



УКРАЇНА

(19) UA (11) 45347 (13) U
(51) МПК (2009)
C02F 1/46

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

1

(21) u200904539

(22) 07.05.2009

(24) 10.11.2009

(46) 10.11.2009, Бюл. № 21, 2009 р.

(72) МОВЧАН СЕРГІЙ ІВАНОВИЧ

(73) ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНО-
ЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(57) 1. Спосіб очищення стічних вод гальванічного виробництва, що здійснюють відпрацьованим миючим розчином процесу нанесення гальванічного покриття, який **відрізняється** тим, що відпрацьований миючий розчин містить у собі домішки хімічних компонентів: ПАР, пірофосфат натрію ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), триполіфосфат натрію ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) та соду кальциновану (Na_2CO_3) із загальною концентрацією 50...100 мг/дм³, а електроліз проводять з питомими витратами електричного струму у межах 100...600 Кл/м³.

2

2. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що відпрацьований миючий розчин містить домішки хімічних компонентів: ПАР, пірофосфат натрію ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), триполіфосфат натрію ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) та соду кальциновану (Na_2CO_3) із загальною концентрацією 50...100 мг/дм³, а електроліз проводять з питомими витратами електричного струму в межах 600...4000 Кл/м³.

3. Спосіб за п. 1, який **відрізняється** тим, що відпрацьований миючий розчин містить домішки хімічних компонентів, які використовують в кількості, що забезпечує співвідношення хімічних компонентів розчину та шестивалентного хрому, які знаходяться у стічних водах на рівні, який встановлено у наступному співвідношенні:

$\text{Cr}^{6+}:\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}:\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7:\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{Na}_2\text{CO}_3$
=1:(0,15...0,5):(0,15...0,5):(0,05...0,5):(0,05...0,5).

Корисна модель відноситься до галузі хімічного та фізико - хімічного очищення, а саме знешкодження стічних вод гальванічних відділень промислових підприємств, які містять у собі іони важких металів і може бути використана для обробки стічних вод промислових підприємств та інших галузей підготовки води в системах оборотного водопостачання.

Відомі способи очищення стічних вод від іонів хрому [А. с. СССР № 1730045 МКИ С 02 F 1/46, 1992 та А. с. СССР № 1730046 МКИ С 02 F 1/46, 1992], які передбачають проведення електрофло-токоагуляції з використанням домішок хімічних компонентів, які містяться у відпрацьованому миючому розчині. Причому, обробку стічних вод гальванічного виробництва проводять із загальною концентрацією 50 ... 100 мг/дм³ у два етапи: на першому етапі питомі втрати електрики знаходяться в межах 100 ... 600 Кл/дм³, а на другому - 600 ... 4000 Кл/дм³.

Недоліком означених способів є низька ефективність очищення стічних вод гальванічного виробництва за малою концентрацією іонів важких металів, наприклад, цинку, міді тощо.

Як найближчий аналог, обрано спосіб очищення стічних вод гальванічного виробництва

промислових підприємств, які містять у собі хром [Патент України на корисну модель № 9877, МКП⁷ С 02 F 1/46. Спосіб обробки стічних вод гальванічного виробництва промислових підприємств /С.І.Мовчан - Опубл. Бюл. № 10]. Обробка стічних вод гальванічного виробництва відбувається за рахунок змішування стічної води з розчином електроліту, де електроліз проводять з використанням сталевих розчинених електродів та напірною фло-тацією, а в стічну воду добавляють розчин електроліту, що містить у собі піро-фосфат натрію ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) метасилікат натрію (Na_2SiO_3), сода кальцинована (Na_2CO_3) триполіфосфат натрію ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) із загальною концентрацією 50...100 мг/дм³ та питомими витратами електрики 100...600 Кл/дм³. При цьому у якості розчину електроліту використовують відпрацьований миючий розчин процесу нанесення гальванічного покриття у кількості, яке забезпечує певне співвідношення компонентів цього розчину до шестивалентного хрому, що міститься у стічних водах гальванічного виробництва на відповідному рівні:

$\text{Cr}^{6+}:\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7:\text{Na}_2\text{SiO}_3:\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} = 1:(0,05...0,5):(0,05...0,5):(0,25...2,5):(0,15...1,5)$.

