

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ СИНЕРГІЗМУ КОАГУЛЯНТІВ

*У статті описано дослідження змішаного алюмозалізного коагулянту. Наводяться результати проведених лабораторних досліджень.*

**Ключові слова:** коагуляція, коагулянти, ефективність коагуляції, очищення води.

*В статті описано исследование смешанного алюможелезного коагулянта. Приводятся результаты лабораторных исследований.*

**Ключевые слова:** коагуляция, коагулянты, эффективность коагуляции, очистка воды.

*The article deals with exploration coagulants. There are results of experimental researches.*

**Key words:** coagulation, coagulants, effect of coagulation, purifying of water.

**Постановка проблеми.** Якість питної води залежить від ступеня її очищення, а отже, від використання ефективних реагентів у водопідготовці. В Україні найбільш поширеними є сірчаноокислий алюміній, оксихлорид алюмінію та сульфатозалізовмісний коагулянт. Пропонується використання змішаного алюмозалізного коагулянту. Визначення ефективного співвідношення двох коагулянтів у суміші дає змогу суттєво зменшити витрату реагентів і знизити собівартість очищення води.

**Аналіз останніх досліджень.** Коагуляція є одним із фізико-хімічних методів очищення природних і зворотних вод [3, 4]. Найпоширеніші коагулянти – це солі алюмінію та заліза [3, 4]. Коагулятивна здатність алюмо- і залізовмісних реагентів порівнюється в роботі [5]. Л.А. Кульський та А.М. Когановський запропонували змішаний вид коагулянту [3]. Вибір виду і дози коагулянту має велике значення при очищенні води [8]. У процесі водопідготовки бажано застосовувати найменшу кількість реагентів, без особливої токсичної дії [7, 11]. Згідно з даними джерела [6] цим вимогам відповідає сульфатозалізовмісний коагулянт, який виробляється в Україні. Указані праці підтверджують факт постійної уваги до проблем очищення води, проте питання вибору ефективного й економічно вигідного коагулянту залишається не до кінця розв'язаним.

**Виділення не розв'язаних раніше частин проблеми.** Використання традиційних коагулянтів має суттєві недоліки: висока вартість ефективних коагулянтів, більш дешеві коагулянти не забезпечують потрібну якість очищення води. На даний час у літературних джерелах не висвітлені питання ефективності різних пропорцій розчинів змішаного виду коагулянту.

**Мета статті** – експериментально визначити оптимальну пропорцію сірчаноокислого алюмінію та сірчаноокислого заліза у змішаному коагулянті, дослідити синергізм змішаного коагулянту і запропонувати сферу його застосування.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** У технології очищення води передбачається часткове чи повне видалення домішок. Видалення реагентними методами гетерофазних домішок, які обумовлюють кольоровість і каламутність природних вод, базується на застосуванні коагулянтів. Кількість коагулянту, необхідного для здійснення процесу коагуляції, залежить від виду коагулянту, витрати та складу води і визначається згідно з нормами [2]. Доза коагулянту відповідно до джерела [2] приймається залежно від каламутності води й незалежно від виду коагулянту.

Від вибору правильної дози і виду коагулянту залежить ефективність освітлення води. Якщо кількість унесеного у воду коагулянту мала, то утворених пластівців гідрооксиду недостатньо для очищення від домішок, при надлишку – каламутність води підсилюється. Розглянемо більш конкретно явище синергізму та його вплив на очищення води. Синергізм (від грецького – діючий разом, співробітництво) – комбінована дія, при якій сумарний ефект перевищує дію кожного компонента окремо.

Суміш коагулянтів може як поліпшувати процес очищення води, так і погіршувати його. Важливо знайти оптимальну дозу коагулянтів та співвідношення суміші двох коагулянтів, що відповідає найкращому освітленню. З економічної точки зору, чим більший відсоток дешевого коагулянту в суміші, тим вигідніше його застосування.

Для отримання експериментальних результатів були проведені досліді в лабораторії очищення природних і стічних вод Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка на лабораторному стенді (рис.1). Лабораторний стенд складається із 14 скляних циліндрів діаметром 36 мм і висотою 430 мм. У нижній частині кожного циліндра є вентиль. Очищену воду після коагуляції досліджували після випуску осаду з кожного циліндра. Каламутність визначали за допомогою фотоелектроколориметра однопроменевого.

