

Хижняк О.О., к.т.н., Скроцька О.В., к.т.н.

Національний університет харчових технологій

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

**Анотація**

У зв'язку з проблемою отримання води питної кондиції, було поставлено за мету отримати реагенти з високою коагуляційною здатністю не тільки в відношенні до фізико-хімічних домішок, але й до мікроорганізмів. Запропоновані коагулянти – основні сульфати та дигідроксосульфат алюмінію дозволяють отримати воду високої якості, та 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 кондиції. Невпинне скорочення об'єму прісних вододжерел, підвищення середньорічної температури навколишнього середовища та багато інших факторів зумовлюють підвищення кількості мікроорганізмів у природних джерелах, 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 Мо 2,3; 2,5; 2,7 та дигідроксосульфату алюмінію (ДГСА) з Мо 2,0,

мають ряд переваг перед традиційними коагулянтами – сульфатом алюмінію (СА) та гідроксохлоридом алюмінію (ГХА) [3, 4, 5].

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 виділеннями 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 (Мо 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 ( $N_0$ ):  $Lg(N_t/N_0)$ .

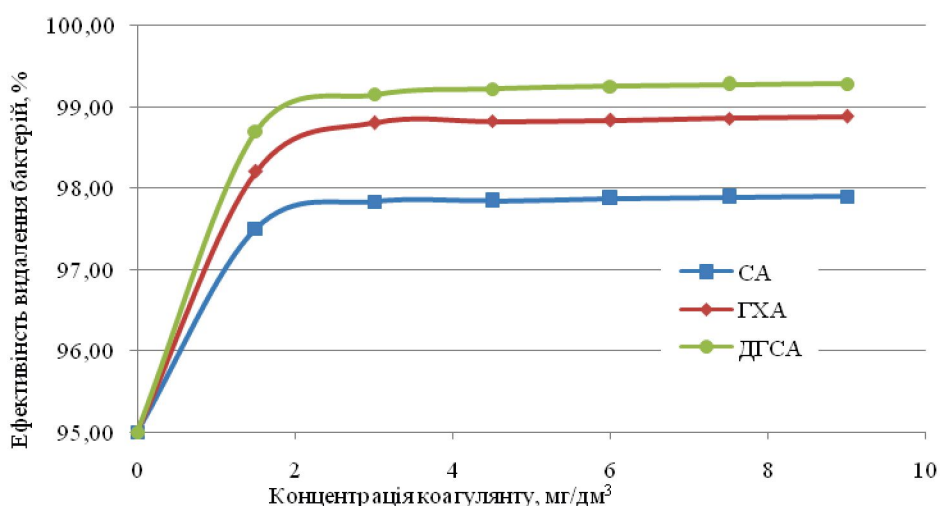


Рис. 1. Ефективність видалення бактерій різними видами коагулянтів.

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  $10^5$  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>.

