

**ХИЖНЯК О.О., к.т.н., асистент, ЗАПОЛЬСЬКИЙ А.К., д.т.н., професор,
НИЧИК О.В., к.т.н., доцент**
Національний університет харчових технологій, м. Київ

ЗАСТОСУВАННЯ КОМПОЗИЦІЇ ВИСОКООСНОВНОГО КОАГУЛЯНТУ З БАКТЕРИЦИДНИМ ФЛОКУЛЯНТОМ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ВОДИ ВИСОКОЇ ЯКОСТІ

Анотація

В даній статті представлені результати експериментальних досліджень ефективності очищення природної води від бактерій *E.coli* основними сульфатами алюмінію в порівнянні з традиційним коагулянтом – сульфатом алюмінію, бактерицидними флокулянтами та їх композиціями.

Ключові слова: основні сульфати алюмінію, бактерицидний флокулянт, водоочищення.

Abstract

In given article results of experimental researches of efficiency of clearing of natural water from bacteria *E.coli* by the basic sulphates of aluminium in comparison with traditional coagulant - aluminium sulphate, bactericidal flocculants and their compositions are presented.

Постановка завдання

Проблема забезпечення населення високоякісною питною водою, яка б відповідала показникам безпеки відповідно ГОСТу 2874-82 "Вода питьевая", постає дедалі частіше. Підвищення антропогенного, техногенного навантаження на поверхневі води призводить до високого вмісту у водах органічних речовин, ПАВ, нафтопродуктів, токсичних металів та ін. Крім того, створюються умови для розвитку планктону, що в свою чергу зумовлює підвищення кольоровості, присмаків, запаху. Збільшується кількість хвороботворних мікроорганізмів у поверхневих водах.

Традиційна технологія підготовки води включає процеси знебарвлення та прояснення, зазвичай, з використанням коагуляції, фільтрування та знезаражування з використанням сполук хлору. Для усунення стійких запахів і присмаків, видалення планктону застосовують подвійне хлорування природної води. Первинне хлорування, яке зумовлює утворення у очищеній воді токсичних хлормістких сполук, проводять у водоприймальному колодязі або насосній станції першого підйому. Після відстоювання або після фільтрування здійснюють вторинне хлорування [1, 2].

Використання традиційного коагулянту – сульфату алюмінію не завжди дозволяє отримувати питну воду високої якості за фізико-хімічними показниками (наприклад, високі концентрації залишкового алюмінію та ін.). Перспективними високоефективними коагулянтами є основні сульфати алюмінію, серед яких найбільш ефективним є дигідроксосульфат алюмінію.

Відомо, що знезараження води сполуками хлору, зумовлює утворення в очищеній воді токсичних, канцерогенних сполук. Тому в якості флокулянту запропоновано використовувати бактерицидний флокулянт на основі полігексаметиленгуанідину, який має флокуляційні та біоцидні властивості. У вказаній композиції коагулююча здатність вказаних реагентів не досліджена. Тому була поставлена задача дослідити коагуляційну та знезаражуючу здатність таких коагулянтів на природних водах рр. Дніпро та Десна та для доочищення питної води з цих рік для підготовки технологічної води в харчовій промисловості.

Методологічна частина

В даній роботі в якості реагентів використовували коагулянти сульфат алюмінію (СА), дигідроксосульфат алюмінію (ДГСА), гідроксихлорид алюмінію (ГХА), катіонний флокулянт полідіалілдиметиламоній хлорид (поліДАДМАХ), змішана сіль полігексаметиленгуанідинхлориду і фосфату (ПГМГ) та їх композиції. Поєднання процесів коагуляції і флокуляції забезпечують глибоке видалення органічних речовин з очищуваної води, що в свою чергу також знижує вміст хлорорганічних речовин.

Окрім інтенсифікації очищення природної води за фізико-хімічними показниками, композиція «коагулянт – флокулянт» дозволяє більш ефективно видаляти з води мікроорганізми. В якості тестової культури використовували санітарно-показовий штам бактерій *Escherichia coli* 1257, отриманого з колекції Державного науково-дослідницького інституту стандартизації та контролю медичних біологічних препаратів ім. Л.А.Тарасевича (Москва). Ступінь зараження очищуваної води від 10^5 КУО/см³. В якості модельної води використовували стерильну водопровідну воду з температурою 20°C, величиною рН 7,8. Коагулянти дозували з 1%-их розчинів по Al₂O₃, флокулянт з 0,1%-го.

В очищувану воду вносили необхідну кількість бактерій *E.coli*, отриманий розчин розливали в стакани в об'ємі 500 см³. В кожен стакан вносили певну кількість коагулянтів і флокулянту і перемішували на магнітній мішалці зі швидкістю перемішування 40 об/хв. 5-10 хв. Тривалість контакту бактерій з реагентами до 60 хв. Після чого розчин фільтрували через стерильний паперовий фільтр. В фільтраті визначали кількість бактерій, що вижили, методом прямого посіву на середовище Ендо. Культивування бактерій проводили при 37°C на

протязі 18-24 год. Результат (порядок видалення) виражали як логарифм відношення бактерій, що вижили, (N_t), до загальної кількості (N_0).