Недоліком зазначеного способу є використання у якості одного з компонентів відпрацьованого

(19) UA (11) 45347 (13) U

миючого розчину метасилікату натрію (Na_2SiO_3). Відомо, що силікати натрію - це солі кремнієвої кислоти із загальною формулою $m \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot n \cdot \text{SiO}_2$. Технічно чисті силікати класифікуються відповідно величини відношення $\text{Na}_2\text{O}:\text{SiO}_2$, яка має назву модуля. Він може змінюватися, у зв'язку з чим змінюється й властивості силікату. Для очищення поверхонь металів велике значення мають наступні компоненти у наступному співвідношенні: ортосилікат натрію (2:1), метасилікат натрію (1:1) і рідинні форми силікату (наприклад, рідке скло) у відношеннях від 1:2 до 1:3,2.

Водні розчини силікату натрію гідролізуються відповідно наступного рівняння: $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{OH}^- + \text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, внаслідок чого їх розчини мають лужну реакцію. Найбільш лужним розчином є метасилікат натрію $\text{Na}_2\text{O} \cdot \text{SiO}_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$. У разі пониження відносної лужності силікати приймають більш колоїдну форму, посилюється їх інгібіруюча дія й протикорозійна дія. Поряд з гідроксильними йонами при гідролізі силікатів лужних металів утворюється кремнієва кислота в колоїдному стані, котра практично нерозчинена у воді й знаходиться в розчині в завислому стані. Встановлено, що колоїдна кременева кислота має ефективні властивості диспергуючої здібності до усіх видів забруднювачів, а також стабілізує їх в обсязі об'єму розчину, впливаючи як на метал, що обробляється, так і на забруднення, що необхідно нейтралізувати.

В основу корисної моделі покладена задача удосконалення способу обробки стічних вод гальванічного виробництва за рахунок використання розчина електроліту, до складу якого входить пірофосфат натрію разом з поверхнево - активними речовинами та іншими хімічними компонентами, у визначеному їх співвідношенні до шестивалентного хрому, що дозволяє позитивно впливати на процес очищення і нешкодження виробничих стічних вод гальванічних відділень.

Поставлена задача вирішується тим, що, у способі очищення стічних вод гальванічного виробництва, що здійснюють відпрацьованим миючим розчином який утворився від процесу нанесення гальванічного покриття, за рахунок змішування стічних вод з розчином електроліту, а електроліз ведуть з використанням сталевих електродів і напірною флотацією, згідно корисної моделі відпрацьованим миючим розчином, до розчину електроліту входять наступні хімічні компоненти: ПАР : триполіфосфат натрію ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$), пірофосфат натрію ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) та сода кальцинована (Na_2CO_3), із загальною концентрацією в межах 50...100 мг /дм³, а електроліз проводять з питомими витратами електричного струму, які знаходяться, в першому випадку, в межах 100...600 Кл/м³ і 600 ... 4000 Кл/м³ - в другому випадку.

Поставлена задача вирішується також тим, що відпрацьований миючий розчин, що містить хімічні домішки в кількості, яке забезпечує співвідношення хімічних компонентів миючого розчину до шестивалентного хрому, яке встановлено у наступному їх співвідношенні:

$\text{Cr}^{6+}:\text{ПАР}:\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7:\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} = 1:(0,15...0,5):(0,15...0,5):(0,05...0,5):(0,05...0,5).$

Використання вище означених хімічних компонентів відпрацьованого миючого розчину, у такій послідовності та співвідношенні до шестивалентного хрому пов'язано із наступними перевагами та позитивним впливом речовин, які мають місце у разі використання хімічних компонентів реагенту у такому співвідношенні та складі.

