

## ZNACZENIE ALKALICZNOŚCI KOAGULANTÓW GLINOWYCH W INTENSYFIKACJI AGRESYWNOŚCI KWASOWĘGLOWEJ WODY

MARTA RAK, MARIA ŚWIDERSKA-BRÓŹ

Politechnika Wrocławska, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska  
50-370 Wrocław, Wyb. S. Wyspiańskiego 27

Keywords: coagulation, polyaluminium chloride, coagulant basicity, water alkalinity, water corrosivity.

### SIGNIFICANCE OF ALUMINIUM COAGULANTS BASICITY IN INTENSIFICATION OF WATER CORROSIVITY

The objective of this study was to investigate the influence of aluminium coagulants basicity on the minimisation of undesirable effects of coagulation such as decreasing pH and alkalinity, thereby water corrosivity. The experiments involved three types of surface water samples: from the Odra and Olawa Rivers and a mountain stream, which differed in physico-chemical composition (especially in pH values and alkalinity). Alum (ALS) and polyaluminium chlorides (PACl) characterized by various basicity ( $r$ , %) were used as coagulants.

The experimental results showed that decrease in water corrosivity depended on the basicity and dose of coagulant, pH and temperature of water prior to coagulation. With the increment of coagulation basicity the chemical stability of treated water improved and coagulants PAX-XL 3 and PAX-XL61 were the best. Using of polyaluminium chlorides instead of alum decreased not only undesirable effects of coagulation but improved also the efficiency of water treatment.

#### Streszczenie

Prezentowane wyniki badań wpływu alkaliczności koagulantów glinowych na minimalizację niepożądanych skutków koagulacji, jakimi są zmniejszenie pH i zasadowości oczyszczanej wody, a tym samym intensyfikacja agresywności korozyjnej. Przedmiotem badań były próbki wody z rzek: Odry i Olawy oraz z potoku górskiego różniące się składem fizyczno-chemicznym, w tym także wartością pH i zasadowością. Jako koagulanty stosowano siarczan glinu (ALS) i chlorki poliglinu (PACl) charakteryzujące się różną alkalicznością ( $r$ , %).

Wyniki badań wykazały, że zmniejszenie wartości pH i zasadowości tj. parametrów decydujących o agresywności korozyjnej wody zależały od alkaliczności i dawki koagulantu oraz pH i temperatury próbek wody przed koagulacją. Ze wzrostem alkaliczności badanych koagulantów glinowych zwiększała się stabilność chemiczna oczyszczanych wód i najbardziej przydatne były koagulanty PAX-XL3 i PAX-XL 61. Zastąpienie siarczana glinu chlorkami poliglinu nie tylko zmniejszyło intensyfikację agresywności korozyjnej badanych wód, ale również zapewniło większą skuteczność ich oczyszczania.

#### WPROWADZENIE

Proces koagulacji poza pożądanym usuwaniem zanieczyszczeń z wody, zwykle powoduje wzrost jej agresywności korozyjnej. W wyniku kwaśnej hydrolizy koagulantów w oczyszczanej wodzie zwiększa się stężenie jonów  $H^+$  i wolnego dwutlenku węgla oraz zużywana jest zasadowość ogólna, co jest przyczyną pojawienia się lub intensyfikacji braku stabilności chemicznej wody. Te niekorzystne zmiany jakości wody, zachodzące

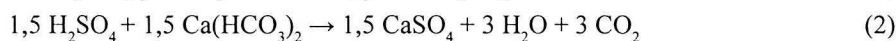
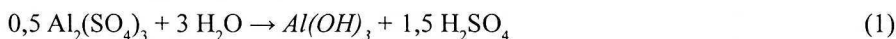
podczas koagulacji, zależą od pH, zasadowości ogólnej i temperatury oczyszczanej wody oraz rodzaju i dawki koagulantu. Istotny wzrost agresywności korozyjnej ma miejsce przede wszystkim podczas oczyszczania wód miękkich bądź bardzo zanieczyszczonych – wymagających stosowania dużych dawek koagulantów.