Досліді виконувалися на штучно закаламутненій воді. Предметом вивчення був змішаний алюмозалізний коагулянт. Цей вид коагулянту готували, об'єднуючи розчини сульфату алюмінію неочищеного  $Al_2(SO_4)_3$  і сульфатозалізозвмісний коагулянт (СЗК), який являє собою розчин сульфату заліза  $Fe_2(SO_4)_3$ .

Проведено декілька серій дослідів, у яких два коагулянти у суміші додавалися у різних співвідношеннях за масою 1:1, 2:1, 1:2.

Для проведення досліджень у дванадцять циліндрів лабораторного стенда заливали по 250 мл води каламутністю 100 і 350 мг/л. За допомогою мірної бюретки додавали розчин коагулянту у визначеній кількості. Після додавання коагулянту воду в циліндрі перемішували 30 с дірчатою мішалкою. Зазначали час введення реагентів у воду. Через 30 хв із кожного циліндра відбирали проби освітленої води та визначали прозорість і каламутність. У той же час при відстоюванні води відмічали початок утворення пластівців, кінець їх осідання, а також вид пластівців: крихкі, великі, дрібні.

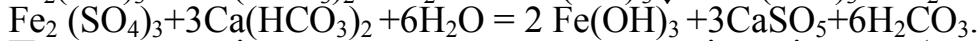
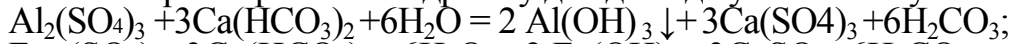


Рисунок 1 – Лабораторний стенд із циліндрами

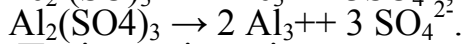
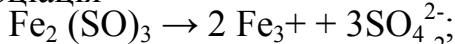
Слід зазначити, що дисперговані, колоїдні й завислі частинки домішок природних вод у більшості випадків несуть однаковий заряд, що обумовлює агрегативну стійкість. Додаванням у воду коагулянтів агрегативну стійкість частинок намагаються порушити, а заряд знизити до нуля або близьких до нього величин. Після додавання до очищувальної води солей – коагулянтів

протягом перших 30 с відбувається їх гідроліз і утворюються колоїдні гідроокиси алюмінію та заліза, які мають величезну активну поверхню.

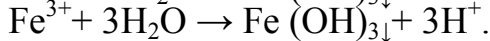
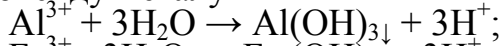
Стахіометричні рівняння гідролізу для досліджуваних коагулянтів такі:



При додаванні у воду, що очищується, залізовмісного (сульфату заліза  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ) і алюмовмісного коагулянтів вони розчиняються, відбувається дисоціація



Потім – гідроліз надлишку коагулянту з утворенням малорозчинного гідроксиду металу



Очищення проходить у результаті адсорбції колоїдних домішок, які містяться у воді, на поверхні гідроокисів. Процес коагуляції гідроокисів фактично приводить до видалення відпрацьованого сорбенту з очищувальної води.

На основі виконаних дослідів побудовані графіки у координатах залежності каламутності від дози внесеного коагулянту. За графіками визначили оптимальні дози коагулянтів, їх порівнювали для визначення більш ефективного співвідношення змішаного коагулянту. Дослідження оптимальної дози коагулянту більш детально описані авторами в джерелі [11].

Результати вивчення змішаного алюмосалізного коагулянту показано на рисунку 2.

Пропорції змішування розраховувалися за масою коагулянтів. При відношенні 1:1 бралось 1,8 мг/л сульфату алюмінію неочищеного  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  і 1,5 мг/л сульфатозалізовмісного коагулянту  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ . При відношенні 2:1 відповідно 2,4 та 1,02 мг/л, при відношенні 1:2 – 1,2 і 1,98 мг/л.

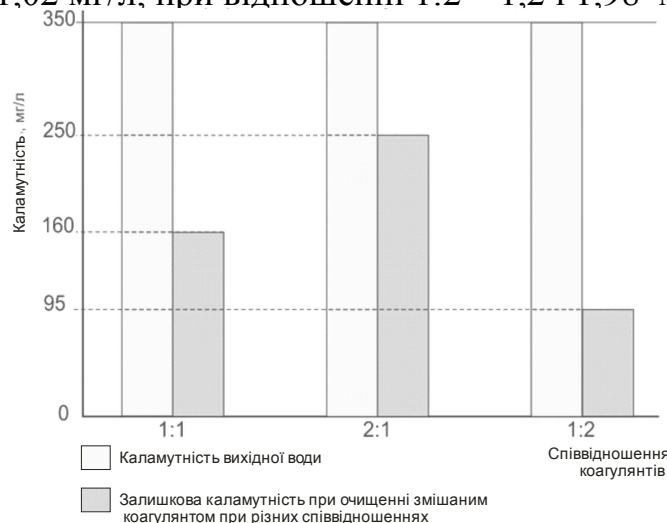


Рисунок 2 – Графіки залежності залишкової каламутності від співвідношення коагулянтів