По - перше, використання компонентів відпрацьованого миючого розчину пов'язане зі збільшенням диспергуючої здатності та дії на забруднення, а також суттєвим впливом на процес обробки та нейтралізації стічних вод які містять у собі йони важких металів.

По - друге, додаючи невеличкі домішки хімічних компонентів відпрацьованого миючого розчину разом із збільшенням температури підвищується транспортує швидкість скоагульованих забруднень до пінного шару та випадку осадів, що сприяє ефективності очищення стічних вод гальванічного виробництва.

Також необхідно відзначити, що зі збільшенням диспергуючого впливу на забруднення, а також суттєвим впливом на процес обробки, очищення і нейтралізації відпрацьованим миючим розчином виробничих стічних вод які містять у собі хром.

Таким чином, запропонований спосіб, суттєво відрізняється від найближчого аналогу і вирішує поставлену задачу, а саме зменшує кількість осадів, шламів і час обробки стічних вод, що підвищує ступень та ефективність процесу очищення та суттєво впливає на процес обробки та нейтралізації стічних вод, які містять у собі йони важких металів.

Заявлений спосіб реалізується наступним чином.

У якості високоефективних відпрацьованих миючих розчинів застосовують з'єднання з неорганічної солі, які набувають поширення для обробки різновидів стічних вод гальванічного виробництва промислових підприємств. Це пов'язано з тим, що при використанні ПАР, вони застосовують для очищення дуже сильно забруднених поверхонь, але при цьому неможливо отримати високоякісні синтетичні миючі розчини без введення активних добавок.

Складні форми фосфатів (триполі - та пірофосфатів) зв'язують солі кальцію, магнію та заліза (що визначає загальну жорсткість розчину) у розчинений комплекс, а це у свою чергу впливає на фізико - хімічні властивості відпрацьованого миючого розчину.

Для підвищення ступеню очистки стічних вод гальванічного виробництва, зменшенню обсягу шламу використовують, в якості миючого розчину, відпрацьований миючий розчин, який утворився від процесу нанесення гальванічного покриття в кількості, що забезпечує співвідношення хімічних компонентів до шестивалентного хрому в межах, які знаходяться у співвідношенні та кількості, що визначається наступною умовою:

$\text{Cr}^{6+}:\text{ПАР}:\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7:\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10} = 1:(0,15...0,5):(0,15...0,5):(0,05...0,5):(0,05...0,5).$

Диспергуюча здібність відпрацьованого миючого розчину пов'язана з його можливістю утримувати забруднення за рахунок використання при їх обробки складних форм фосфатів.

При обробці стічних вод, які містять у собі невеличкі домішки: трипо-ліфосфат натрію ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$), пірофосфат натрію ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), метасилікат натрію (Na_2SiO_3) та кальцинованої соди (Na_2CO_3) разом зі збільшенням температури підвищується транспортуюча швидкість скоагулювання забруднень до пінного шару.

Склад відпрацьованого миючого розчину неоднаково впливає на диспергуючу дію в наслідок нерівномірної можливості утримувати забруднення, що пов'язано з підвищенням забруднення самого водного розчину.

Складні форми фосфатів, маючи валентність аніонів, суттєво впливають на міцелярну структуру та інші властивості водних розчинів, а це, у свою чергу, призводить до підвищення очищаючої дії відпрацьованого миючого розчину.

Невеличкі домішки: ПАР, пірофосфат натрію ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), соди кальцинованої (Na_2CO_3) та триполіфосфат натрію ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$), зв'язують солі кальцію, магнію та заліза, які взагалі визначають жорсткість розчину, в розчинений комплекс. Піптезуя та диспергую у водних розчинах частинки твердих забруднень зазначені компоненти призводять у свою чергу до зменшення пасивацію електродної системи твердими частинками гідроксидів хрому та заліза, що підвищує ступінь очищення стічних вод та ефективність процесу обробки. Це також призводить до раціонального використання води у зворотних системах промислових підприємств з використанням електрохімічних способів обробки стічних вод.

