

## Литература

1. The Impact of Increased Use of Hydrogen on Petroleum Consumption and Carbon Dioxide Emissions, Energy Information Association, U.S. Department of Energy, Washington, DC, – 2008. – p. 84. – web site : [http://www.eia.doe.gov/oiaf/servicerpt/hydro/pdf/oiafncneaf\(08\)04.pdf](http://www.eia.doe.gov/oiaf/servicerpt/hydro/pdf/oiafncneaf(08)04.pdf).
2. Переработка углеводородов // Нефтегазовые технологии. – 2005. – № 3. – С. 83–85.
3. Производство водорода пиролизом природного газа и синтез аммиака / М.А. Гликин, И.М. Гликина, М.А. Роголева [и др.] // Научно-технические новости. – 2003. – Спецвыпуск. – С. 16–22.
4. Пиролиз природного газа. Производство водорода в жидком высокотемпературном теплоносителе / М.А. Гликин, В.Ю. Тарасов, И.М. Гликина [и др.] // Хімічна промисловість України. – 2005. – № 4. – С. 18–24
5. Нова енергозберігаюча технологія виробництва водню / М.А. Гликин, В.Ю. Тарасов, И.М. Гликина [и др.] // Вісник Нац. у-ту „Львівська політехніка”. Сер. хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2006. – № 553. – с. 144 – 149.
6. Производство водорода пиролизом природного газа. Исследование в жидком высокотемпературном теплоносителе М.А. Гликин, В.Ю. Тарасов, И.М. Гликина [и др.] // Хімічна промисловість України. – 2006. – № 1(72). – с. 38–42.
7. Ямпольский Ю. П. Элементарные реакции и механизм пиролиза углеводородов / Ю. П. Ямпольский – М.: Химия, 1990. – 212с.
8. Минаев Ю.А. Физико-химия в металлургии : уч. пособие для вузов / Ю.А. Минаев, В.В. Яковлев. – М.: МИСИС, 2001. – 320 с.

**Abstract**

*Hydrogen is the main component for nitrogen fertilizers production, hydrogenation processes of oil products and other reagents in organic, inorganic, and metallurgical production. The only large-capacity process in the industry is a multistage catalytic vaporous conversion of natural gas. It is possible to reduce raw materials, energy, capital expenditures, and to solve environmental problems of hydrogen production, if only the ideology of raw materials processing is changed.*

*The article is devoted to the natural gas pyrolysis and its energy supply of the oxidation of formed carbon in the liquid coolant that will justify a new one-stage production technology of hydrogen.*

*The influence of the switchgear on the model and the working fluid was studied. The melt of sodium chloride was chosen as a coolant. The impact of resistance of the dry disperse device is defined by the dependence of the net section from the amount of natural gas. At temperature of coolant 1233 K the change of diameter of the collimator port of the pipe from 1 to 5mm increases the concentration of hydrogen in gaseous products of the reaction 1.2 - 1.8 times. Increase of gas positive pressure of the system over the range 50 to 7000 Pa, reduces the hydrogen content 2.2 times. The increase of the working surface of the disperse device showed that mutual overlap of reaction zones and the interaction of the jet with the waves of the melt, caused by the operation of adjacent point of entry, are present.*

**Key words:** pyrolysis, liquid high temperature coolant, hydrogen

**Приведено спосіб отримання гідроксохлоридів алюмінію із гідроксиду алюмінію та соляної кислоти при використанні тиску на першій стадії та вакууму на другій стадії процесу. Вивчено ефективність освітлення природної води даними коагулянтами**

**Ключові слова:** коагулянт, освітлення води, гідроксохлориди алюмінію

**Приведены способы получения гидроксохлоридов алюминия из гидроксида алюминия и соляной кислоты при использовании давления на первой стадии и вакуума на второй стадии процесса. Изучена эффективность осветления природной воды данными коагулянтами**

**Ключевые слова:** коагулянт, осветление воды, гидроксохлориды алюминия

УДК 628.10(088.8)

