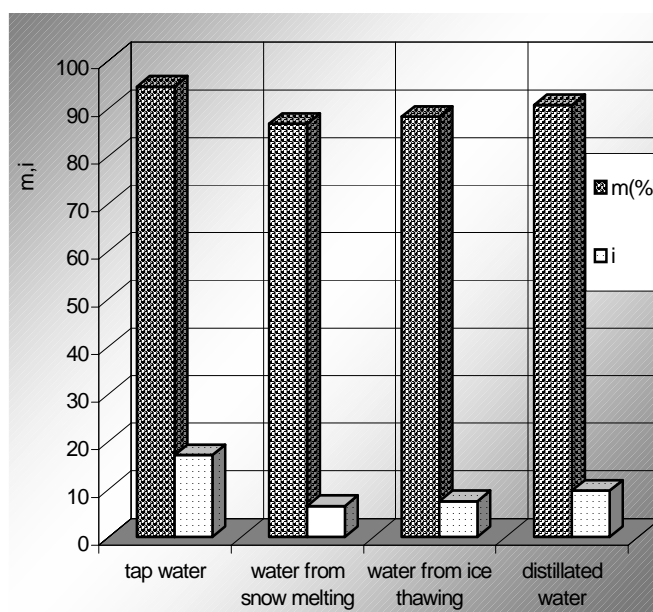
typ wody Water type	produkt* Product*	wychód, [%] Weight recovery, %		zawartość ołowiu w produkcie, [%] Lead content in products, %		uzysk metalu, [%] Metal recovery, %		współczynnik selektywności, i** Selectivity index, i**
		v	Σv			m	Σm	
woda destylowana Distilled water	C <sub>1</sub>	14.7	14.7	69.52	65.18	62.62	62.62	9.7
	C <sub>2</sub>	8.0	22.7	57.2		28.04	90.66	
	B	77.3	100	1.97		9.34	100	
	A	100	–	16.32		100	–	
woda wodociągowa Tap water	C <sub>1</sub>	14.8	14.8	70.24	65.64	63.70	63.70	17.2
	C <sub>2</sub>	8.7	23.5	57.81		30.82	94.52	
	B	76.5	100	1.17		5.48	100	
	A	100	–	16.32		100	–	
woda ze stopionego śniegu Snow melting water	C <sub>1</sub>	13.2	13.2	68.72	64.36	55.58	55.58	6.5
	C <sub>2</sub>	8.8	22.0	57.82		31.18	86.76	
	B	78.0	100	2.77		13.24	100	
	A	100	–	16.32		100	–	
woda ze stopionego lodu Ice thawing water	C <sub>1</sub>	13.5	13.5	70.04	64.88	57.94	57.94	7.5
	C <sub>2</sub>	8.7	22.2	56.87		30.32	88.26	
	B	77.8	100	2.46		11.74	100	
	A	100	–	16.32		100	–	

\*C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> — frakcje koncentratu  
B — odpady  
A — nadawa

\*C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub> — Concentrate fractions  
B — tailings  
A — flotation feed

\*\*obliczone z zależności:  $i = \frac{m}{100-m}$

\*\*Computed by relation:  $i = \frac{m}{100-m}$



Rys. 7  
Uzysk metalu i współczynnik selektywności  
we flotacji mieszaniny złożonej z galeny i kwarcu,  
przy użyciu różnych rodzajów wody

Fig. 7  
The metal recovery and the selectivity index  
to the flotation of the galena – quartz  
with different types of water

Pomiędzy wynikami uzyskanymi dla wody wodociągowej zamrażanej i bez jej zamrażania istnieje różnica w uzysku metalu o ok. 6%, spowodowana przez spadek wychodu o 1,3% i zawartości metalu o 0,76% w koncentracie. We wszystkich przypadkach jakość koncentratu jest prawie taka sama; wychody wahają się jedynie w granicach 1,5%, co powoduje kilkuprocentowe różnice między uzyskiem metalu, a także między zawartością metalu w odpadach.

Obliczony wskaźnik selektywności lepiej obrazuje różnice między wynikami flotacji. Jednakże zauważamy mniejszy wpływ rodzaju wody w porównaniu z wpływem, jaki zaobserwowano dla flotacji czystej galeny przy  $\text{pH} = 9$ , gdzie uzyski metalu wahały się w granicach około 14%. Może to być spowodowane przez wpływ innych czynników, np.: obecność kwarcu, spadek zawartości galeny, frakcjonowane dodawanie kolektora, itd.

