

УДК 628.16

О.О. Хижняк, канд. техн. наук,  
О.В. Скроцька, канд. техн. наук  
Національний університет  
харчових технологій

## ОЧИЩЕННЯ ВОДИ ВІД БАКТЕРІЙ ЗА ДОПОМОГОЮ КОАГУЛЯНТІВ – ОСНОВНИХ СУЛЬФАТІВ АЛЮМІНІЮ

У зв'язку з проблемою отримання води питної кондіції, було поставлено за мету отримати реагенти з високою коагуляційною здатністю не тільки по відношенню до фізико-хімічних домішок, але й до мікроорганізмів. Запропоновані коагулянти – основні сульфати та дигідроксосульфат алюмінію дозволяють отримати воду високої якості, видалити бактерії *E.coli* з природних вод рр. Дніпро та Десна. Ступінь видалення становить біля 90 %, що вказує на високу їх ефективність.

**Ключові слова:** основний сульфат алюмінію, дигідроксосульфат алюмінію, коагуляція, підготовка води, коагуляційне видалення бактерій.

До основних екологічних проблем у світі відноситься проблема отримання води питної кондіції. Невпинне скорочення об'єму прісних вододжерел, підвищення середньорічної температури навколошнього середовища та багато інших факторів зумовлюють підвищення кількості мікроорганізмів у природних джерела, а особливо, привертає до себе увагу підвищення кількості патогенної мікрофлори [1, 2].

Основними реагентами, які застосовуються для підготовки води в Україні є коагулянти – сульфат алюмінію та знезаражуючі реагенти на основі хлору. Головним недоліком хлору є його канцерогенність, а сульфату алюмінію – малоефективність. Тому при підготовці води постає проблема щодо ефективних і безпечних для здоров'я людини реагентів [3].

Запропоновані коагулянти, а саме, основні сульфати алюмінію (ОСА) з Mo 2,3; 2,5; 2,7 та дигідроксосульфат алюмінію (ДГСА) з Mo 2,0, мають ряд переваг перед традиційними коагулянтами – сульфатом алюмінію (СА) та гідроксохлоридом алюмінію (ГХА) [3, 4, 5].

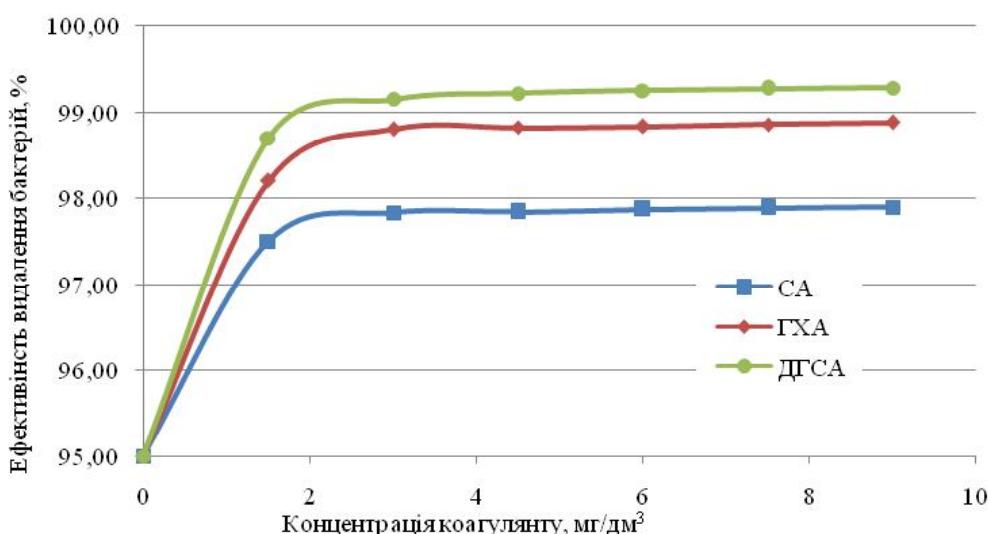


Рис. 1. Ефективність видалення бактерій різними видами коагулянтів

Оскільки більшість бактерій мають негативний заряд, то можна зробити припущення, що основні сульфати алюмінію будуть зумовлювати зниження кількості мікроорганізмів при очищенні природних вод.

Одним з нормативних показників за ГОСТ 2874-82 «Вода питьевая» в Україні є кількість бактерій групи кишкової палички (показник забруднення води видленнями людини і теплокровних тварин) в 1 дм<sup>3</sup>, тому в якості модельних мікроорганізмів використовували лабораторний штам бактерій *Escherichia coli* 1257.