## СИНТЕЗ КОАГУЛЯНТІВ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ОСВІТЛЕННЯ ВОДИ

Т.О. Шаблій

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра екології та технології рослинних полімерів  
Національний технічний університет України «Київський

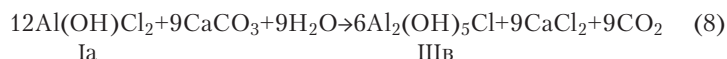
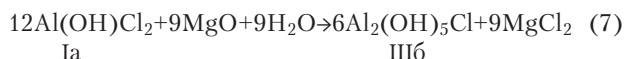
Політехнічний інститут»

Пр. Перемоги, 37,, м. Київ, Україна, 03056

Контактний тел. (044) 236-60-83

E-mail: tania1@voliacable.com





Ці процеси неможливо здійснити, використовуючи насичені розчини 1/3 ГОХА або хлориду алюмінію. Отримання даних сполук проводили після розведення розчину вихідного гідроксохлориду алюмінію до концентрації 16 г/дм<sup>3</sup> (по Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Ефективність отриманих коагулянтів досліджували надніпровській воді, що мала такі показники: жорсткість 4,1 мг-екв/дм<sup>3</sup>, лужність 2,95 мг-екв/дм<sup>3</sup>, кольоровість 96 град. хроматно-кобальтової шкали, каламутність 18 мг/дм<sup>3</sup> (по SiO<sub>2</sub>), рН=7,6, концентрація сульфатів 160 мг/дм<sup>3</sup>. Дози коагулянту становили 2-10 мг/дм<sup>3</sup>. Після внесення коагулянту воду інтенсивно перемішували 2 хвилини, потім плавно перемішували 15 хвилин, після чого відстоювали 2 години і перевіряли залишкові каламутність і кольоровість.

Як видно з табл. 1 та рис. 1–5, по ефективності освітлення дніпровської води кращі результати отримано при використанні 5/6 ГОХА. Гідроксохлорид, отриманий при випарюванні розчину у вакуумі (IIIа), дещо ефективніший, в порівнянні з основними солями (IIIб) і (IIIв), отриманими при обробці розчинів гідроксидом магнію та карбонатом кальцію відповідно.

Така залежність спостерігається і при знебарвленні води. В даному випадку залишкова кольоровість води досягала 12–34 градусів хроматно-кобальтової шкали в залежності від дози і методу отримання коагулянту [4,5]. Це кращі показники, ніж отримані в разі використання сульфату алюмінію. Слід відмітити, що при використанні солей IIIа, IIIб, IIIв отримана залишкова кольоровість води менше 20 градусів вже при відстоюванні, що задовольняє вимогам до питної води. Можливо, що при фільтруванні ці показники будуть ще кращими.

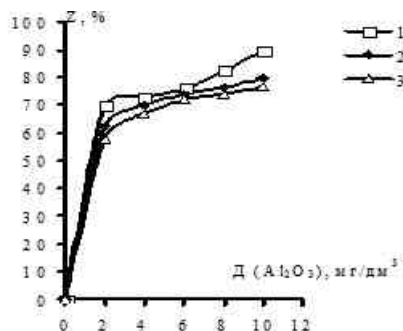


Рис. 1. Вплив дози 5/6 ГОХА на ступінь освітлення (Z) дніпровської води: 1 – IIIа, 2 – IIIб, 3 – IIIв