Jak wykazały przedstawione w artykule wyniki badań, zmniejszenie tych niepożądanych skutków koagulacji umożliwia zastosowanie, zamiast niezhydrolizowanego wstępnie siarczanu glinu, koagulantów glinowych wstępnie zhydrolizowanych np. chlorków poliglinu (PACl) o ogólnym wzorze  $Al_n(OH)_m Cl_{3n-m}$  [1]. Chlorki poliglinu charakteryzują się zwiększoną alkalicznością ( $r$ ), definiowaną jako:

$$r = [OH]/[Al],$$

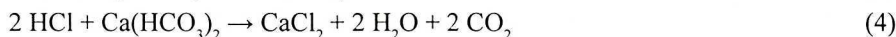
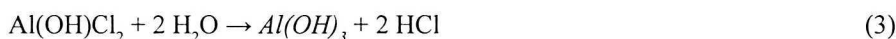
dzięki czemu powodują mniejsze niż siarczan glinu zużycie zasadowości oczyszczanej wody oraz w mniejszym stopniu obniżają wartość pH [2]. Wyjaśniają to uproszczone reakcje hydrolizy siarczanu glinu oraz chlorków poliglinu, o różnej alkaliczności (równania 1, 3 i 5), a także reakcje neutralizacji powstających kwasów (równania 2, 4 i 6):

dla siarczanu glinu ( $r = 0$ )

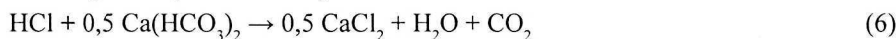


dla chlorków poliglinu:

$$r = 1$$



$$r = 2$$



Wraz z alkalicznością chlorków poliglinu zmniejsza się również ilość jonów chlorkowych wprowadzanych do wody intensyfikujących jej korozyjny charakter.

## ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Badania prowadzono w skali laboratoryjnej. Określono w nich wpływ rodzaju i dawki koagulantów glinowych, temperatury wody oraz korekty pH oczyszczanych próbek wody na zmiany zasadowości ogólnej, pH i stężenia agresywnego dwutlenku węgla decydujące o agresywności korozyjnej wody. Przedmiotem badań były próbki wody z rzek Odry i Oławy oraz bezimiennej potoku górskiego charakteryzujące się różnymi wartościami wskaźników jakości (pH, zas. M), istotnych w aspekcie stabilności chemicznej wody (Tab. 1)

Koagulację objętościową prowadzono metodą testu naczyniowego stosując 3 min. szybkiego mieszania (200 obr/min.) i 30 min. wolnego mieszania (30 obr/min.). Po koagulacji próbki poddawane były 1 h sedimentacji. Korektę pH prowadzono wodnymi roztworami HCl (przed koagulacją chlorkami poliglinu) lub  $H_2SO_4$  (przed koagulacją siarczanem glinu) bądź NaOH. Wartości badanych wskaźników w próbkach wody przed koagulacją oraz oczyszczonej (po koagulacji i 1 h sedimentacji) oznaczono zgodnie z PN.

Tabela 1. Zakresy wartości wybranych wskaźników jakości badanych próbek wody przed koagulacją  
The range of values of the chosen water quality parameters of the samples before coagulation

Rodzaj próbki wody Type of water sample	Woda surowa Raw water			Woda po korekcie pH Water after pH adjustment		
	Zas. M, Alkalinity val/m <sup>3</sup>	pH	CO <sub>2</sub> agr* CO <sub>2</sub> aggressive g/m <sup>3</sup>	Zas. M <sub>o</sub> , Alkalinity val/m <sup>3</sup>	pH <sub>o</sub>	CO <sub>2</sub> agr o' CO <sub>2</sub> aggressive o' g/m <sup>3</sup>
rz. Odra the Odra River	1,55–2,60	6,74–8,41	1,95–4,48	0,98–2,4	6,0–8,51	0–26,82
rz. Oława the Oława River	2,75–3,25	7,70–7,77	0,0–2,20	1,32–3,1	6,0–8,50	0–11,80
potok górski a mountain stream	0,645–0,85	6,10–6,20	54,0–56,0*	0,405–0,775	6,0–8,0	0,5–38,0*

\* zawartość CO<sub>2</sub> agr wyznaczona z nomogramu równowagi węglanowo-wapniowej,  
CO<sub>2</sub> aggressive concentration is determined from the nomogram.

W celu ustalenia roli alkaliczności koagulantów glinowych, w badaniach stosowano chlorki poliglinu (PACI) charakteryzujące się różną alkalicznością oraz (dla porównania) siarczan glinu (ALS) (Tab. 2).

Koagulanty dawkowano w postaci wodnych roztworów o znanym stężeniu glinu, a ich dawki (D<sub>k</sub>) wyrażone w g Al/m<sup>3</sup> wynosiły 2,12÷10,58.