Вивчення коагуляційної ефективності ДГСА і ОСА (Mo 2,3; 2,5; 2,7) проводили в порівнянні з традиційним коагулянтом сульфатом алюмінію та гідроксохлоридом алюмінію. Результат видалення бактерій з води представляли як логарифм відношення бактерій, що вижили у воді ( $N_t$ ), до вихідної кількості бактерій ( $N_0$ ):  $Lg(N_t/N_0)$ .

Попередніми дослідженнями на модельній здистильованій та водопровідній воді підібрали оптимальні параметри очищення води від мікроорганізмів. З метою підбору раціональних параметрів досліджували вплив концентрації коагулянтів, тривалості контакту реагентів з мікроорганізмами, вихідного навантаження бактерій на процес знезаражування. Наступним етапом було вивчення впливу різної концентрації коагулянтів на ефективність видалення бактерій. Тривалість контакту коагулянтів з бактеріями становила 60 хв., вихідне навантаження було 10<sup>5</sup> КУО/см<sup>3</sup>.

Діапазон зміни доз коагулянтів становив від 1,5 до 9,0 мг/дм<sup>3</sup> (по Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), що відповідає концентраціям, які застосовують на водоочисних станціях м. Києва. З рис. 1 видно, що основна кількість мікроорганізмів видаляється вже при концентрації 1,5 мг/дм<sup>3</sup>, яка є мінімальною. Подальше видалення бактерій є незначним. Крім того, невелика концентрація коагулянтів знижує ризик привнесення коагулянтами алюмінію, що покращує показники безпеки води, в очищувану воду та її каламутність. А використання в її подальшому очищенні флокулянтів покращить якість води за фізико-хімічними показниками. Тому при виборі концентрації коагулянту потрібно орієнтуватися на якість фізико-хімічних показників. В подальших дослідженнях на здистильованій воді використовували концентрацію коагулянтів 1,5 мг/дм<sup>3</sup>.

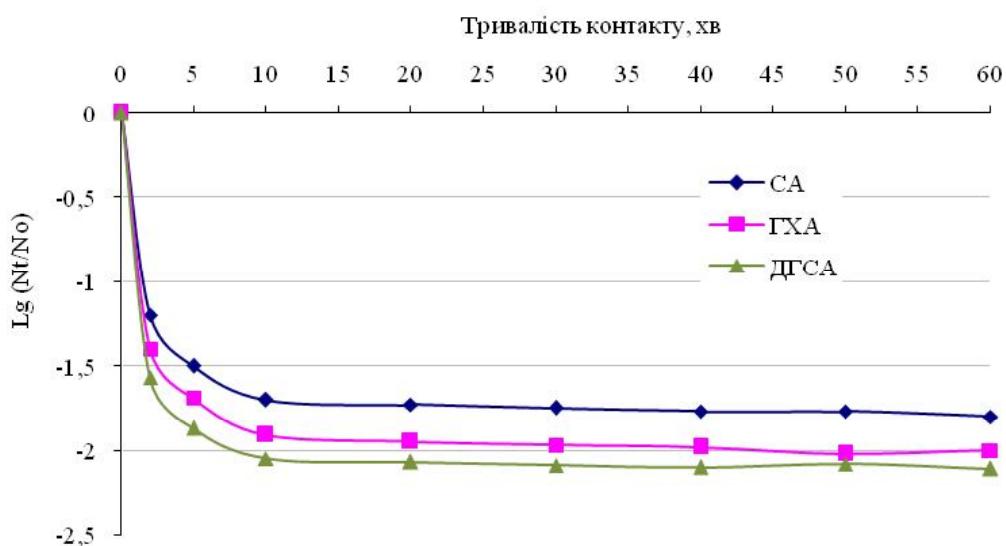
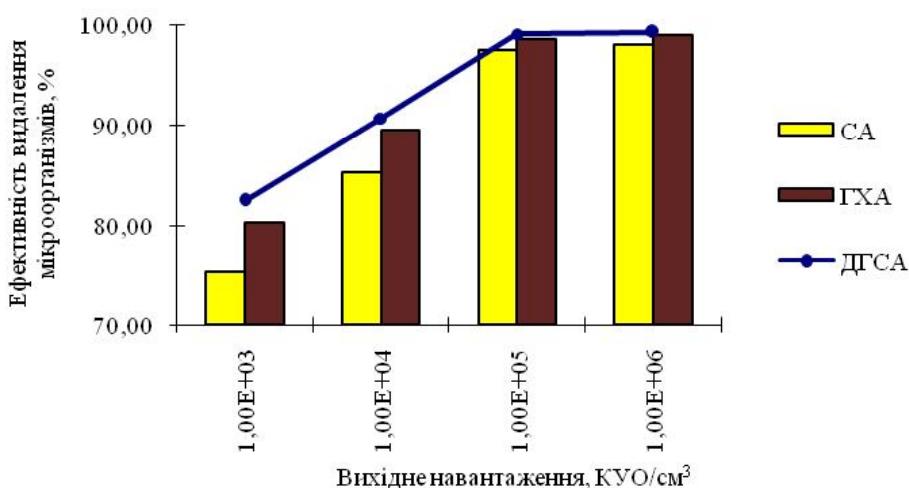