Ефективність коагулянтів при освітленні дніпровської води

Коагулянт	Доза, мг/дм <sup>3</sup> (по Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	рН	Залишкові		
			каламутність, мг/дм <sup>3</sup> (по SiO <sub>2</sub> )	кольоровість, град	Вміст Al <sup>3+</sup> , мг/дм <sup>3</sup>
-	-	7,6	18,0	96,0	-
Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	2	7,6	17,5	53,0	0,00
	5	7,5	15,5	51,0	0,15
	10	7,3	8,5	40,0	1,52
Al(OH)Cl <sub>2</sub> (Ia)	2	7,6	7,0	36,0	0,00
	5	7,6	5,5	32,5	0,10
	10	7,4	4,5	20,0	0,96
Al(OH) <sub>2</sub> Cl (IIa)	2	7,6	5,3	57,0	0,00
	5	7,4	5,5	43,0	0,06
	10	7,5	5,2	31,5	1,10
Al(OH) <sub>2</sub> Cl (IIб)	2	7,6	6,0	44,5	0,01
	5	7,5	3,0	41,5	0,12
	10	7,4	2,0	30,0	0,98
Al(OH) <sub>2</sub> Cl (IIв)	2	7,5	8,0	45,3	0,00
	5	7,5	5,8	36,0	0,00
	10	7,5	4,9	30,5	0,52
Al(OH) <sub>2</sub> Cl (IIг)	2	7,6	10,0	43,0	0,00
	5	7,5	7,3	36,0	0,25
	10	7,4	6,2	27,0	0,75
Al <sub>2</sub> (OH) <sub>5</sub> Cl (III а)	2	7,6	5,3	25,5	0,00
	5	7,6	5,1	18,3	0,00
	10	7,6	2,3	12,5	0,00
Al <sub>2</sub> (OH) <sub>5</sub> Cl (IIIб)	2	7,6	6,5	34,5	0,00
	5	7,5	5,0	28,5	0,02
	10	7,6	3,7	14,5	0,00
Al <sub>2</sub> (OH) <sub>5</sub> Cl (IIIв)	2	7,6	7,3	32,1	0,00
	5	7,6	5,2	22,3	0,00
	10	7,6	4,2	16,8	0,05

Таблиця 1

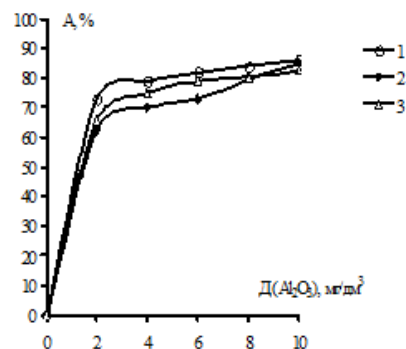


Рис. 2. Вплив дози 5/6 ГОХА на ступінь знебарвлення (A) дніпровської води: 1 – IIIа, 2 – IIIб, 3 – IIIв

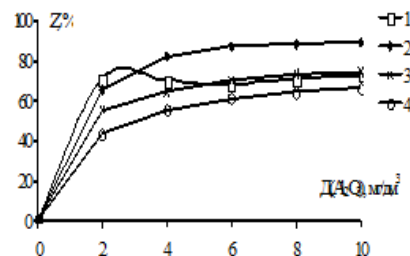


Рис. 3. Залежність ступеню освітлення (Z) дніпровської води від дози 2/3 ГОХА: 1 – IIа, 2 – IIб, 3 – IIв, 4 – IIг

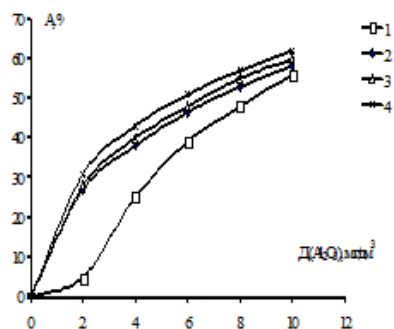


Рис. 4. Залежність ступеню знебарвлення (А) дніпровської води від дози 2/3 ГОХА: 1 – Іа, 2 – Іб, 3 – Ів, 4 - Іг

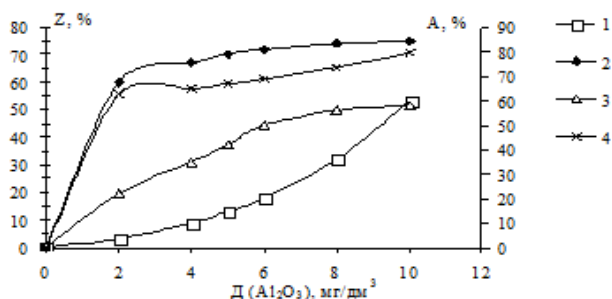


Рис. 5. Залежність ступеню освітлення води (Z) (1, 2) та ступеню знебарвлення дніпровської води (А) (3, 4) від дози  $Al_2(SO_4)_3$  (1, 3) та 1/3 ГОХА (2, 4)