### Omówienie wyników badań

W interpretacji wyników badań do oceny agresywności korozyjnej próbek wody surowej i oczyszczonej wykorzystano wartości wskaźnika intensywności agresywności kwasogłowej

$$I = \frac{(CO_{agr})^2}{CO_{2ZW} + CO_{2agr}}$$

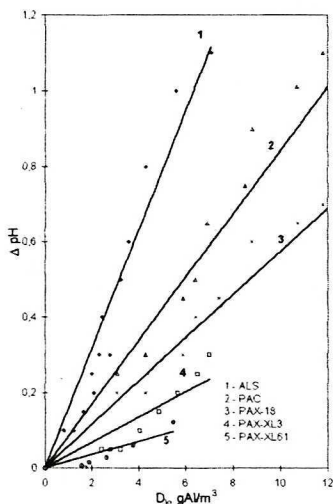
oraz indeksów Langeliera (IL = pH<sub>rz</sub> - pH<sub>s</sub>) i Ryznara (IR = 2 pH<sub>s</sub> - pH<sub>rz</sub>). Wartości pH<sub>s</sub> wyznaczano z zależności: pH<sub>s</sub> = 11,39 - 2 log (CO<sub>2zw</sub>) [3]. Zgodnie z przyjętymi zasadami [3, 4, 6, 7], badane próbki wody były zaliczane do: stabilnych, gdy wartości I oraz IL i IR wynosiły odpowiednio: ok. 0 oraz 0 i 6,2 do 6,8, słabo lub średnio korozyjnych: ≤ 1,0 oraz -0,5 do -2,0 i 6,8 do 8,5 i bardzo korozyjnych: > 1,0 oraz < -2,0 i > 8,5.

Tabela 2. Alkaliczność badanych koagulantów glinowych i pH ich roztworów zawierających 10 g Al/m<sup>3</sup> [8, 9]  
Basicity of the investigated aluminium coagulants and pH its solutions which contain 10 g Al/m<sup>3</sup> [8, 9]

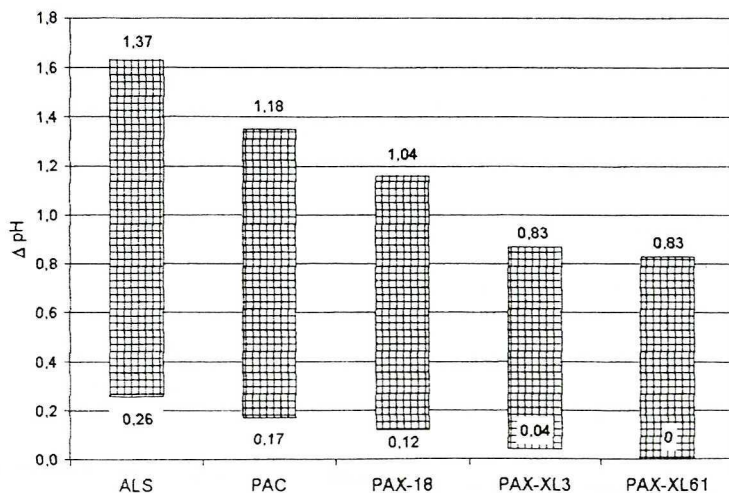
Rodzaj koagulantu Type of coagulant	Siarczan glinu Alum (ALS)	PACI			
		PAC	PAX-18	PAX-XL3	PAX-XL61
r, %	0	35	41±3,0	70±5,0	70±10,0
pH	2,22	2,43	2,69	3,08	3,05

## Zmniejszenie pH

Wzrost stężenia jonów  $H^+$  w oczyszczanych roztworach zwiększał się wraz z rosnącą dawką koagulantów (Rys. 1), a był odwrotnie proporcjonalny do ich alkaliczności (Rys. 2). Bez względu na wielkość dawki koagulantów oraz rodzaj oczyszczanej wody, siarczan glinu powodował największe zakwaszenie.



Rys. 1. Wpływ dawki ( $D_k$ ) i rodzaju koagulantu na zmniejszenie wartości pH w czasie koagulacji  
Effect of coagulant dose ( $D_k$ ) and coagulant type on pH decreasing



Rys. 2. Wpływ alkaliczności koagulantów na zmniejszenie wartości pH ( $D_k = 1,537 \div 10,585$  g Al/m³)  
Effect of coagulant basicity on pH decreasing ( $D_k = 1,537 \div 10,585$  g Al/m³)

