

УДК 628. 33

**Филипчук В. Л., д.т.н., професор** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## **ОСОБЛИВОСТІ ФЛОТАЦІЙНОГО ОЧИЩЕННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ МЕТАЛОВМІСНИХ СТІЧНИХ ВОД**

**На підставі теоретичних розрахунків показана можливість утворення спливаючих агрегатів малорозчинних сполук важких металів при наявності у металовмісній стічній воді емульгованих домішок. Проведено аналіз умов використання напірної флотації для очищення промислових багатокomпонентних стічних вод, що містять важкі метали.**

**Ключові слова:** важкі метали, емульговані домішки, очищення стічних вод, флотація.

**Особливістю** сучасних металомістких стічних вод є багатокomпонентність складу, яка обумовлюється наявністю різноманітних органічних домішок, зокрема неполярних екстрагованих компонентів (нафтопродукти, масла, жири), розчинників, хлорованих вуглеводнів, поверхнево-активних речовин. Найбільш розповсюдженим методом очищення металовмісних стічних вод є осадження важких металів за рахунок введення різноманітних реагентів (лугів, сульфідів, фосфатів, коагулянтів, флокулянтів та спеціальних осаджувачів) [1]. Утворена завись відділяється від водної фази у відстійниках, прояснювачах із завислим шаром осаду та на фільтрах.

**При наявності** широкого кола органічних компонентів, особливо емульгованих домішок, для багатокomпонентних стічних вод характерним є утворення спливаючих агрегатів малорозчинних сполук важких металів з органічними частинками, що утруднює застосування найбільш поширених споруд для седиментації утвореної зависі відстоюванням або проясненням у шарі завислого осаду. В таких умовах для попереднього розподілу фаз більш придатним є використання флотаційних методів очищення. Однак процеси утворення флококомплексів трикомпонентної системи, яка включає завись важких металів, органічні домішки та бульбашки повітря, а також механізм їх флотації недостатньо висвітлені в наукових дослідженнях.

**Метою даної роботи** є аналіз умов застосування флотаційних методів для вилучення малорозчинних сполук важких металів під час

очищення багатокomпонентних стічних вод.

**Основною умовою** спливання агрегату з густиною  $\rho_1$ , що складається із частинок малорозчинних сполук металів густиною більше густини води  $\rho_0$  і частинки густиною менше густини води, є умова:

$$\rho_1 < \rho_0. \quad (1)$$

Для агрегату, що складається із  $n_q$  частинок, що осаджуються, густиною  $\rho_q$ , та  $n_m$  частинок із густиною  $\rho_m$  без обліку маси і об'єму води, яка знаходиться між частинками, густину  $\rho_1$  можна визначити

$$\rho_1 = \frac{n_q + n_m}{V_q + V_m}, \quad (2)$$

де  $n_q$  і  $V_q$  – відповідно маса і об'єм частинок густиною  $\rho_q$  в агрегаті;  $n_m$  і  $V_m$  – відповідно маса і об'єм частинок густиною  $\rho_m$  в агрегаті.

Умовно вважаючи, що в стічних водах знаходяться монодисперсні частинки, то в загальному вигляді можна визначити:

$$\text{– масу частинок в агрегаті} \quad m = \frac{n \cdot c \cdot w}{N}, \quad (3)$$

де  $c$  – концентрація частинок густиною  $\rho_q$ ;  $N$  – кількість частинок у стічній воді;  $w$  – об'єм стічної води.

$$\text{– об'єм частинок в агрегаті} \quad V = \frac{n \cdot c \cdot w}{\rho_q \cdot N}, \quad (4)$$

де  $N$  – кількість частинок густиною  $\rho_m$  у стічній воді;  $w$  – об'єм однієї частинки густиною  $\rho_q$

$$\text{– кількість частинок у стічній воді} \quad N = \frac{c \cdot w}{\rho_q \cdot \omega}, \quad (5)$$

де  $\omega$  – об'єм однієї частинки густиною  $\rho_q$ .