Інші гідроксохлориди, як і 5/6 ГОХА, по своїй ефективності при освітленні води переважають над сульфатом алюмінію. При цьому ефективність 2/3 гідроксохлоридів алюмінію, як і у випадку солей Ша–Шв, залежить від способу їх одержання. Найвищу ефективність при освітленні води забезпечував гідроксохлорид Іб, отриманий при обробці 1/3 гідроксохлориду (Іа) оксидом магнію, а при знебарвленні води найефективнішим був гідроксохлорид (Іг), отриманий із солі (Іа) при використанні карбонату кальцію.

Що ж до ефективності 1/3 ГОХА, який використовувався для синтезу 2/3 гідроксохлоридів (Іа–Іг) та 5/6 гідроксохлоридів (Ша–Шв) алюмінію, він мало поступається останнім як при освітленні, так і при знебарвленні води. Тому його доцільно використовувати без додаткової обробки.

Важливим аспектом, що розглядається при оцінці ефективності коагулянтів, є залишкова концентрація іону відповідного металу в воді після її освітлення. Як видно з таблиці 1, найнижчий вміст алюмінію в освітленій воді відмічено в разі використання 5/6 ГОХА. Інші 1/3 та 2/3 гідроксохлориди алюмінію по залишковому вмісту іонів алюмінію близькі між собою і в незначній мірі переважають над сульфатом алюмінію.

Проте, при такій низькій каламутності води важко оцінити ефективність отриманих коагулянтів. Так як одним з компонентів, що спричиняють каламутність природної води, є глинисті речовини (у вигляді завісух часток), доцільно було застосувати модельну суспензію бентоніту (100 мг/дм<sup>3</sup>) в дніпровській воді. Дніпровська вода мала наступні показники: рН=8,1;

жорсткість 3,5 мг-екв/дм<sup>3</sup>; каламутність 2,2 мг/дм<sup>3</sup> (по SiO<sub>2</sub>); кольоровість 77 град. хроматно-кобальтової шкали. Дози коагулянту становили 2–10 мг/дм<sup>3</sup>. Після внесення коагулянту воду інтенсивно перемішували 2 хвилини, потім плавно перемішували 15 хвилин, після чого відстоювали 2 години. Після відстоювання води визначали залишкові каламутність та кольоровість. Далі відстоювану воду пропускали через насипний фільтр із зернистою загрузкою (піском) зі швидкістю 10 см<sup>3</sup>/хв (при збільшенні швидкості пропускання води процес очищення погіршується). Внутрішній діаметр фільтру 30 мм, висота фільтруючого завантаження 210 мм. Після чого в фільтраті знову визначали каламутність та кольоровість. Результати освітлення модельної суспензії приведено на рис. 6 та 7.

Як видно з рис. 6 та 7, при освітленні модельної суспензії бентоніту в дніпровській воді синтезовані по розроблених нових методиках гідроксохлориди алюмінію суттєво переважають над сульфатом алюмінію по освітленню води як при відстоюванні, так і при фільтруванні відстоюваної води. При цьому, сульфат алюмінію практично не впливає на процес відстоювання бентоніту, але підвищує ефективність освітлення води при її фільтруванні. Це характерно і для інших коагулянтів.

Відносно невелика ефективність освітлення води при фільтруванні обумовлена малою висотою шару фільтруючого завантаження – всього 210 мм.

Слід відмітити, що без коагулянтів завислі речовини видалюються на 92 % із води при фільтруванні. А от кольоровість води без застосування коагулянтів мало знижується як при відстоюванні, так і при фільтруванні. Ефективність процесу значно зростає при обробці води коагулянтами (рис. 8, 9). В більшій мірі цей ефект проявляється при застосуванні гідроксохлоридів алюмінію.