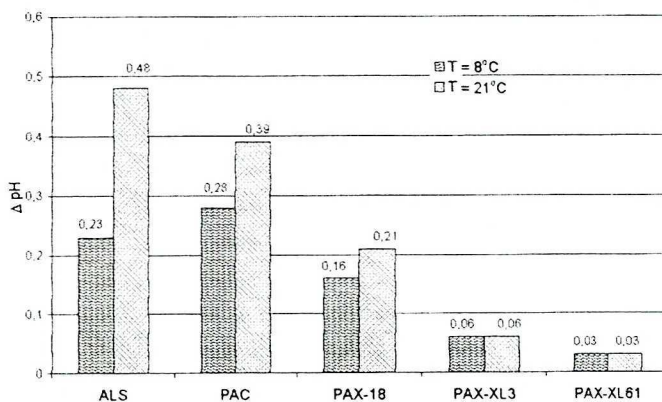
Poza dawką i rodzajem koagulantu, o obniżeniu pH w znacznym stopniu decydowała pojemność buforowa oczyszczanych wód i wraz ze zmniejszającą się zas. M wody przed koagulacją zwiększało się jej zakwaszenie w wyniku oczyszczania taką samą dawką koagulantów i wynoszącą ok. 2,3 g Al/m<sup>3</sup> (Tab. 3).

Tabela 3. Wpływ zas. M oczyszczanych próbek wody i rodzaju koagulantu ( $D_k \approx 2,3$  g Al/m<sup>3</sup>) na zmniejszenie pH  
Effect of water samples alkalinity and coagulant type ( $D_k \approx 2,3$  g Al/m<sup>3</sup>) on pH decreasing

Miejsce poboru wody Sampling site	zas.M, Alkalinity val/m <sup>3</sup>	$\Delta$ pH w wyniku koagulacji pH decreasing during coagulation				
		ALS	PAC	PAX-18	PAX-XL3	PAX-XL61
rz. Oława the Oława River	3,05	0,26	0,17	0,12	0,04	0
rz. Odra the Odra River	1,80	0,55	0,33	0,29	0,10	0,02*
potok górski a mountain stream	0,645	1,37	0,95	0,80	0,62	0,22

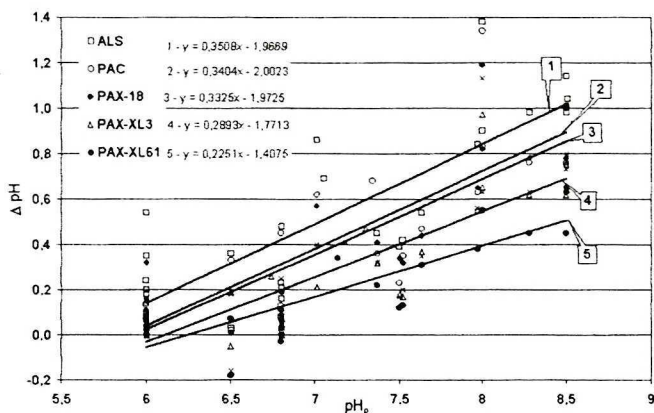
\* dla  $D_k = 2,66$  g Al/m<sup>3</sup>  
for coagulant dose ( $D_k$ ) = 2,66 g Al/m<sup>3</sup>

Wzrost stężenia jonów H<sup>+</sup> zależał również od temperatury oczyszczanej wody. Taka sama dawka koagulantów ( $D_k = 3,24$  g Al/m<sup>3</sup>) stosowana w niskiej temperaturze wody ( $T = 8^\circ\text{C}$ ) spowodowała mniejsze jej zakwaszenie niż w temperaturze wyższej ( $T = 21^\circ\text{C}$ ). Szczególnie wyraźnie zaznaczyło się to dla siarczanu glinu i koagulantów o alkalicyzności do ok. 41%. Dla pozostałych koagulantów różnice te były bardzo małe – praktycznie w granicach błędów analizy (Rys. 3). Związane to było prawdopodobnie z tym, iż w niskiej temperaturze mniejszy był stopień hydrolizy siarczanu glinu oraz koagulantów o małej alkalicyzności tj. zawierających większe ilości niezhydrolizowanego glinu.



Rys. 3. Wpływ temperatury (T) oraz rodzaju koagulantu na zmniejszenie pH  
Effect of temperature (T) and coagulant type on pH decreasing

Ponadto duży wpływ na zmianę pH wywarła korekta odczynu próbek wody przed koagulacją. Generalnie, wraz ze wzrostem stężenia jonów  $\text{OH}^-$  w oczyszczanych roztworach, zwiększało się ich zakwaszenie w wyniku koagulacji (Rys. 4).