Підставляючи у формулу (1) значення формул (3–5) можна визначити величину густини агрегату  $\rho_1$

$$\rho_1 = \frac{\rho_m \left( 1 + \frac{n}{n_0} \frac{\omega_q}{\omega_m} \frac{\rho_q}{\rho_m} \right)}{1 + \frac{n}{n_0} \frac{\omega_q}{\omega_m}}. \quad (6)$$

Застосовуючи безрозмірний критерій у формулі (6) у такий спосіб

$$K_1 = \frac{n_0}{n} \frac{c_0}{c} \frac{N}{N_0}, \quad (7)$$

отримаємо

$$\rho_1 = \frac{\rho_q (1 + K_1)}{1 + K_1 \cdot \frac{\rho_q}{\rho_m}} \quad (8)$$

Виходячи із залежності

$$\rho_0 - \rho_1 > 0, \quad (9)$$

можна прийняти безрозмірний фактор флотуємості  $\Phi$  [2], як

$$\Phi = \frac{\rho_0}{\rho_1} > 1, \quad (10)$$

Підставляючи залежності (7–8) у нерівність (9) одержимо:

$$\Phi_a = \frac{\rho_0 (1 + K_1 \frac{\rho_q}{\rho_m})}{\rho_q (1 + K_1)} > 1. \quad (11)$$

На рис. 1 наведена номограма для розрахунку безрозмірного критерію  $\Phi_a$  в залежності від величини критерію  $K_1$  для різних значень  $\rho_q$  і  $\rho_m$  при  $\rho_0 = 1 \text{ г/см}^3$ .

Виконані розрахунки показують, що при наявності в стічних водах маслопродуктів, жирів, нафтопродуктів та інших емульгованих частинок із густиною менше густини води і частинок більше густини води можуть утворюватися агрегати, здатні спливати, при дотриманні наступних умов:

– для частинок із густиною близької до густини води досить, щоб концентрація емульгованих частинок у стічних водах була в 2–10 разів менше, ніж самих частинок. При цьому навіть з важкими емульгованими частинками ( $\rho_m \approx 0,9 \text{ г/см}^3$ ) можливе утворення спливаючих агрегатів.

– для частинок густиною значно більше густини води необхідно, щоб концентрація емульгованих частинок перевищувала концентрацію самих частинок. Можливий також випадок, що тільки частина частинок у стічних водах утворюють агрегати з емульгованих частинками. Тоді спливання таких агрегатів буде відбуватися, якщо маса емульгованих частинок в агрегатах буде у 2–10 разів більше маси самих частинок. При цьому чим більша густина частинок  $\rho_m$  і  $\rho_m$ , тим більше повинне бути значення  $K_{1\text{мін}}$ , при перевищенні якого відбувається спливання агрегатів. Для частинок із густиною, близької до густини води,  $K_{1\text{мін}}$  може бути менше 1, а для важких частинок  $K_{1\text{мін}}$  завжди більше 1.

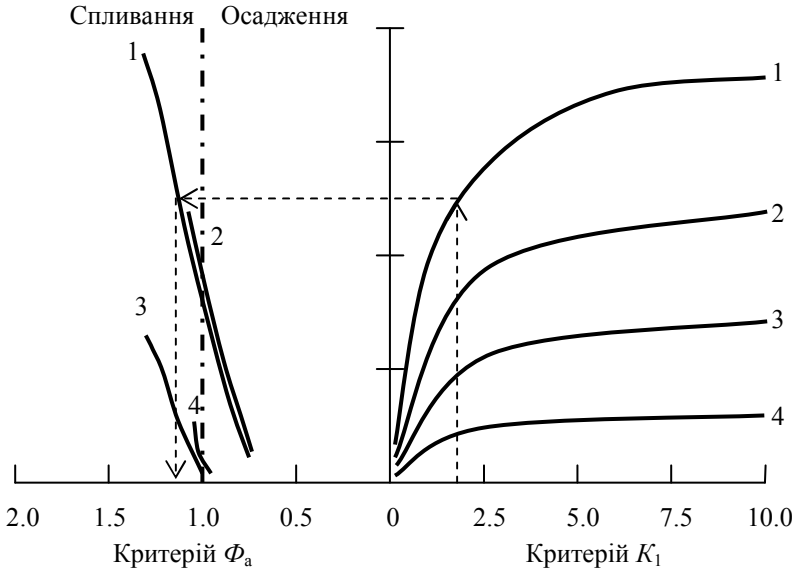


Рис. 1. Номограма для розрахунку критерію  $\Phi_a$  по критерію  $K_1$  при  $\rho_0 = 1 \text{ г/см}^3$  для агрегатів з частинок густиною  $\rho_i = 1,5 \text{ г/см}^3$  і  $\rho_m = 0,75 \text{ г/см}^3$  (1),  $\rho_i = 1,5 \text{ г/см}^3$  і  $\rho_m = 0,9 \text{ г/см}^3$  (2),  $\rho_i = 1,05 \text{ г/см}^3$  і  $\rho_m = 0,75 \text{ г/см}^3$  (3),  $\rho_i = 1,05 \text{ г/см}^3$  і  $\rho_m = 0,3 \text{ г/см}^3$  (4)