Добавки, які використовують у якості реагенту, сорбуються та руйнуються у разі коагуляції тривалентного хрому та заліза.

Підвищенню ступеню очищення стічних вод гальванічного виробництва, які містять у собі іони важких металів, сприяє ефективність процесу флоатації, яка досягається зменшенням розмірів

пухирців газового середовища, підвищення швидкості їх транспортування, збільшення концентрації газової фази за рахунок розкладання кальцинованої соди, підвищення гідробності поверхні гідроксидів та іншими ознаками.

Загальна концентрація компонентів, яку вводять в стічну воду, що обробляється і містить у собі триполіфосфат натрію ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$), пірофосфат натрію ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), метасилікат натрію (Na_2SiO_3) та сода кальцинована (Na_2CO_3), повинна знаходитись у межах 50...100 мг/дм³.

При обробці стічних вод гальванічного виробництва розчином менш ніж 50 мг/дм³ спосіб не дозволяє отримати високу ступінь очищення від іонів важких металів хрому та заліза. Внаслідок того, що зменшується ефективність процесу флоатації гідроксидів іонів важких металів, знижується показник рН утворення гідратів гідроксидів, збільшення кількості великих пухирців газового середовища.

Крім того, у стічні води, які містять у собі іони важких металів дозується відпрацьований миючий розчин, який використовується вдруге і може технологічно утворюватися на цьому ж підприємстві, для підвищення ступеню очистки, а також для руйнування утворених гідроксидів заліза та хрому.

При обробці стічних вод гальванічного виробництва, які містять у собі іони важких металів з загальною концентрацією більш ніж 100 мг/дм³, відбувається збільшення обсягу пінного продукту при флоатаційному освітленні стічних вод, а також неповне руйнування відпрацьованого миючого розчину при електрохімічній обробці стічних вод, що призводить до збільшення часу обробки стічних вод.

Результати експериментальних досліджень при обробці відпрацьованим миючим розчином на основі миючих розчинів представлено в таблиці 1 і 2.

Таблиця 1

Результати експериментальних досліджень при обробці відпрацьованим миючим розчином на основі "Лабомід -201"

Питомі витрати електричного струму Кл/дм ³	Доза відпрацьованого миючого розчину, мг/дм ³	Ефективність очищення від іонів важких металів, %				Ефективність очищення відпрацьованого миючого розчину, %			
		Cr ⁶⁺	Cr ³⁺	Cu ²⁺	Zn ²⁺	Нафтопродукти	Завислі речовини	ПАР	Фосфати
400	0	97,5	56,0	85,0	87,0	65,0	56,5	48,0	55,0
	50	98	95,0	99,0	98,5	98,5	96,5	99,5	97,0
	100	98	97,0	98,5	99,0	99,5	98,5	99,0	96,0
	150	92,0	95,0	89,0	80,0	90,0	85,0	80,0	80,0
450	0	99,5	59,0	85,0	87,0	65,0	56,5	48,0	55,0
	50	100	94,0	99,0	98,5	98,5	96,5	99,5	97,0
	100	100	93,0	98,5	99,0	99,5	98,5	99,0	96,0
	150	90,0	85,0	89,0	80,0	90,0	85,0	80,0	80,0