Рис. 2. Вплив тривалості контакту бактерій *E.coli* 1257 з коагулянтами на ступінь їх видалення (вихідне навантаження 10<sup>5</sup> КУО/см<sup>3</sup>)

Наступним етапом було дослідження впливу тривалості контакту реагентів з мікроорганізмами. Коагулянти дозували в кількості 1,5 мг/дм<sup>3</sup>, тривалість контак-

ту становила 10, 20, 30, 40, 50, 60 хв (рис. 2.). Основна кількість мікроорганізмів видалялася коагулянтами протягом 10 хв. — 96–98%. Збільшення тривалості контакту до 60 хв. збільшувало ступінь видалення бактерій коагулянтами до 98,0–99,1% (ступінь видалення 2 порядки з 5). Подальше збільшення тривалості контакту майже не змінювало ефективність видалення мікроорганізмів, тому для досліджень тривалість контакту складала 60 хв.

Наступним кроком було вивчення впливу вихідного навантаження на ефективність очищення води коагулянтами (рис. 3). Діапазон варіювали від  $10^3$  до  $10^6$  КУО/см<sup>3</sup>.



**Рис. 3. Вплив вихідного навантаження на ефективність видалення мікроорганізмів коагулянтами**

При кількості бактерій у вихідній воді  $10^4$ , їх видаляється на  $\approx 10\%$  менше, ніж при навантаженні  $10^5$ . Оскільки мікроорганізми є часточками з від'ємним зарядом, і в дистильованій воді немає крім них більше будь-яких домішок, тому вихідне навантаження  $10^4$  КУО/см<sup>3</sup> є недостатньою кількістю для утворення розгалуженої структури глобул і вони не випадають в осад. При  $10^6$  КУО/см<sup>3</sup> видаляється всього на 0,2 – 0,3 % більше, ніж для  $10^5$ . Пояснення цьому недостатня концентрація коагулянтів для видалення бактерій при вихідному навантаженні  $10^6$  КУО/см<sup>3</sup>. Така динаміка видалення мікроорганізмів спостерігається у всіх коагулянтів, але ступінь видалення мікроорганізмів ДГСА є вищим на 1,1 % в порівнянні з СА і на 0,35 — з ГХА. Це пояснюється тим, що ДГСА є більш гідролізованим коагулянтом, і продукти його гідролізу мають більший заряд, ніж такі ГХА і тим більше СА.

Для зручнішого підрахунку в подальших дослідженнях використовували вихідне навантаження модельної води  $10^5$  мг/см<sup>3</sup>.

Проведені дослідження, показали ефективність використання ДГСА в порівнянні з СА. Ступінь видалення бактерій ГХА знаходиться між СА та ДГСА, тому наступним етапом було дослідження видалення бактерій ОСА (Мо 2,3, 2,5, 2,7), щоб визначити яким з цих коагулянтів замінити ГХА при очищенні води.

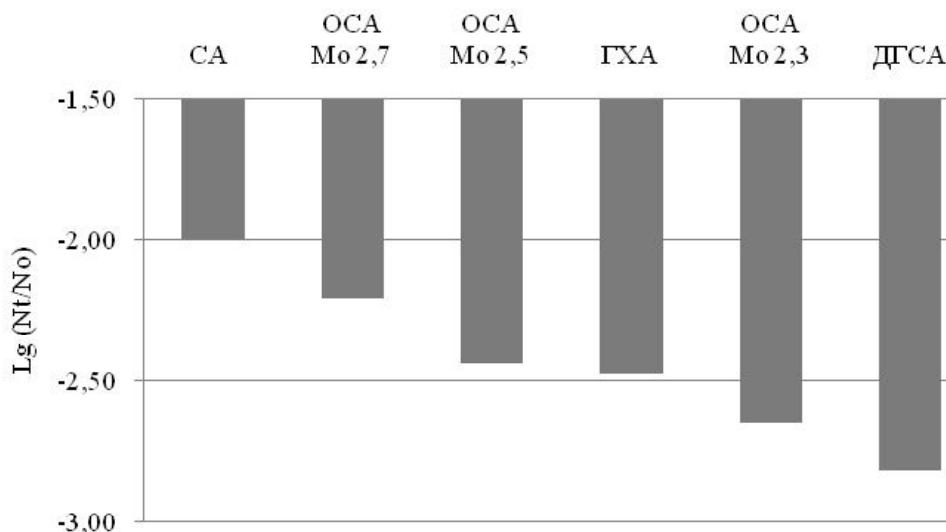
Як видно з даних табл. 1, динаміка видалення мікроорганізмів з водопровідної води коагулянтами така ж як і для дистильованої води, з тою різницею, що ступінь видалення бактерій дещо підвищився. Це пояснюється тим, що водопровідна вода вміщає дрібнодисперсні частини колоїдних розмірів, що сприяє осадженню пластівців, які утворюються при коагуляції мікроорганізмів.