У випадку  $K_1 < 1$  для спливання агрегату досить, щоб у ньому маса частинки густиною  $\rho_m$  була менше маси частинки густиною  $\rho_i$ . Ця умова може бути застосовне для частинки густиною близької до густини води. Для спливання важкої частинки, коли  $K_1 > 1$ , необхідно, щоб маса частинки густиною  $\rho_m$  була обов'язково більше маси частинки густиною  $\rho_i$ .

Найбільшу густину до густини води мають частинки гідроксидів металів. Наприклад, густина частинок гідроксиду алюмінію у воді складає  $1,0012 \text{ г/см}^3$ , гідроксиду заліза (II) –  $1,0061 \text{ г/см}^3$ , гідроксиду заліза (III) –  $1,0028 \text{ г/см}^3$  [3]. Знаючи густину і об'єм частинки, нескладно визначити її масу. Однак для гідроксидних частинок розрахунковим шляхом обчислити об'єм досить складно через їх пластівчасту форму. Тому для визначення умов спливання гідроксидних частинок скористаємося експериментальними даними по швидкості їхнього осадження: гідроксид алюмінію –  $0,07 \text{ см/с}$ ; гідроксид заліза (II) –  $0,125 \text{ см/с}$ ; гідроксид заліза (III) –  $0,21 \text{ см/с}$  [3].

Частинка гідроксиду буде спливати тоді, коли вона утворить агрегат з частинкою, що має швидкість підйому більше швидкості осадження гідроксидної частинки. Діаметр такої частинки може бути визначений після перетворення відомої формули Стокса [4]:

$$D_m = \sqrt{\frac{18 U_m \mu}{(\rho_0 - \rho_c) g}}, \quad (12)$$

де  $U_m$  – швидкість підйому частинок густиною менше густини води, мм/с;  $\mu$  – динамічний коефіцієнт в'язкості води, г/см·с;  $g$  – прискорення сили ваги, мм/с<sup>2</sup>.

У таблиці 1 наведені розрахункові діаметри частинок густиною менше густини води, що спливають із заданою швидкістю.

Аналіз результатів розрахунку, приведених у таблиці 2 показує, що для спливання гідроксидних частинок достатньою умовою є прилипання до однієї частинки хоча б однієї краплі емульгованих домішок (нафтопродуктів, олій, жирів) крупністю 60–300 мкм. Тому при застосуванні перед відстоюванням стічної води нафтовловлювачів (масловловлювача, жироловки) імовірність спливання гідроксидних частинок значно зменшується, оскільки в нафтовловлювачах віддаляються практично всі краплі крупніше 100 мкм.

Таблиця 1

Діаметри частинок різної густини, що спливають із заданою швидкістю ( $\mu=0.01$  г/см·с;  $g=9.81$  мм/с<sup>2</sup>)

Густина частинки ( $\rho_m$ , г/см <sup>3</sup> )	Діаметр частинок ( $D_m$ , мкм), що спливають зі швидкістю, мм/с				
	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25
0,75	60	85	105	120	135
0,80	68	95	117	135	160
0,85	78	110	135	156	175
0,90	95	135	165	190	214
0,95	135	190	232	268	300

Виробничі дослідження очистки металомістких багатокомпонентних стічних вод підтвердили наведені вище розрахунки. Так, при постійному або періодичному скиді у металомісткі стічні води нафтопродуктів, масел, а також ПАР, мил, деяких органічних речовин спостерігалась нестабільність відстоювання і значний винос із відстійників завислих частинок, концентрація яких досягала 150–300 мг/л. Навіть при зниженні висхідних швидкостей потоку води у вертикальному відстійнику до 0,2–0,3 мм/с не вдалось досягти стабільного відстоювання. Застосування у цьому випадку флокулянтів не дало відчутного ефекту,

а у ряді випадків навіть спостерігалось утворення великих флокул за висі, які швидко спливали на поверхню води. Тому ще більш неефективним виявилось застосування прояснювачів із завислим шаром осаду. Ці споруди працювали вкрай нестабільно, постійно спостерігалось руйнування завислого осаду, великий винос завислих частинок навіть при малих (0,3–0,4 мм/с) швидкостях руху води.