500	0	98,0	95,0	85,0	90,0	-	-	-	-
	50	100	100	100	99,0	98,5	95,5	98,0	<?8,0I
	100	100	99,0	98,0	99,0	98,0	98,0	99,0	98,0
	150	95,0	90,0	90,0	85,0	90,0	90,0	85,0	85,0
550	0	95,5	65,0	90,0	85,0	-	-	-	--
	50	100	99,5	99,0	99,5	95,5	95,5	90,5	93,0
	100	100	99,0	98,5	99,0	99,5	98,5	99,0	96,0
	150	96,0	88,0	93,0	85,0	94,0	83,0	85,0	84,0
600	0	94,5	75,0	80,0	81,0	-	-	-	-
	50	93,0	86,5	79,0	83,5	95,5	95,5	90,5	93,0
	100	91,0	92,0	88,5	84,0	99,5	98,5	99,0	96,0
	150	90,0	78,0	83,0	81,0	94,0	83,0	85,0	84,0
650	0	94,5	75,0	80,0	81,0	-	-	-	-
	50	93,0	86,5	79,0	83,5	95,5	95,5	90,5	93,0
	100	91,0	92,0	88,5	84,0	99,5	98,5	99,0	96,0
	150	90,0	78,0	83,0	81,0	94,0	83,0	85,0	84,0
700	0	92,5	74,0	80,0	81,0	-	-	-	-
	50	93,0	85,5	79,0	83,5	93,5	92,5	90,5	93,0
	100	90,0	91,0	88,5	84,0	96,5	96,5	97,0	94,0
	150	89,0	77,0	83,0	81,0	92,0	81,0	83,0	82,0

Стічні води гальванічного виробництва, які містять у собі іони важких металів змішували з мию-

чим розчином процесу нанесення гальванічного покриття марки "Лабомід - 203" і "Лабомід - 201".

Таблиця 2

Результати експериментальних досліджень при обробці відпрацьованим миючим розчином на основі "Лабомід - 203"

Питомі витрати електричного струму Кл/дм ³	Доза відпрацьованого миючого розчину, мг/дм ³	Ефективність очищення від іонів важких металів, %				Ефективність очистки відпрацьованого миючого розчину, %			
		Cr ⁶⁺	Cr ³⁺	Fe ³⁺	Cu ²⁺	Нафтопродукти	Завислі речовини	ПАР	Фосфати
400	0	97,0	67,0	78,	86,0	-	-	-	-
	50	96,5	94,0	93,0	92,5	88,5	86,5	79,5	87,0
	100	100	99,0	98,5	97,0	85,5	75,5	74,0	72,0
	150	90,0	85,0	89,0	80,0	80,0	81,0	78,0	76,0

Продовження таблиці 2

450	0	99,5	96,0	95,0	97,0	-	-	-	-
	50	100	99,0	99,0	99,5	98,5	97,5	99,5	99,0
	100	100	99,0	98,5	99,0	99,5	99,5	99,0	98,0
	150	98,0	95,0	98,0	98,0	92,0	95,0	98,0	97,0
500	0	99,0	97,0	95,0	96,0	-	-	-	-
	50	100	100	100	99,0	99,5	96,5	98,0	98,0
	100	100	99,0	98,0	99,0	98,0	99,0	99,0	98,0
	150	96,0	97,0	95,0	95,0	93,0	95,0	95,0	95,0
550	0	95,5	65,0	90,0	85,0	-	-	-	-
	50	100	99,5	99,0	99,5	95,5	95,5	90,5	93,0
	100	100	99,0	98,5	99,0	99,5	98,5	99,0	96,0
	150	96,0	88,0	93,0	85,0	94,0	83,0	85,0	84,0
ПРОТОТИП									
Питомі витрати електричного струму Кл / дм ³	Доза відпрацьованого миючого розчину, мг/дм ³	Cr ⁶⁺	Cr ³	Fe ³⁺	Cu ²⁺	Нафтопродукти	Завислі речовини	ПАР	Фосфати
450	0	99,5	50,0	85,0	87,0				
	50	100	99,0	99,0	98,5	98,5	96,5	99,5	97,0
	100	100	99,0	98,5	99,0	99,5	98,5	99,0	96,0
	150	90,0	85,0	89,0	80,0	90,0	85,0	80,0	80,0
500	0	98,0	95,0	85,0	90,0	-	-	-	-
	50	100	100	100	99,0	98,5	95,5	98,0	98,0
	100	100	99,0	98,0	99,0	98,0	98,0	99,0	98,0
	150	95,0	90,0	90,0	85,0	90,0	90,0	85,0	85,0
550	0	95,5	65,0	90,0	85,0	-	-	-	-
	50	100	99,5	99,0	99,5	95,5	95,5	90,5	93,0
	100	100	99,0	98,5	99,0	99,5	98,5	99,0	96,0
	150	96,0	88,0	93,0	85,0	94,0	83,0	85,0	84,0

При цьому доза відпрацьованого миючого розчину складала наступні значення 40, 60, 80, 100 та 120 мг/дм³.