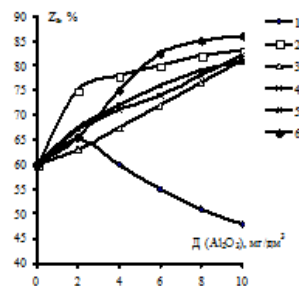


Рис. 6. Вплив типу та дози коагулянту на ефективність освітлення суспензії бентоніту в дніпровській воді ( $C_{зм.реч.} = 100$  мг/дм<sup>3</sup>) відстоюванням: 1 –  $Al_2(SO_4)_3$ , 2 –  $Al(OH)Cl_2$  (Іа), 3 –  $Al(OH)_2Cl$  (ІІа), 4 –  $Al(OH)_2Cl$  (ІІб), 5 –  $Al(OH)_2Cl$  (ІІв), 6 –  $Al_2(OH)_5Cl$  (ІІІб)

При знебарвленні води відстоюванням найвищу ефективність забезпечував 1/3 ГОХА (Іа). Лише при дозі 10 мг/дм<sup>3</sup> він поступався 5/6 ГОХА (ІІб). Останній при дозах до 6 мг/дм<sup>3</sup> за своєю ефективністю був близький до 2/3 ГОХА, з яких найкращим в цьому випадку був гідроксохлорид (ІІб). Найкращим результатом при знебарвленні води відстоюванням визначено зниження кольоровості води до 22 градусів хроматно-кобальтової шкали при дозі 5/6 ГОХА 10 мг/дм<sup>3</sup>. При доочищенні води фільтруванням ефективність зне-



барвлення води зросла на 10–20 %. Це дещо менше, ніж при видаленні завислих домішок.

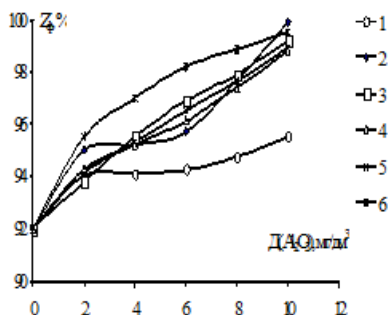


Рис. 7. Залежність ефективності освітлення суспензії бентоніту в дніпровській воді фільтруванням: 1 –  $Al_2(SO_4)_3$ , 2 –  $Al(OH)Cl_2$  (Ia), 3 –  $Al(OH)_2Cl$  (IIa), 4 –  $Al(OH)_2Cl$  (IIб), 5 –  $Al(OH)_2Cl$  (IIв), 6 –  $Al_2(OH)_5Cl$  (IIIб)

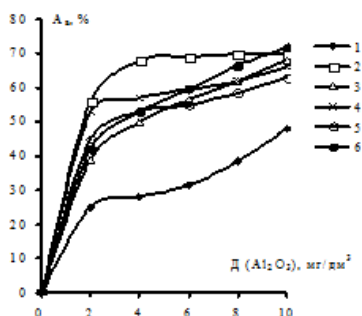


Рис. 8. Вплив типу та дози коагулянту на ефективність знебарвлення відстоюванням суспензії бентоніту в дніпровській воді: 1 –  $Al_2(SO_4)_3$ , 2 –  $Al(OH)Cl_2$  (Ia), 3 –  $Al(OH)_2Cl$  (IIa), 4 –  $Al(OH)_2Cl$  (IIб), 5 –  $Al(OH)_2Cl$  (IIв), 6 –  $Al_2(OH)_5Cl$  (IIIб)

В даному випадку найвищою ефективністю характеризувався 5/6 ГОХА (IIIб) в усьому діапазоні використаних концентрацій. За ефективністю до нього наближалися 1/3 та 2/3 гідроксохлориди алюмінію, кращими з яких були сполуки (Ia) та (IIб). Сульфат алюмінію менш ефективний в порівнянні з основними солями алюмінію, як при відстоюванні, так і при фільтруванні.