Основними завданнями флотації є досягнення високої ефективності очищення стічних вод від зависі та отримання флотаційного шламу низької вологості, що дозволяє відмовитись від його додаткового ущільнення і кондиціювання та підвищити продуктивність зневоднюючого обладнання.

Для визначення оптимального часу процесу флотації можна використати залежність між тривалостями осадження зависі у відстійнику та накопичення й ущільнення в ньому осаду, наведену в [3], для чого запишемо її у вигляді:

$$\frac{t_{\phi}}{T_{\phi л}} = \frac{W_{\phi}}{W_{\phi л}} \frac{100 (C_0 - C)}{(100 - B_{\phi}) \rho}, \quad (13)$$

де  $t_{\phi}$  – тривалість флотаційного розподілу фаз, год;  $T_{\phi л}$  – тривалість накопичення та ущільнення флотаційного шламу, год;  $W_{\phi}$  – об'єм зони флотаційного розподілу, м<sup>3</sup>;  $W_{\phi л}$  – об'єм зони накопичення та ущільнення флотаційного шламу м<sup>3</sup>;  $B_{\phi}$  – середня вологість флотаційного шламу, %;  $C_0$  – концентрація зависі у вихідній воді;  $C$  – концентрація зависі в очищеній воді;  $\rho_{\phi}$  – густина агрегатів зависі, г/м<sup>3</sup>.

В таблиці 2 наведені розраховані значення співвідношення  $t_{\phi}/T_{\phi л}$  в залежності від  $(C_0 - C)$  і  $B_{\phi}$  при  $W_{\phi}/W_{\phi л} = 5$  і  $\rho_{\phi} = 10^6$  г/м<sup>3</sup>. Звідси, приймаючи тривалість накопичення і ущільнення флотаційного шламу  $T_{\phi} = 2-3$  год, можна обчислити потрібну тривалість процесу флотації в залежності від концентрації малорозчинних сполук важких металів в стічних водах.

Таблиця 2

Значення  $t_{\phi}/T_{\phi л}$  в залежності від  $(C_0 - C)$  і  $B_{\phi}$

Вологість, %	Значення $(C_0 - C)$ , г/м <sup>3</sup>				
	500	1000	1500	2000	3000
95,0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,3
94,0	0,041	0,083	0,124	0,167	0,25
93,0	0,035	0,071	0,106	0,14	0,21

З іншої сторони, тривалість флотаційного розподілу залежить від швидкості спливання флококомплексів, яку у горизонтальних флотаторах можна визначити таким чином:

$$t_{\phi} / = \frac{h_{\phi}}{3.6 \kappa_{\phi} U_{\phi}}, \text{ год}, \quad (14)$$

де  $h_{\phi}$  – висота зони флотаційного розподілу, м;  $\kappa_{\phi}$  – коефіцієнт об'ємного використання зони флотаційного розподілу,  $\kappa_{\phi} = 0,7-0,8$ ;  $U_{\phi}$  – розрахункова швидкість спливання флоатокомплексів, мм/с;  $V_{cp}$  – середня швидкість низхідного потоку води у вертикальному флотаторі, мм/с.

В таблиці 3 наведена розрахункова залежність тривалості флотації від швидкості спливання флоатокомплексів і висоти зони флотаційного розподілу для горизонтальних флотаторів при  $\kappa_{\phi} = 0,8$ .