Фізико-хімічні параметри природних вод були наступними:

- р. Десна: кольоровість – 25 град., каламутність – 4,2 мг/дм³, лужність – 3,95 ммоль/дм³, рН – 8,15;
- р. Дніпро: кольоровість – 46 град., каламутність – 3,3 мг/дм³, лужність – 2,8 ммоль/дм³, рН – 8,2.
- Температуру води підтримували 18 °С.

Особливу увагу звернули на підбір доз флокулянту для досягнення високого ефекту знезаражування в природних водах.

Обговорення результатів

Як бачимо (рис 1), тенденція зберігається при збільшенні дози флокулянту ефективність знезаражування підвищується. Так, при застосуванні поліДАДМАХу в природних водах, його ефективність зменшується є нижчою в порівнянні з ПГМГ. Бактерицидний ефект Валеусу збільшується при очищенні природних вод.

Відомо, що в природних водах містяться домішки, які мають переважно від'ємний заряд, що в свою чергу сприяє збільшенню розмірів пластівців при коагуляції і покращенню їх седиментації разом з мікроорганізмами.

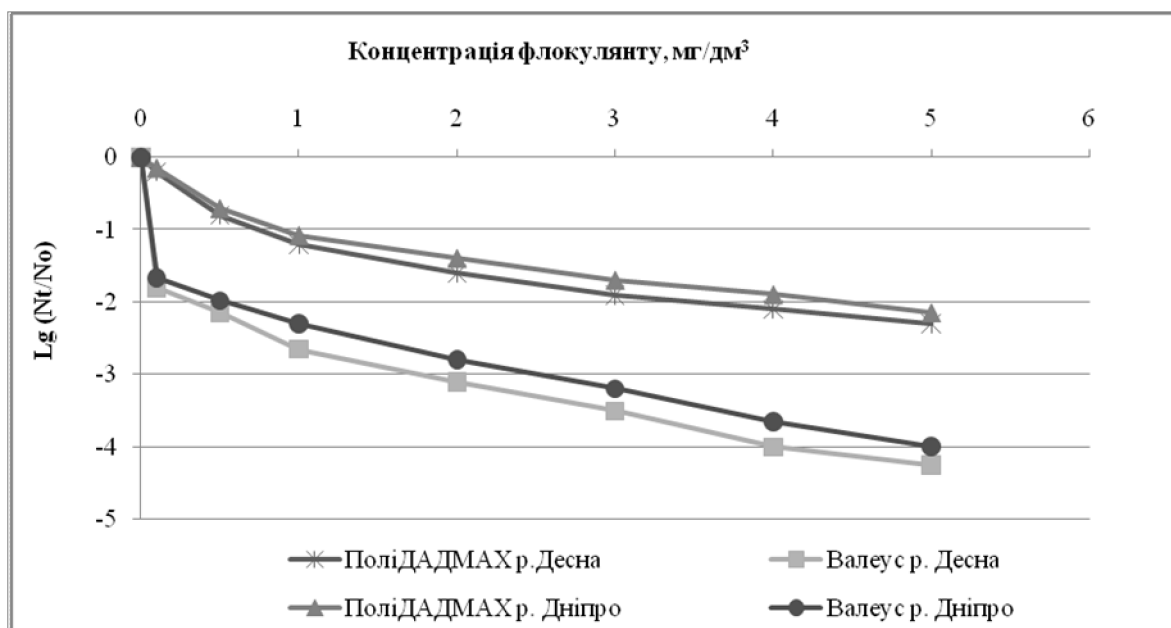


Рис. 1. Вплив дози флокулянтів на ефект видалення мікроорганізмів з природних вод р.Десна та Дніпро.

Дослідження ефективності здатності коагулянтів та флокулянтів видаляти бактерії *E.coli* в залежності від типу води – дистильована, водопровідна, природна рр. Десна та Дніпро. Значення води рН були в інтервалі 7,8...8,2. Дози коагулянтів були 1,5 мг/дм³, флокулянтів поліДАДМАХу – 0,5 мг/дм³, Валеусу – 0,05 мг/дм³. Як видно з рис 2, ступінь видалення бактерій коагулянтами високий при застосуванні їх для дистильованої та водопровідної вод. Різке зменшення коагуляційної ефективності по відношенню до бактерій при переході від водопровідної до природних вод рр. Десна та Дніпро спостерігається у всіх коагулянтів. Особливо, помітне зниження активності відбувалося у сульфату алюмінію на 11,8%, для ГХА – майже 10%, для ДГСА – 9,3% при очищенні деснянської води, та на 16, 12 та 11%, відповідно, для дніпровської води. Це пояснюється різним фізико-хімічним складом водопровідної та природних вод. Зменшення коагулятивної активності на Дніпровській воді пов'язано з високим вмістом в ній органічних речовин, які зумовлюють високу кольоровість на протязі всього року. Глинисті мінерали адсорбують на своїй поверхні мікроорганізми, не дозволяючи їх коагуляцію. Доза, яка використовувалася була недостатньою для коагулювання всієї кількості дисперсних часточок, тому при очищенні дніпровської води спостерігається набагато нижчий коагуляційний ефект, ніж для деснянської.