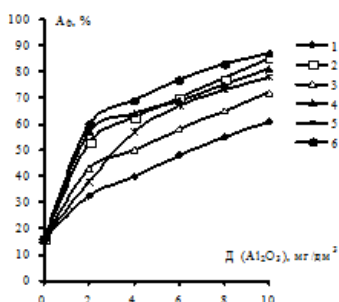


Рис. 9. Вплив типу та дози коагулянту на ефективність знебарвлення суспензії бентоніту в дніпровській воді при фільтруванні: 1 –  $Al_2(SO_4)_3$ , 2 –  $Al(OH)Cl_2$  (Ia), 3 –  $Al(OH)_2Cl$  (IIa), 4 –  $Al(OH)_2Cl$  (IIб), 5 –  $Al(OH)_2Cl$  (IIв), 6 –  $Al_2(OH)_5Cl$  (IIIб)

Так як кольоровість природної води в основному обумовлена присутністю у ній гумінових кислот, то для дослідження ефективності отриманих коагулянтів по знебарвленню води були використані модельні розчини гумату натрію в водопровідній воді. Концентрація гумату натрію складала 25 мг/дм<sup>3</sup>. Кольоровість суспензії 390 град. хроматно-кобальтової шкали. Результати знебарвлення модельного розчину приведено на рис. 10, 11.

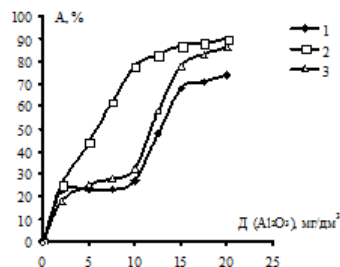


Рис. 10. Вплив типу та дози коагулянту на ефективність знебарвлення суспензії гумату натрію у воді (K=390 град.): 1 –  $Al_2(SO_4)_3$ , 2 –  $Al(OH)Cl_2$ , 3 –  $Al_2(OH)_5Cl$

Як видно з рис 10, 11, практично всі коагулянти мало ефективні при знебарвленні модельної суспензії в дозах, менших 15 мг/дм<sup>3</sup>. Лише синтезований із гідроксиду алюмінію та соляної кислоти гідроксохлорид (Ia) забезпечував знебарвлення води на 78 % при дозі 10 мг/дм<sup>3</sup> (по  $Al_2O_3$ ). Серед 2/3 гідроксохлоридів алюмінію кращим був гідроксохлорид (IIб). Як і у всіх інших випадках, при знебарвленні модельної суспензії гумату натрію у воді, гідроксохлориди виявилися ефективнішими за сульфат алюмінію. При використанні останнього максимальний ступінь знебарвлення, досягнутий при дозі 20 мг/дм<sup>3</sup>, складав лише 73,1 %, тоді як для гідроксохлоридів алюмінію цей показник досягав 85–90 %.

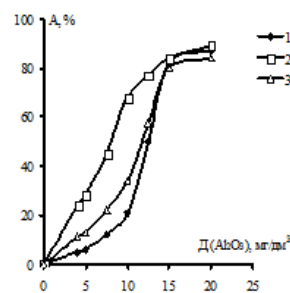


Рис. 11. Залежність ефективності знебарвлення суспензії гумату натрію у воді від дози 2/3 ГОХА (K=390 град.): 1 – IIa, 2 – IIб, 3 – IIв

Як видно з приведених вище результатів, при очищенні природної води та модельних суспензій на її основі синтезовані гідроксохлориди алюмінію переважали над сульфатом алюмінію. До найефективніших коагулянтів слід віднести 1/3 ГОХА, синтезований із гідроксиду алюмінію та соляної кислоти.