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

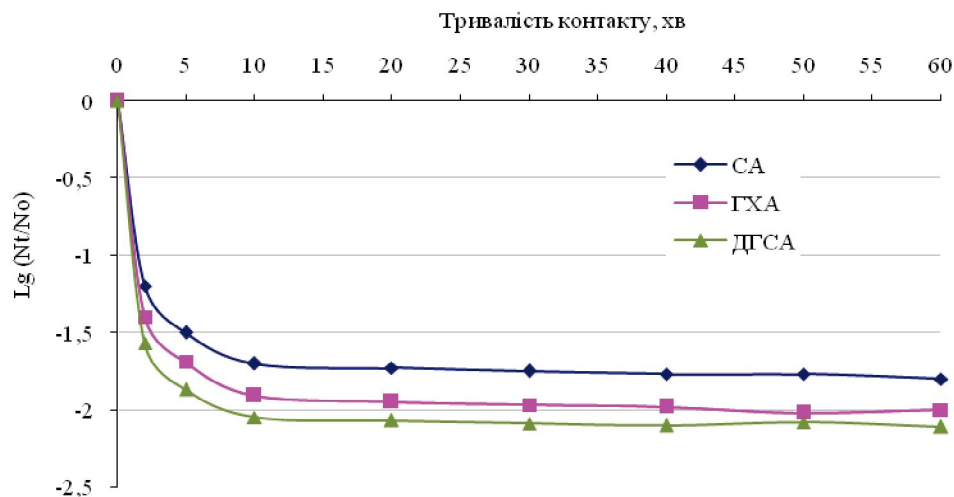


Рис. 2. Вплив тривалості контакту бактерій E.coli 1257 з коагулянтами на ступінь їх видалення (вихідне навантаження  $10^5$  КУО/см<sup>3</sup>).

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>.

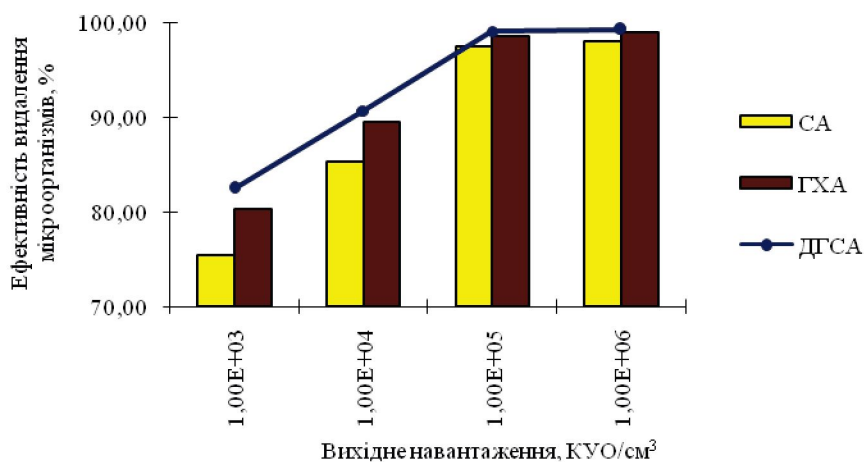


Рис. 3. Вплив вихідного навантаження на ефективність видалення мікроорганізмів коагулянтами.

При кількості бактерій у вихідній воді  $10^4$ , їх видалється на  $\approx 10\%$  менше, ніж при навантаженні  $10^5$ . Оскільки мікроорганізми є часточками з від'ємним зарядом, і в здистильованій 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> видалається 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 лікєро-горілкової 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.

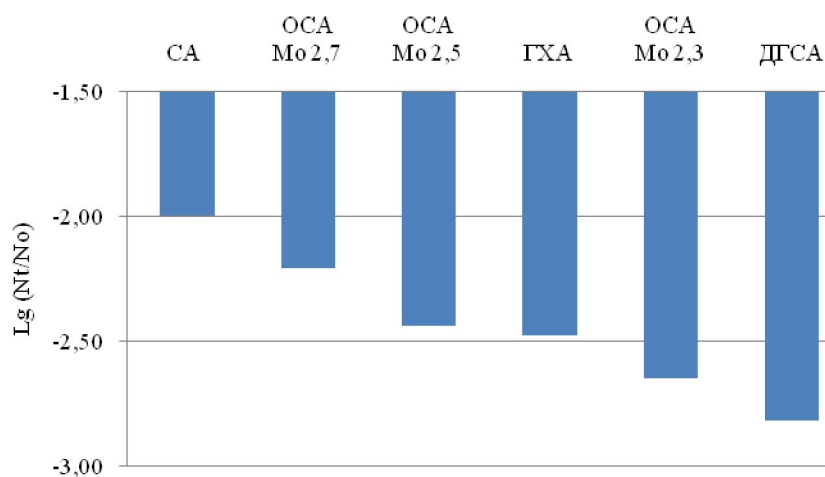


Рис. 4 Залежність ступеня видалення бактерій *E.coli* різними типам коагулянтів.