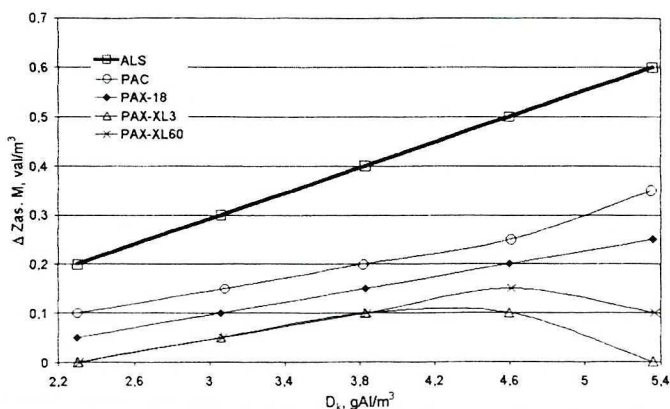


Rys. 4. Wpływ odczynu oczyszczanych wód ( $\text{pH}_0$ ) i rodzaju koagulantów na zmniejszenie pH  
Effect of pH waters under treatment ( $\text{pH}_0$ ) and coagulant type on pH decreasing

Zależności przedstawione na rysunku 4 potwierdzają również omówiony wcześniej wpływ alkaliczności koagulantów na zmianę pH oczyszczonych próbek wód.

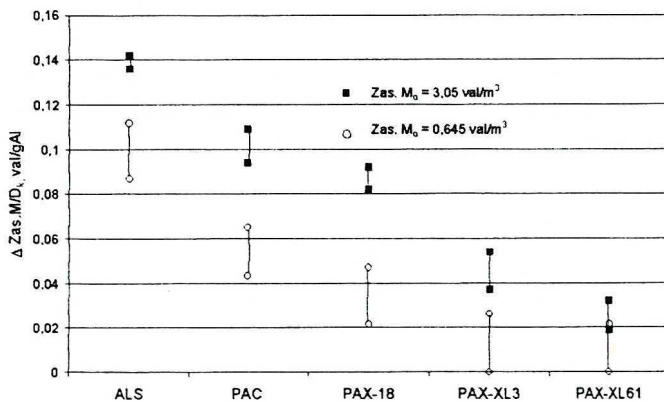
### Zużycie zasadowości ogólnej

Zużycie zas. M generalnie zwiększało się wraz ze wzrostem dawek i malejącą alkalicznością koagulantów (Rys. 5) oraz z rosnącą zas. M wody surowej.



Rys. 5. Wpływ rodzaju i dawki koagulantów ( $D_k$ ) na zmniejszenie zas. M  
Effect of coagulant type and coagulant dose ( $D_k$ ) on the water alkalinity decreasing

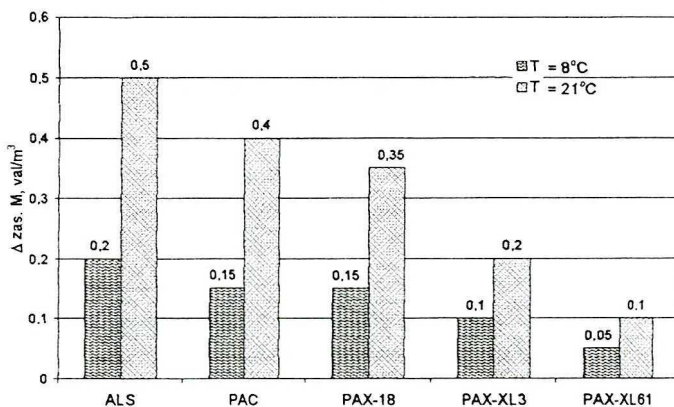
Znaczenie alkaliczności koagulantów potwierdzają również wartości jednostkowego zużycia zas. M ( $\Delta$  zas. M/D<sub>k</sub>) przedstawione na rysunku 6.



Rys. 6. Wpływ rodzaju koagulantu oraz zasadowości oczyszczanej wody (zas. M<sub>o</sub>) na jednostkowe zużycie zasadowości ( $\Delta$  zas. M/D<sub>k</sub>)  
 Effect of coagulant type and water alkalinity (zas. M<sub>o</sub>) on unit utilization of alkalinity ( $\Delta$  zas. M/D<sub>k</sub>)

Ze względu na zmniejszenie tego wskaźnika wody, badane reagenty można podzielić na dwie grupy, (I) o alkaliczności do ok. 41% – w dużym stopniu zmniejszające zas. M i (II) o alkaliczności ok. 70% – powodujące małe zużycie zas. M.