В результаті проведених лабораторних досліджень, коли стічні води, що містять у собі іони важких металів: хром трьох та шестивалентний, залізо, цинк то що, змішувалися з відпрацьованим миючим розчином марки "Лабомід - 203", потім їх обробляли в між електродному просторі сталевих

пластин з питомими витратами електричного струму 450, 500 та 550 Кл/дм³. Використання значного діапазону електричного струму дозволили більш менш точно встановити раціональні та ефективні режими роботи водоочисного обладнання.

Результати лабораторних випробувань в граничних та оптимальних режимах очищення стічних вод наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

Результати випробувань у граничних та оптимальних режимах очистки стічних вод

Питомі витрати електричного Кл/м ³	Співвідношення компонентів миючого розчину до шестивалентного хрому 1 в одиницях до 4 на 1 в одиницях до 4				Ефективність очищення від іонів важких металів, %			
	ПАР	Na ₄ P ₂ O ₇	Na ₅ P ₃ O ₁₀	Na ₂ CO ₃	Cr ⁶⁺	Cr ³⁺	Fe ³⁺	Cu ²⁺
50	0,15	0,15	0,05	0,25	48,0	62,0	60,0	68,0
50	0,15	0,15	0,05	0,25	49,0	60,0	63,0	69,0
100	0,15	0,15	0,05	0,25	100	98,1	96,0	79,0
100	0,15	0,15	0,05	0,25	100	99,1	98,0	84,0
300	0,25	0,25	0,25	1,25	100	99,2	98,0	85,0
300	0,25	0,25	0,25	1,25	100	99,5	98,5	89,0
500	0,50	0,50	0,50	2,50	100	99,3	98,5	88,0
500	0,50	0,50	0,50	2,50	100	99,3	99,5	90,0
700	1,50	1,50	0,75	5,00	99,8	96,2	91,3	85,0
700	1,50	1,50	0,75	5,00	99,8	97,2	93,3	89,0
ПРОТОТИП								
	ПАР	Na ₂ SiO ₃	Na ₂ CO ₃	Na ₅ P ₃ O ₁₀	Cr ⁶⁺	Cr ³⁺	Fe ³⁺	Cu ²⁺
50	0,00	0,00	0,00	0,00	18,0	12,0	30,0	-
	0,05	0,05	0,25	0,15	48,0	62,0	60,0	-
100	0,05	0,05	0,25	0,15	100	98,1	96,0	-
300	0,25	0,25	1,20	0,25	100	99,2	98,0	-
500	0,50	0,50	2,50	0,50	100	99,3	98,5	-
700	0,60	0,80	3,20	1,80	99,8	96,2	91,3	-

Ступень очищення стічних вод гальванічного виробництва, які містять у собі іони важких металів залежить від питомих витрат електричного, струму, що визначає переведення шестивалентного хрому до трохвалентного, за рахунок флотаційного вилучення утворених гідроксидів до пінного шару, руйнування відпрацьованого миючого розчину.

Робочу суміш стічних вод, які містять у собі хром і миючий розчин у складі: ПАР, пірофосфат натрію (Na₄P₂O₇), кальцинованої соди (Na₂CO₃) та триполіфосфат натрію (Na₅P₃O₁₀), обробляли еле-

ктролізом зі сталевими електродами протягом 2...5 хвилин, а потім відбувався процес флотації протягом 30...45 хвилин. В освітленій воді визначали концентрацію іонів важких металів та ефективність їх очищення.

При інших значеннях компонентів реагенту має місце зниження ступеню очищення та ефективності обробки, тому що зменшується швидкість процесу флотації або має місце пасивація електродної системи, за рахунок утворення великого обсягу шлам та осадів.