**Таблиця 1.** Вплив тривалості контакту коагулянтів з бактеріями E.coli 1257 на ступінь їх видалення з водопровідної води

Коагулянт (тип, доза)	Тривалість контакту, хв	Ефективність видалення, %
СА 1,5 мг/дм <sup>3</sup>	10	98,75
	20	98,90
	40	98,94
	60	98,99
ГХА 1,5 мг/дм <sup>3</sup>	10	99,30
	20	99,53
	40	99,59
	60	99,64
ДГСА 1,5 мг/дм <sup>3</sup>	10	99,50
	20	99,72
	40	99,79
	60	99,85

Вода в якості основної чи допоміжної сировини використовується в більшості технологічних процесів одержання харчових продуктів.

В ряді виробництв, пов'язаних з виготовленням бутильованої води, води для лікерогорілчаної продукції, для соків, для дитячого харчування, виникають проблеми, пов'язані з недостатньою якістю вихідної води. Вимоги до якості води на таких підприємствах є жорсткішими. Тому воду питної кондиції потрібно доочищати. Подальші дослідження були пов'язані з видаленням бактерій з води водопровідної мережі.

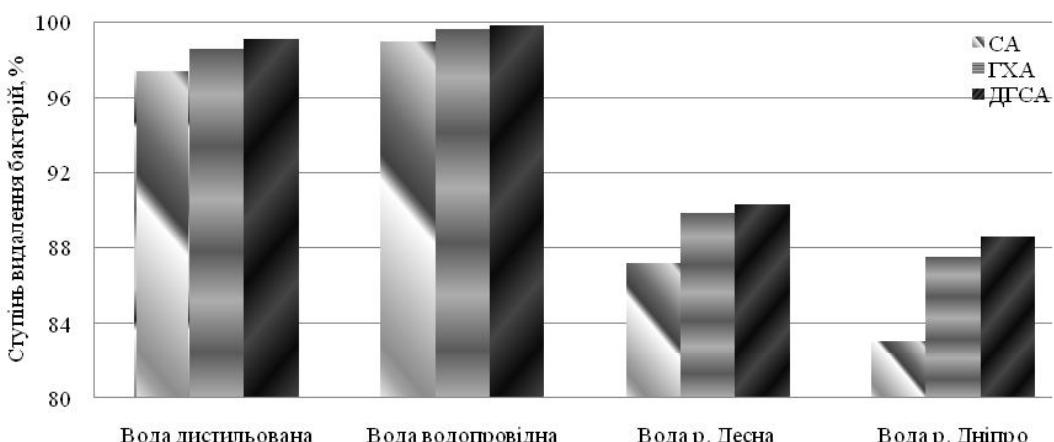


**Рис. 4.** Залежність ступеня видалення бактерій E.coli різними типами коагулянтів

Ступінь знезаражування підвищується при очищенні водопровідної води в порівнянні з дистильованою. Тому наступним дослідом було визначення яким з ОСА можна замінити ГХА при доочищенні водопровідної води. Інтенсивність видалення бактерій коагулянтами підвищується в ряду СА, ОСА Mo 2,7, ОСА Mo 2,5, ГХА, ОСА Mo 2,3, ДГСА (рис. 4). Ступінь видалення бактерій ГХА дещо вищий за ОСА Mo 2,5, як і при очищенні дистильованої води. Це пояснюється тим, що підвищення фізико-хімічних показників водопровідної води (в порівнянні з дистильованою) позитивно

впливає на коагуляційну ефективність і основних сульфатів алюмінію, і ГХА. Використання ОСА Mo 2,5 для доочищення водопровідної води буде повноцінною заміною гідроксохлориду алюмінію.

Серед запропонованих коагулянтів найкращу здатність видаляти бактерії має ДГСА, тому його застосування для часткового очищення природних вод від мікроорганізмів є досить ефективним.