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 Мо 2,7, ОСА Мо 2,5, ГХА, ОСА Мо 2,3, ДГСА (рис. 4). Ступінь видалення бактерій ГХА дещо вищий за ОСА Мо 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 Мо 2,5 для доочищення водопровідної води буде повноцінною заміною гідроксохлориду алюмінію.

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

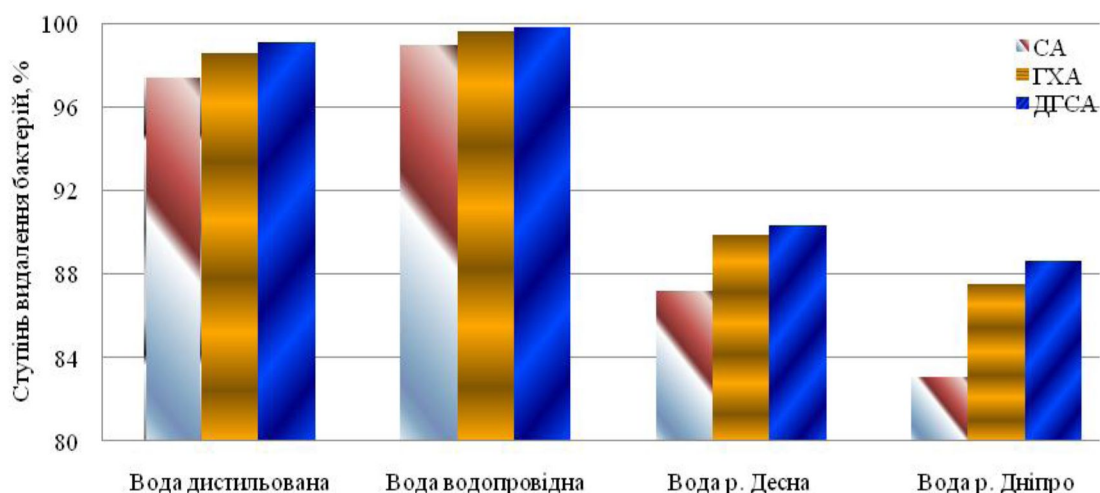


Рис. 5. Залежність ступеня видалення бактерій від типу води і коагулянту.

На рис. 5 представлені порівняльні результати очищення 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 малоефективним 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.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

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 дигидрокосульфата 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 гидрокосульфата алюминия / А.К.Запольский, И.М.Соломенцева, Л.И.Панченко и др. // Бум.пром-ть. – 1985. – №5. – С. 33–39.

#### Аннотация



В связи с проблемой получения воды питьевой кондиции, было поставлено целью получить реагенты с высокой коагуляционной способностью не только в отношении к физико-химическим примесям, но и к микроорганизмам. Предложенные коагулянты - основные сульфаты и дигидроксосульфат алюминия 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, дигидроксосульфат алюминия, коагуляция, подготовка воды, коагуляционное удаление бактерий.**

### **Summary**

To the basic ecological problems the problem of receipt of water of drinkable standard belongs 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 amount of microorganisms in natural sources, and especially, brings over to itself attention of increase of amount of pathogenic microflora.

In connection with the problem of receipt of water of drinkable standard, it was put by an aim to get reagents with high coagulative ability not only in attitude toward physical and chemical admixtures but also to the microorganisms. By 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 to the bacterium E.coli from natural waters Dnepr and Desna. The degree of moving away presents about 90 %, which specifies on their high efficiency.

From the got results of researches, it is possible to draw conclusion, which all coagulants are in one or another measure effective. But there is a danger at the use of GSA through content of chlorine, and SA as by an ineffective coagulant in relation to physical and chemical and microbiological indexes. At using as coagulants WASP and DGSA are observed the improvement of physical and chemical indexes of water and efficiency of moving away of bacteria will stipulate reduction of dose disinfecting to the agent that usually use after the coagulative cleaning of natural waters.

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