У процесі досліджень визначено, що вода, очищена змішаним коагулянтом, як правило, не дає відкладень навіть при низькій температурі, тому що утворення й осідання пластівців швидко закінчується. При використанні змішаного коагулянту його складові частини можна вводити як окремо, так і попередньо змішуючи розчини. Перший метод допускає більшу гнучкість при переході від одного оптимального співвідношення реагентів до іншого. Для другого методу простіше здійснювати дозування. Змішаний алюмосалізний коагулянт має низку переваг над сульфатозалізовмісним коагулянтом. Якщо застосовують тільки сульфатозалізовмісний коагулянт,

то після закінчення осідання основної маси великих пластівців у воді довгий час залишається відносно велика кількість завислих дрібних пластівців гідроокису заліза. При введенні змішаного алюмозалізного коагулянту пластівці осідають рівномірно і досягається більш повне освітлення води. Також суттєво скорочується витрата коагулянтів. У літній період необхідна доза змішаного коагулянту порівняно із сульфатом алюмінію зменшується на 25%. При низьких температурах води, що очищується, економія коагулянту може скласти до 65%.

**Висновки.** Отримані результати підтверджують можливість застосування змішаного алюмозалізного коагулянту для очищення води господарсько-питного призначення. Оскільки відсутні чіткі методики до його застосування, автори пропонують оптимальну пропорцію сірчаноокислого алюмінію неочищеного  $Al_2(SO_4)_3$  і сульфатозалізовмісного коагулянту  $Fe_2(SO_4)_3$  у змішаному типі коагулянту 1:2 за масою. Сульфатозалізовмісний коагулянт ефективніший, проте для зниження вартості пропонується додавати у розчин сірчаноокислий алюміній. Це суттєво зменшує витрату реагентів, отже, використання змішаного коагулянту може дати позитивний техніко-економічний ефект. Для подальшого дослідження планується визначити експериментальну залежність співвідношення змішаного алюмозалізного коагулянту від температури і конкретизувати дослідження, враховуючи якість води Кременчуцького водосховища.

#### Література

1. ДСНіП. Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води господарсько-питного централізованого водопостачання. – К., 1999. – 20 с.
2. СНиП 2.04.02-84. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 134 с.
3. Строкач П.П. Практикум по технологии очистки природных вод: учеб. пособие. / П.П. Строкач, Л.А. Кульский. – Мн.: Выш. школа, 1980. – 320 с., ил.
4. Кульский Л.А. Технология очистки природных вод / Л.А. Кульский, П.П. Строкач. – К.: Вища школа, 1986. – 352 с.
5. Сравнение коагулирующей активности алюмо- и железосодержащих реагентов / [О.Д. Линников и др] // Водоснабжение и санитарная техника. – 2009. – №12. – С. 38 – 41.
6. Трофименко Н.А. Новый сульфатожелезосодержащий коагулянт / Н.А. Трофименко // Вода і водоочисні технології. – 2004. – №1. – С. 46 – 48.
7. Линевиц С.Н. Обеззараживание и коагуляционная обработка природных вод оксихлоридом алюминия / С.Н. Линевиц, С.В. Гетьманцев // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – №1. – С. 3 – 7.
8. Драгинский В.Л. Особенности применения коагулянтов для очистки природных цветных вод / В.Л. Драгинский, Л.П. Алексеева // Водоснабжение и санитарная техника. – 2008. – №1. – С. 9 – 15.
9. Гончаренко В.И. Об улучшении качества питьевой воды при использовании коагулянта ПОЛВАК по сравнению с сернокислым алюминием / В.И. Гончаренко // Вода і водоочисні технології. – 2009. – № 4 – 5. – С. 36 – 38.
10. Прокопов В.А. Современное состояние питьевого водоснабжения и качества питьевой воды Украины / В.А. Прокопов, О.В. Зарина, В.А. Соболев // Вода і водоочисні технології. – 2008. – № 3. – С. 14 – 17.

Надійшла до редакції 03.09. 2009

© І.О. Злобін, Л.Л. Зубричева, Л.С. Зубричев