Таблиця 3

Залежність тривалості флотаційного розподілу ( $t_{\phi}$ ) від швидкості спливання флоатокомплексів ( $U_{\phi}$ ) і висоти зони розподілу ( $h_{\phi}$ )

Висота зони розподілу, м	Швидкість спливання флоатокомплексів, мм/с				
	0,2	0,5	1,0	1,5	2,0
1,0	1,74	0,69	0,35	0,23	0,17
1,5	2,51	1,04	0,52	0,35	0,25
2,0	3,48	1,39	0,7	0,46	0,34

Для оцінки факторів, які суттєво впливають на вологість флотаційного шламу підставимо у формулу (13) формулу (14). В результаті отримаємо значення вологості флотаційного шламу для горизонтальних флотаторів

$$B_{\phi} = 100 - \frac{W_{\phi}}{W_{\phi l}} \frac{3.6 \kappa_{\phi} U_{\phi} T_{\phi}}{h_{\phi}} \frac{100 (C_0 - C)}{\rho}, \quad (15)$$

Аналіз формули (15) показує, що при заданих габаритах флотатора ( $W_{\phi}$ ,  $W_{\phi l}$ ,  $h_{\phi}$ ), вихідної концентрації домішок ( $C_0$ ) та тривалості накопичення і ущільнення флотошламу ( $T_{\phi l}$ ) вологість шламу зменшується із збільшенням швидкості спливання флоатокомплексів.

Визначимо умови, які найбільш суттєво впливають на швидкість спливання флоатокомплексів. У відповідності з [4] ця швидкість при ламінарному режимі руху флоатокомплексів визначається:

$$U_{\phi} = \frac{\varphi D^2 n^{2/3} \rho_a^{2/3} \rho_0^{1/3} (\Phi - 1) g}{18 \mu \Phi^{1/3}}, \text{ мм/с}, \quad (16)$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт форми флоатокомплексу;  $\Phi$  – фактор флотуємості.

Спливання флоатокомплексу проходить при  $\Phi > 1$ , при  $\Phi = 1$  флоатоконплекс нерухомий, при  $\Phi < 1$  – осаджується. Відповідно до [5] фактор флотуємості для сукупності монодисперсних частинок може бути

визначений по одній з наступних залежностей:

$$\Phi = \rho_0 \left( \frac{1}{\rho_c} + \alpha \Gamma \right), \quad (17)$$

$$\Phi = \rho_0 \left( \frac{1}{\rho_c} + \alpha \frac{q_0}{C_0 - C} \right), \quad (18)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт корисного використання флотуючого газу;  $\Gamma$  – питома витрата газу (об'єм газу на одиницю обробленої рідини);  $q_0$  – об'ємна витрата газу (об'єм газу на одиницю обробленої рідини).

Отже, збільшення швидкості спливання флотокомплексів і відповідно зменшення вологості флотаційного шламу відбувається із підвищенням витрати газу. Знайдемо умови, які є достатніми для початку флотаційного процесу. Для цього необхідно, щоб фактор флотуємості був більшим 1. Тоді

$$\Gamma > \frac{\rho_c - \rho_0}{\alpha \rho_c \rho_0}, \quad (19)$$

$$q_0 > \frac{(\rho_c - \rho_0)(C_0 - C)}{\alpha \rho_c \rho_0}. \quad (20)$$

Ламінарний режим спливання флотокомплексів, для якого можуть використовуватись формули (6–10), характерний для флотації мілкими бульбашками, тобто для напірної флотації. Тоді враховуючи залежності, наведені в [5], при її використанні об'ємна витрата повітря складає:

$$q_0 = k_n k_c k_z P_n, \text{ м}^3/\text{м}^3, \quad (21)$$

де  $P_n$  – тиск, що створюється насосом, МПа;  $k_z$  – коефіцієнт розчинності повітря (коефіцієнт Генрі), що залежить від температури;  $k_c$  – коефіцієнт ефективності роботи сатуратора (для сатуратора барботажного типу  $k_c = 0,16\text{--}0,35$ , зі струменевою аерацією  $k_c = 0,7\text{--}0,9$ , з насадкою із кілець Рашига  $k_c = 0,95\text{--}1,0$ );  $k_n$  – коефіцієнт, що враховує втрати напорю води до сатуратора ( $k_n = 0,9\text{--}0,95$ ) [3].

Формули (20, 21) можуть бути застосовані для розрахунку різних схем напірної флотації, варіанти та умови використання яких для очищення багатокомпонентних металомістких стічних вод, наведені на рисунку 2. При малих концентраціях важких металів та близьких рН їх гідратування можуть бути застосовані схеми з прямим насиченням повітрям всієї (або частково) вихідної стічної води або з рециркуляцією частини очищеної стічної води.