Podobnie jak na zmniejszenie pH, na zużycie zas. M wpływ miała również temperatura oczyszczanej wody. Niska temperatura hamowała hydrolizę koagulantów, co spowodowało, iż w wyniku zastosowania takiej samej dawki koagulantów (D<sub>k</sub> = 3,24 g Al/m<sup>3</sup>) mniejsze było zużycie zas. M wody o temperaturze 8°C niż o temperaturze 21°C (Rys. 7). Stwierdzony wpływ temperatury wody był wprost proporcjonalny do ilości jonów Al<sup>3+</sup> hydrolizujących w oczyszczanej wodzie.

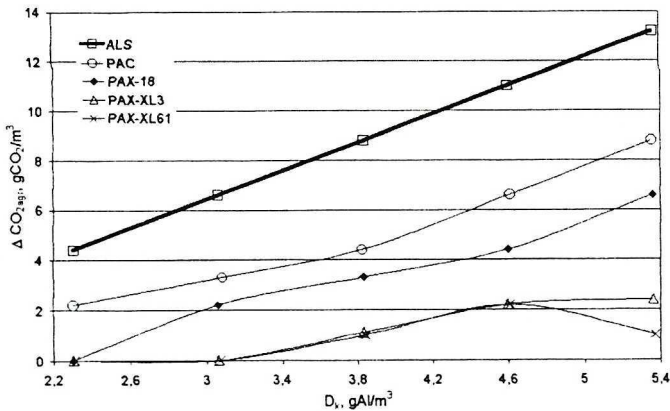


Rys. 7. Wpływ temperatury (T) oraz rodzaju koagulantu na zmniejszenie zas. M  
 Effect of temperature (T) and coagulant type on water alkalinity decreasing

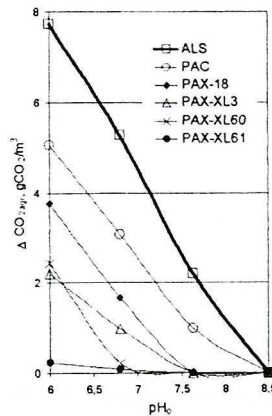
### Wzrost stężenia $\text{CO}_{2\text{agr}}$

O wzroście stężenia  $\text{CO}_2$  agresywnego decydowały rodzaj i dawka koagulantu oraz pH oczyszczanej wody. Generalnie, przyrost  $\text{CO}_{2\text{agr}}$  zwiększał się wraz z rosnącą dawką koagulantów, był odwrotnie proporcjonalny do ich alkaliczności i korelował z wartościami  $\Delta \text{pH}$  i  $\Delta \text{zas. M.}$  Największy wzrost stężenia  $\text{CO}_{2\text{agr}}$  stwierdzono w próbkach wody po koagulacji siarczanem glinu, zaś najmniejszy po oczyszczeniu wód koagulantami o największej alkaliczności (PAX-XL3 i PAX-XL61). W niektórych próbkach wody po koagulacji małymi dawkami koagulantów o alkaliczności ok. 70% nie stwierdzono wzrostu stężenia agresywnego dwutlenku węgla (Rys. 8).

Wzrost stężenia  $\text{CO}_{2\text{agr}}$  był odwrotnie proporcjonalny do wartości  $\text{pH}_0$  oczyszczanej wody (Rys. 9) i mniejszy w wyniku stosowania koagulantów wstępnie zhydrolizowanych.



Rys. 8. Wpływ dawki ( $D_k$ ) i rodzaju koagulantów na wzrost stężenia  $\text{CO}_{2\text{agr}}$   
Effect of coagulant dose ( $D_k$ ) and coagulant type on  $\text{CO}_2$  aggressive increasing



Rys. 9. Wpływ  $\text{pH}_0$  i rodzaju koagulantu na wzrost stężenia  $\text{CO}_{2\text{agr}}$   
Effect of  $\text{pH}_0$  and coagulant type on increasing of concentration of  $\text{CO}_2$  aggressive  
 $\text{pH naturalne} = 7,63$     natural  $\text{pH} = 7,63$



## Intensyfikacja agresywności korozyjnej

Wszystkie badane koagulanty intensyfikowały agresywność korozyjną oczyszczanej wody, w stopniu zależnym od ich dawki i alkaliczności. Porównanie wartości obliczonych indeksów korozyjności wykazało jednoznacznie, iż siarczan glinu powodował większy wzrost agresywności korozyjnej niż koagulanty wstępnie zhydrolizowane. Prawidłowość tę stwierdzono dla wszystkich badanych próbek wody i stosowanych dawek koagulantów. Świadczy o tym przedstawiony w tabeli 4 wpływ rodzaju koagulantu na zmianę udziału próbek wody w poszczególnych kategoriach korozyjności, określoną na podstawie wartości I, IL i IR.