**Рис. 5. Залежність ступеня видалення бактерій від типу води і коагулянту**

На рис. 5 представлені порівняльні результати очищенння різних типів вод від бактерій *E.coli*. Ступінь видалення з застосуванням ДГСА становить біля 90 % з природних вод рр. Десна та Дніпро. Цей показник є достатньо високим як для коагулянту, що немає знезаражуючих властивостей.

**Висновок.** З отриманих результатів досліджень, можна зробити висновок, що всі коагулянти в тій чи іншій мірі ефективні. Але існує небезпека при використанні ГХА через вміст хлору, а СА як малоекспективним коагулянтом по відношенню до фізико-хімічних і мікробіологічних показників. При використанні в якості коагулянтів ОСА та ДГСА спостерігається покращення фізико-хімічних показників води та ефективність видалення бактерій зумовить зменшення дози знезаражуючого агенту, який зазвичай використовують після коагуляційного очищення природних вод.

### ЛІТЕРАТУРА

1. *Душкин С.С. Способ подготовки воды с использованием в качестве коагулянта соли алюминия /* Душкин С.С., Сорокина К.Б., Аль А.М., Благодарна Г.М. — Харьков, 2001. — 45с.
2. *Гончарук В.В. Коллоидно-химические аспекты использования основных солей алюминия в водоочистке /* В.В.Гончарук, И.М.Соломенцева, Н.Г.Герасименко // Химия и технология воды. — 1999. — Т. 21, № 1. — С. 52–87.
3. *Запольский А.К. Коагулянты и флокулянты в процессах очистки воды /* Запольский А.К., Баран А.А. — Л.: Химия, 1987. — 204 с.
4. *Некоторые физико-химические свойства растворов дигидроксосульфата алюминия /* А.К.Запольский, Л.А.Бондарь, И.И.Дешко //Химия и технология воды. 1986, т.8 №5. — С. 38–39.
5. *Интенсификация водоподготовки с помощью гидроксосульфата алюминия/ /* А.К. Запольский, И.М. Соломенцева, Л.И. Панченко и др. // Бум.пром-ть. — 1985. — №5. — С. 33–39.

O.O. Хижняк, O.V. Скроцька

## Очищення води від бактерій з допомогою коагулянтів — основних сульфатів амонія

В связи с проблемой получения воды питьевой кондиции, была определена цель получить реагенты с высокой коагуляционной способностью не только по отношению к физико-химическим примесям, но и к микроорганизмам. Предложенные коагулянты — основные сульфаты и дигидроксусульфат алюминию позволяют получить воду высокого качества, и удалить бактерии *E.coli* из естественных вод гг. Днепр и Десна. Степень удаления представляет около 90 %, что указывает на высокую их эффективность.

**Ключевые слова:** основной сульфат алюминия, дигидроксусульфат алюминия, коагулация, подготовка воды, коагуляционное удаление бактерий.

O.O. Hignyak, O.V. Skrocka

## Water purification from microorganisms by coagulating — basic aluminum sulphate

The problem of drinkable standard water receipt belongs to the basic ecological problems in the world. Incessant reduction of volume of fresh water sources, increase of average annual ambient temperature and many other factors predetermine the increase of microorganisms' amount in natural sources, and also attracts the attention to the increase of pathogenic microflora amount.

In connection with the problem of drinkable standard water receipt, the research aimed at getting reagents with high coagulative ability not only in attitude toward physical and chemical admixtures but also to the microorganisms. Among basic reagents that are used for preparation of water in Ukraine there are coagulants — sulfate of aluminium and disinfecting reagents on the basis of chlorine, that are carcinogenic. The offered coagulants are basic sulfates and allow getting water of high quality dygidroksosulfat of aluminium, and deleting the bacterium *E.coli* from natural Dnepr and Desna waters. The degree of moving away is about 90 %, which specifies their high efficiency.

From the received research data, it is possible to draw conclusion that all coagulants are effective in that or other way. But there is a danger at the use of GSA because of chlorine content, and SA as by an ineffective coagulant in relation to physical and chemical and microbiological indexes. At using WASP and DGSA as coagulants, there are observed the improvements of physical and chemical indexes of water, and efficiency of moving away bacteria will stipulate reduction of dose disinfecting to the agent that is usually used after the natural waters coagulative cleaning.

**Key words:** basic sulfate of aluminium, dygidroksosulfat of aluminium, coagulation, preparation of water, coagulative moving away of bacteria.

---

e-mail: jimp@ukr.net

Надійшла до редколегії 15.03.2012 р.