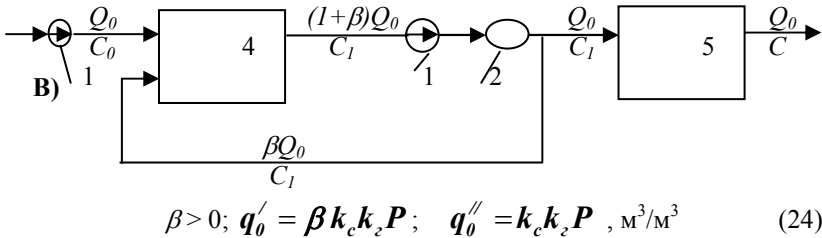
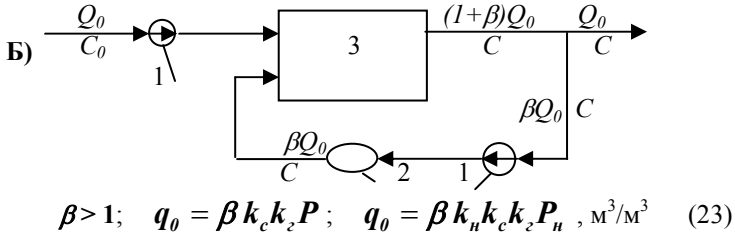
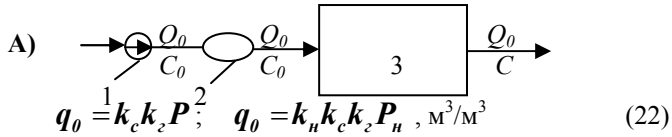
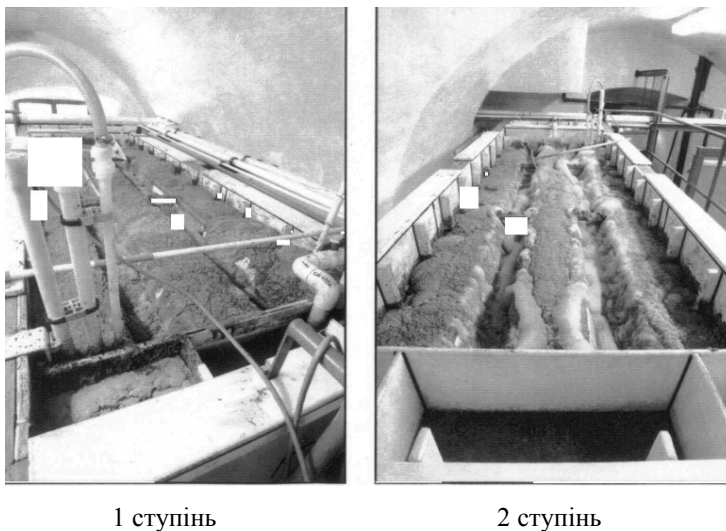


Рис. 2. Схеми очищення стічних вод з важкими металами напірною флотацією: А – пряма напірна флотація; Б – з рециркуляцією очищеної води; В – двоступенева з насиченням частково очищеної води; 1 – насос, 2 – сатуратор, 3 – флотатор, 4 – флотатор першого ступеня, 5 – флотатор другого ступеня, 6 – флотатор третього ступеня. Умовні позначення до рисунку:  $\gamma$  – коефіцієнт розподілу потоку;  $\beta$  – коефіцієнт рециркуляції;  $q_0'$  – об'ємна витрата газу на першому ступені;  $q_0''$  – об'ємна витрата газу на другому ступені тощо;  $Q_0$  – витрата стічної води

При наявності важких металів з різними рН гідратуотворення та їх високими концентраціями більш доцільним є застосування багатоступеневих схем напірної флотації. Це пов'язано з тим, що такі схеми дозволяють проводити селективне вилучення важких металів та супутніх домішок шляхом регулювання величини рН на кожному ступені та ступеневого введення реагентів (рис. 3).



1 ступінь

2 ступінь

Рис. 3. Двоступеневий флотатор для очищення стічних від важких металів з різними рН осадження: 1 ступінь – для флотації гідроксидів цинку при рН 7,5–8,0; 2 ступінь – для флотації гідроксидів нікелю при рН 9,5–10,0

Крім того, вони більш ефективні при очищенні концентрованих стічних вод, оскільки на наступних ступенях очищення початкова концентрація важких металів менше, ніж на попередніх. Із них найбільш доцільними є двоступеневі схеми напірної флотації, серед яких переваги мають схеми з насиченням повітрям частково очищеної води. Їх перевага полягає в тому, що при однаковій порівняно з іншими 2-х ступеневими схемами об'ємній витраті газу (повітря) останній ступінь флотації функціонує при меншому гідравлічному навантаженні, що дозволяє зменшити об'єм флотаторів.