Tabela 4. Wpływ rodzaju koagulantów na zmianę udziału próbek wody o różnym stopniu korozyjności  
Effect of coagulant type on the percent of water samples of a defined corrosive tendency

Stopień korozyjności wody Corrosivity	Wartości indeksu korozyjności Corrosivity indexes	Udział próbek wody, % Per cent of water samples, %					
		surowej raw	po koagulacji: after coagulation:				
			ALS	PAC	PAX-18	PAX-XL3	PAX-XL61
Stabilna Non-corrosive	$I \sim 0$	33,33	21,43	28,57	30,77	50,00	77,78
	IL = 0	42,86	0,0	0,0	2,86	5,56	18,52
	IR = 6,2÷6,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Słabo lub średnio korozyjna Low or moderately corrosive	$I \leq 1,0$	66,67	28,57	30,77	30,77	50,00	22,22
	IL = (-0,5)÷(-2,0)	57,14	82,35	88,57	88,57	88,89	81,48
	IR = 6,8÷8,5	64,29	17,76	20,29	20,29	34,33	44,44
Bardzo korozyjna Highly corrosive	$I > 1,0$	0,0	50,00	38,46	38,46	0,0	0,0
	IL = (-2,0)÷(-4,0)	0,0	17,65	8,57	8,57	5,55	0,0
	IR > 8,5	35,71	82,24	79,71	79,71	65,67	55,56

W grupie koagulantów wstępnie zhydrolizowanych zaobserwowano wyraźny wpływ ich alkaliczności na intensyfikację korozyjności wody. Wraz ze wzrostem stopnia wstępnego zhydrolizowania badanych koagulantów zmniejszała się agresywność kwasowęgłowa wód oczyszczonych taką samą dawką koagulantów.

Istotny jest również fakt, iż ze wzrostem alkaliczności koagulantów zwiększała się ich skuteczność w usuwaniu zanieczyszczeń [5]. Pozwoliło to na zmniejszenie wymaganej dawki koagulantu zapewniającej uzyskanie wymaganego stopnia eliminacji zanieczyszczeń, a tym samym na mniejszą intensyfikację agresywności korozyjnej oczyszczanej wody. Wymagane dawki koagulantów ( $D_{kw}$ ) i odpowiadające im wskaźniki jakości i korozyjności wody oczyszczonej podano w tabeli 5.

Przedstawione dane jednoznacznie wskazują, iż zastąpienie siarczanu glinu chlorkami poliglinu, szczególnie charakteryzującymi się dużą alkalicznością, pozwala zmniejszyć problem wzrostu agresywności korozyjnej wody w procesie koagulacji. Potwierdza ją to również wyniki badań przedstawione w tabeli 6.

Tabela 5. Wymagane dawki koagulantów ( $D_{kw}$ ) oraz odpowiadające im wskaźniki jakości i korozyjności wody (z rz. Odry) po koagulacji i 1 h sedimentacji [5]

Required coagulant doses ( $D_{kw}$ ), parameters of quality and corrosive tendency of the water from the Odra River after coagulation and 1 h sedimentation

Rodzaj koagulantu Coagulant type	$D_{kw}$ , gAl/m <sup>3</sup>	Wskaźniki jakości wody oczyszczonej Parameters of treated water					
		Mętność Turbidity NTU	Barwa Colour gPt/m <sup>3</sup>	Utlenialność Permanganate COD gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	Glin Aluminium gAl/m <sup>3</sup>	Indeks Langeliera Langelier saturation index	Indeks Ryznara Ryznar index
ALS	10,585	0,94	10,95	3,5	0,163	-2,10	10,67
PAC	5,293	0,99	11,65	3,8	0,120	-1,50	9,84
PAX-18	5,293	1,00	13,14	3,4	0,197	-1,37	9,64
PAX-XL3	4,234	0,89	13,62	4,0	0,167	-0,99	9,22
PAX-XL61	3,176	0,73	12,92	3,6	0,119	-0,77	8,95
Woda surowa Raw water		184,00	260,5	11,9	0,106	-0,47	8,56

Tabela 6. Wpływ rodzaju koagulantu i pH oczyszczonej wody (z rz. Odry) na skuteczność usuwania zanieczyszczeń organicznych i wartości indeksów korozyjności,  $D_k = 4,75$  g Al/m<sup>3</sup> Effect of coagulant type and pH of the water under treatment (from the Odra River) on the removal efficiency for organic pollutants and corrosivity indexes values,  $D_k = 4,75$  g Al/m<sup>3</sup>