---

**Висновки**


---

1. Створено новий спосіб отримання гідроксохлоридів алюмінію із гідроксиду алюмінію та соляної кислоти при використанні надлишкового тиску на першій стадії процесу та вакууму на другій стадії процесу.
2. Визначено умови переходу 1/3 гідроксохлориду алюмінію у високоосновні солі при застосуванні основних реагентів (CaO, MgO, CaCO<sub>3</sub>).
3. Вивчено процеси освітлення природної води відстоюванням та фільтруванням. Показано,

що ефективність процесів підвищується при збільшенні доз коагулянтів і при переході від сульфату алюмінію до гідроксохлоридів алюмінію. Кращі результати отримано при використанні 1/3 та 5/6 гідроксохлоридів алюмінію.

4. На прикладі модельних розчинів бентоніту та гумату натрію у воді показано, що ефективність видалення завислих речовин вища при застосуванні розроблених гідроксохлоридів алюмінію.

---

**Література**

1. ЭКВАТЭК – 2006: 7-й международный конгресс “Вода: экология и технология” Применение коагулянтов на российских водопроводах: тез. докл. конф. (30 мая – 2 июня, 2006) [Текст] / Гетманцев С.В. – Москва: 2006. – с. 166.
2. Шутько, А. П., Использование алюминийсодержащих отходов промышленных производств [Текст] / Шутько А. П., Басов В. П.; – К.: Тэхника, 1989. – 112 с.
3. Чистая вода России – 2001. Пути снижения стоимости коагулянтов: тез. докл. на VI Международном симпозиуме (2001) [Текст] / Гомеля Н. Д., Шабанов М. В., Крысенко Т. В. – Екатеринбург: 2001 - С. 109.
4. А.с. 386843 СССР, МКИ СО 1 F7/56. Способ получения основного хлорида алюминия [Текст] / Щепачев Б. М., Левицкий Э. А. - № 1326832; заявл. 10.03.71; опубл. 21.05.73, Бюл.№ 27.
5. Гомеля М. Д. Отримання основних солей алюмінію – високоефективних коагулянтів для очищення води / Гомеля М.Д./ Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 1999. - № 2. – С.150 – 154.
6. Гомеля, М. Д. Розробка коагулянтів для процесів освітлення води [Текст] /Гомеля М. Д., Крисенко Т. В. // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. –2004.- № 2.- С. 111 – 116.
7. Гомеля, М. Д. Получение гидроксохлоридов алюминия и оценка их эффективности при осветлении воды [Текст] /Гомеля М. Д., Крисенко Т. В., Шаблий Т. А. // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. - № 2. – С. 49 – 52.

**Abstract**

*The problem of highly effective reagent production (aluminium hydroxchlorides) for water purification is quite urgent nowadays. Even more urgent is the necessity to create the technology of synthesis of aluminium coagulants from aluminium hydroxchloride manufactured intermediate product and aluminium processing wastes. This article suggests the ways of obtaining aluminium hydroxchloride from amorphous aluminium hydroxid and hydrochloric acid applying positive pressure on the first stage and vacuum on the second stage of the whole process. The reagents relation is established in such a way for the process to progress in production of 1/3 of aluminium hydroxchloride. During the solvent vacuum evaporation on the second stage at different temperatures, solid hydroxchlorides of various basicity were obtained. At t° 80 0C 1/3 of aluminium hydroxchloride was obtained, at t° 80-100 0C – 2/3 of aluminium hydroxchloride, at t° 120-140 0C – 5/6 of aluminium hydroxchloride. Easier method of increase of aluminium hydroxchloride basicity is the interaction of 1/3 aluminium hydroxchloride with the basis reagents, such as calcium and magnesium oxide, calcium carbonate.*

*The efficiency of obtained coagulants was examined on the Dnieper water, model suspensions of betonite and sodium humate in the Dnieper water.*

*As one can see from the results, during clarification of natural water and model suspensions on its base, the synthesized aluminium hydroxchlorides prevailed over aluminium sulphate. The efficiency of processes increases due to the increase of coagulant dose and change from aluminium sulphate to aluminium hydroxchlorides. The best results were obtained while using 1/3 and 5/6 of aluminium hydroxchlorides.*

**Keywords:** *coagulant, water clarification, aluminium hydroxchlorides*