#### 4. Wnioski

1. Wpływ struktury wody w procesie flotacji, pokazany w poprzednich badaniach, które podkreślały jej zależność od temperatury — stał się oczywisty na podstawie wyników flotacji czystej galeny i flotacji mieszaniny złożonej z galeny i kwarcu. Wpływu tego nie można pominąć.
2. Różnice w wynikach flotacji prowadzonej w tej samej wodzie w 293K (20°C) otrzymanej przez powolne ogrzewanie lub gwałtowne ogrzanie do punktu wrzenia i jej schłodzenie; wskazuje na pozytywny wpływ tej ostatniej metody. Obserwuje się istotny wzrost uzysku metalu, zwłaszcza dla wody otrzymanej ze śniegu — o 10% i dla wody z lodu — o 10,7%.
3. Wyniki flotacji uzyskane w tych samych warunkach z mieszaniną złożoną z galeny i kwarcu dowodzą wpływu rodzaju wody na selektywność procesu. Jest to ważne spostrzeżenie, które powinno być brane pod uwagę, gdy ilości wody deszczowej są większe (posiadającą zbliżony skład jakościowy do wody destylowanej), lecz i wtedy, kiedy woda pochodzi z topnienia lodu i śniegu. Wpływ ten jest bardziej istotny na wiosnę (czas roztopów), kiedy temperatura wody nie jest optymalna dla procesu flotacji.
4. Trudno jest znaleźć rozwiązania dla wyeliminowania tych negatywnych wpływów. Ogrzewanie wody jest kosztowne i trudne do zastosowania. Bardziej korzystnym wydaje się znalezienie pewnych korekt procesu, zmierzających do zwiększenia uzysku flotacji. Niektóre z nich, takie jak zwiększenie zużycia odczynników w zimie i na wiosnę są stosowane empirycznie w niektórych zakładach przerobczych. Ciekawe byłoby także

Between the results obtained with tap water with and without its freezing there is an important disparity of 6% metal recovery, determined by a decrease of weight recovery with 1.3% and of metal content, by 0.76% in the concentrate. In all cases the concentrate quality is almost the same; the weight recoveries differ only – within 1.5% limits – which determine several percents difference between metal recoveries and also between the metal contents of tailings.

The computed selectivity index points out better the differences between the flotation results. However, we notice a diminishing of the water source influence in comparison with that established for the pure galena flotation at  $\text{pH} = 9$ , when the metal recoveries varied within the limits of 14%. This fact is possible due to other determining factors, e.g.: the presence of quartz, the diminution of galena content, the fractional dosing of collector, etc.

#### 4. Conclusions

1. The influence of water structure in the flotation process, shown in previous studies which emphasized its dependence on temperature — was made evident by the flotation results of the pure galena and of the galena and quartz mixture. This influence is not at all negligible.
2. The modification of the results of flotation carried on in the same type of water at 20°C obtained by slow heating or by rapid heating to the boiling point and its cooling, points out the beneficent effect of the latter procedure. It determines an important increasing of metal recovery – especially for the water from snow — with 10% and for that from ice — with 10.7%.
3. The flotation results obtained in the same conditions with the galena-quartz mixture proves the effect of the water type on the selectivity. This aspect must be taken into account in the periods of time when the raining water amounts are higher (having a quality close to that of distilled water), but mostly when the water flow is from the ice and snow melting and represents a larger amount in correlation with the river flow which provides the water for the processing plant. The effect is more important in spring (the thawing time), when the water temperature is not optimum for the flotation process.
4. It is difficult to find solutions for rectifying these negative effects; that of water heating is expensive and difficult to be applied. More efficient seems to be the finding of some corrections so as to raise the flotation efficiency. Some of them — such as the increasing of reagents specific consumptions in winter and spring — is applied

opracowanie rozwiązań naukowych w relacji z warunkami pracy instalacji flotacyjnych.

*Tłumaczyła Anna Rydlewska*

empirically at some processing plants. It could be interesting to work out scientific solutions in correlation with the working conditions of flotation installations.

## **5. Literatura — References**

1. Oniciu L. *Physics – Chemistry*, Bucharest, 1988.
2. Krausz S., Traistă E. *The study of medium flotation ionic composition influence on the xanthates adsorption to the galena surface. — Scientific research and economical development, vol I, Deva, 1995.*
3. Glembotski V.A. *Phisico - chemical basis of flotation process. Ed. Nedra, Moscow, 1980.*
4. Rubinstein I.B., Philippov I.A. *Flotation kinetics. Ed. Nedra, Moscow, 1980.*