Потрібно відмітити, що промислова експлуатація флотаційного очищення багатоконпонентних металомістких вод показали наступне. При напірній флотації найбільш ефективно вилучення малорозчинних сполук металів протікає в тому випадку, якщо подача рециркуляційної стічної води, насиченої повітрям, відбувається в зону їх утворення, тобто безпосередньо після введення реагентів. В цьому випадку ступінь вилучення завислих частинок складає в середньому 75–90%. Якщо рециркуляційна стічна вода подається у стічну воду, в якій сформовані малорозчинні сполуки металів, то їх флотація протікає неефективно. Ступінь вилучення зависі в цьому випадку досягає тільки 30–40%. Зокрема, це спостерігається під час подачі на флотацію промив-

ної води механічних фільтрів, в якій знаходиться завесь сполук важких металів. Навіть при прямому насиченні промивної води повітрям у сатураторі флотація зависі протікає мляво, що призводить до зниження ефективності роботи механічних фільтрів, які використовуються для доочищення стічної води після флотаторів.

**Таким чином**, при наявності у металовмісних стічних водах органічних компонентів, особливо емульгованих домішок, характерним є утворення спливаючих агрегатів малорозчинних сполук важких металів. В таких умовах для попереднього розподілу фаз більш придатним є використання флотаційних методів очищення. Для підвищення ефективності роботи флотаторів та зменшення вологості флотаційного шламу під час очищення стоків, необхідно підвищувати об'ємну витрату газу, від якої істотно залежить швидкість спливання флококомплексів. При напірній флотації це можна досягти шляхом максимального насичення в сатураторі рециркуляційної очищеної стічної води та використанням багатоступеневих схем флотації.

**1.** Филипчук В. Л. Супутнє вилучення органічних домішок при очистці металомістких стічних вод / В. Л. Филипчук // Збірник наукових праць Кіровоградського ДТУ. – Кіровоград, 2002. – Вип. 11. – С. 274–282. **2.** Анопольский В. Н., Рогов В. М., Швороб В. А. Некоторые закономерности всплывания флококомплексов в неподвижной жидкости при их ламинарном движении // Химия и технология воды, 1981. – Т. 3, № 1. – С. 10–15. **3.** Кургаев Е. Ф. Осветлители воды. – М. : Стройиздат, 1977. – 192 с. **4.** Ромашков П. Г., Курочкина М. И. Гидромеханические процессы химической технологии. – Л. : Химия, 1982. – 288 с. **5.** Анопольский В. Н., Рогов В. М., Курилюк М. С. Энергоемкость процессов флотационной водоочистки // Химия и технология воды, 1988. – Т. 10, № 3. – С. 246–250.

Рецензент: д.т.н., професор Ткачук О. А. (НУВГП, м. Рівне)

---

**Fylypchuk V. L., Doctor of Engineering, Professor** (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

## **PECULIARITIES OF FLOTATION TREATMENT OF MULTI-COMPONENT METAL-CONTAINING WASTEWATER**

**On the basis of theoretical calculations the possibility of formation of surface aggregates of lowly dissolved compounds of heavy metals at availability of emulgated impurities in wastewater is shown. The analysis of conditions of pressure flotation use for industrial**

**multicomponent wastewater treatment containing heavy metals is conducted.**

**Keywords:** heavy metals, emulsified impurities, waste water treatment, flotation.

---

**Филипчук В. Л., д.т.н., профессор** (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

### **ОСОБЕННОСТИ ФЛОТАЦИОННОЙ ОЧИСТКИ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ МЕТАЛЛОСодержаЩИХ СТОЧНЫХ ВОД**

На основании теоретических расчетов показана возможность образования всплывающих агрегатов малорастворимых соединений тяжелых металлов при наличии в металлосодержащей сточной воде эмульгированных примесей. Проведен анализ условий использования напорной флотации для очистки многокомпонентных сточных вод, содержащих тяжелые металлы.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, эмульгированные примеси, очистка сточных вод, флотация.

---