Rodzaj koagulantu Coagulant type	pH <sub>o</sub>	Skuteczność zmniejszenia Removal efficiency of %		Wskaźnik intensywności agresywności kwasowęglowej Coefficient of corrosivity	Indeks Langeliera Langelier saturation index	Indeks Ryznara Ryznar index
		Utlenialności COD <sub>permanganate</sub>	Ogólnego węgla organicznego TOC			
ALS	6,0	30,51	22,75	6,73	-2,34	10,33
PAC	6,5	32,20	24,20	1,28	-1,35	9,18
PAX-18	6,5	33,59	24,80	1,02	-1,34	9,17
PAX-XL3	7,37	32,20	28,36	0,08	-0,665	8,38
PAX-XL61	7,37	33,90	28,55	0,08	-0,565	8,28
Woda surowa Raw water	7,37	-	-	0,08	-0,29	7,95

Obecność spolimeryzowanych form glinu – produktów hydrolizy PACl stanowi o ich dużej skuteczności w szerszym zakresie pH, niż ma to miejsce w wypadku stosowania siarczanu glinu. Jak wykazały badania (Tab. 6), do usunięcia zanieczyszczeń organicznych w procesie koagulacji siarczanem glinu w stopniu porównywalnym z uzyskanym w wyniku zastosowania takiej samej dawki pozostałych koagulantów wymagane było zakwaszenie wody przed koagulacją do pH<sub>o</sub> = 6,0. Było ono natomiast zbędne przed koagulacją chlorkami poliglinu o największej alkaliczności (PAX-XL3 i PAX-XL61), co ma istotne znaczenie w aspekcie stabilności chemicznej wody po koagulacji.

## WNIOSKI

Przeprowadzone badania wykazały, iż:

- Wszystkie badane koagulanty glinowe zwiększały agresywność korozyjną oczyszczanej wody.
- Stopień korozyjności wody po koagulacji zwiększał się wraz z rosnącą dawką stosowanych koagulantów i był odwrotnie proporcjonalny do ich alkaliczności.
- Biorąc pod uwagę wszystkie indeksy korozyjności, to z uwagi na intensyfikację agresywności korozyjnej wody przydatność koagulantów zmniejszała się zgodnie z szeregiem:

PAX-XL61 > PAX-XL3 > PAX-18 > PAC > ALS,

który odzwierciedla zmniejszającą się alkaliczność koagulantów.

- Zastosowanie, zamiast siarczanu glinu chlorków poliglinu, szczególnie o alkaliczności ok. 70%, istotnie zmniejszyło wymaganą dawkę koagulantu oraz wyeliminowało potrzebę zakwaszania wody przed koagulacją, a tym samym zmniejszyło intensyfikację agresywności korozyjnej oczyszczanej wody.

## LITERATURA

- [1] *A/S Polymer PAC-Sican Project*, Materiały Kemira Kemi, 1997.
- [2] Bottero J.Y., Axelos M., Tehoubar D., Cases J.M., Fripiat J.J., Fiessinger F.: *Mechanism of Formation of Aluminum Trihydroxide from Keggin  $Al_{13}$  Polymers*, Jour. of Colloid & Interface Science, 117, 1, 47–57 (1987).
- [3] Gomółka E., Szaynok A.: *Chemia wody i powietrza*, Wyd. PWr., Wrocław 1998.
- [4] Kowal A., Świdorska-Bróż M.: *Oczyszczanie wody*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1996.
- [5] Rak M.: *Wpływ alkaliczności koagulantów wstępnie zhydrolizowanych na ich skuteczność oraz agresywność kwasowęglową wody po koagulacji*, Praca doktorska, PWr I-15, Seria SPR 2001.
- [6] Rossum J.R., Merrill D.T.: *An evaluation of the calcium carbonate saturation indexes*, JAWWA, 75, 95–100 (1983).
- [7] Tchobanoglous G., Schroeder E.D.: *Formation of X-ray amorphous and crystalline aluminum hydroxides*, Water quality, Addison-Wesley Publishing Company Reading, 1987.
- [8] Zakłady Chemiczne "Kemipol Sp. z o.o.": *Informacja katalogowa o koagulantach PAX*, 2000.
- [9] Zakłady Chemiczne "Złotniki S.A.": *Informacja katalogowa o siarczanie glinu i koagulancji PAC*, 1999.

Wpłynęło: 19 lutego 2003, zaakceptowano do druku: 6 stycznia 2004.