При дослідженні флокулянтів, флокуляційно-знезаражуючий ефект також зменшується при переході від водопровідної до природних вод рр. Десна та Дніпро (рис. 3). Різке зниження знезаражуючого ефекту спостерігалось при застосуванні флокулянту поліДАДМАХ на 13% при очищенні Деснянської і на 14% Дніпровської вод.

Щодо застосування Валеусу, то тут такий перехід становив 4 і 7%, відповідно, за значно меншої дози реагенту. Різниця в знезаражуючому ефекті між флокулянтами пояснюється не тільки різними властивостями природних вод, але й різними властивостями самих реагентів. Флокулянт Валеус має крім бактерицидної

здатності до бактерій (блокує функціонування мембран мікроорганізмів) високу флокуляційну здатність. Поєднання цих двох функцій і надає йому перевагу в знезараженні.

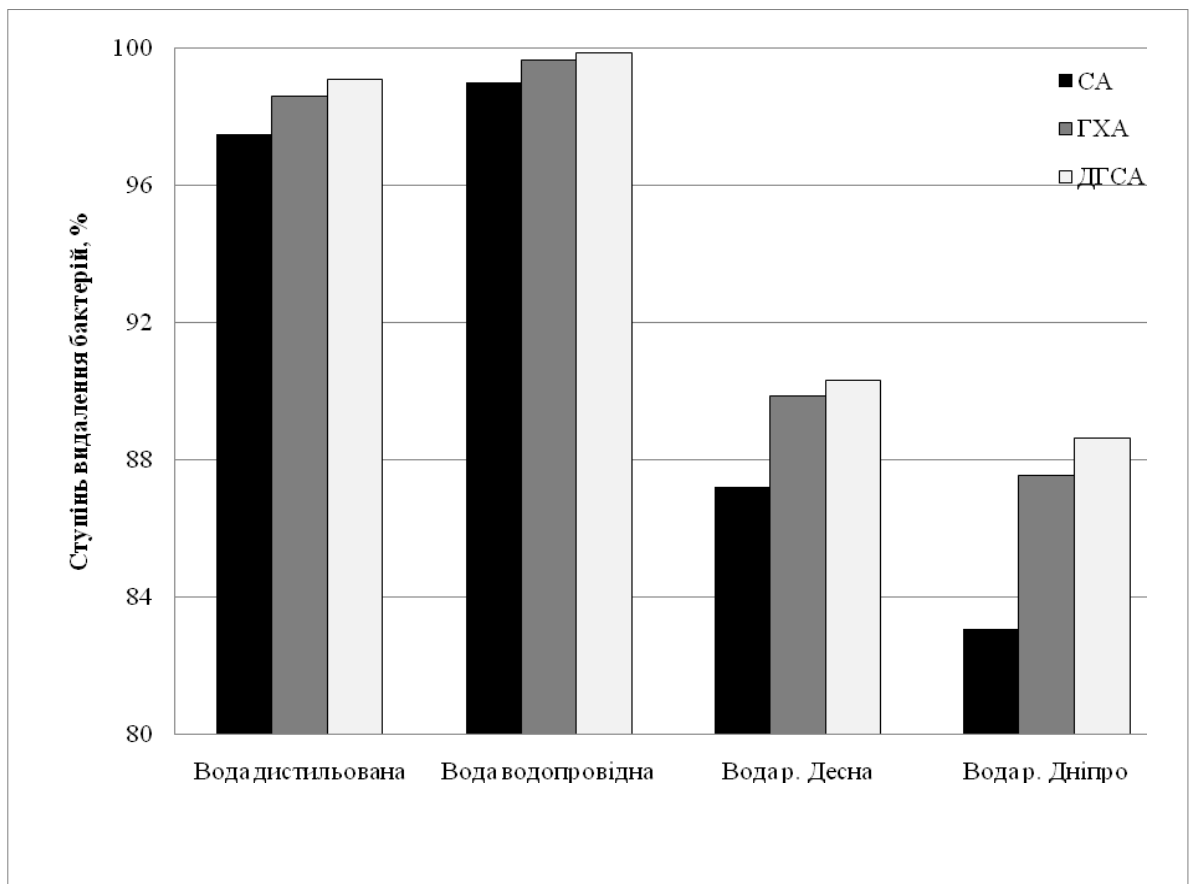


Рис. 2. Залежність ступеня видалення бактерій від типу води і коагулянту.

На відміну від коагулянтів, ефективність коагулянтів при переході від дистильованої води до водопровідної незначно знижується і залишається високою (рис. 3). Поява невеликої концентрації дисперсних часточок, які є у водопровідній воді, негативно впливають флокуляцію у воді. Очевидно, що для утворення флокул недостатньо дози флокулянтів, щоб була можливість з'єднати майже поодинокі часточки в очищуваній воді.

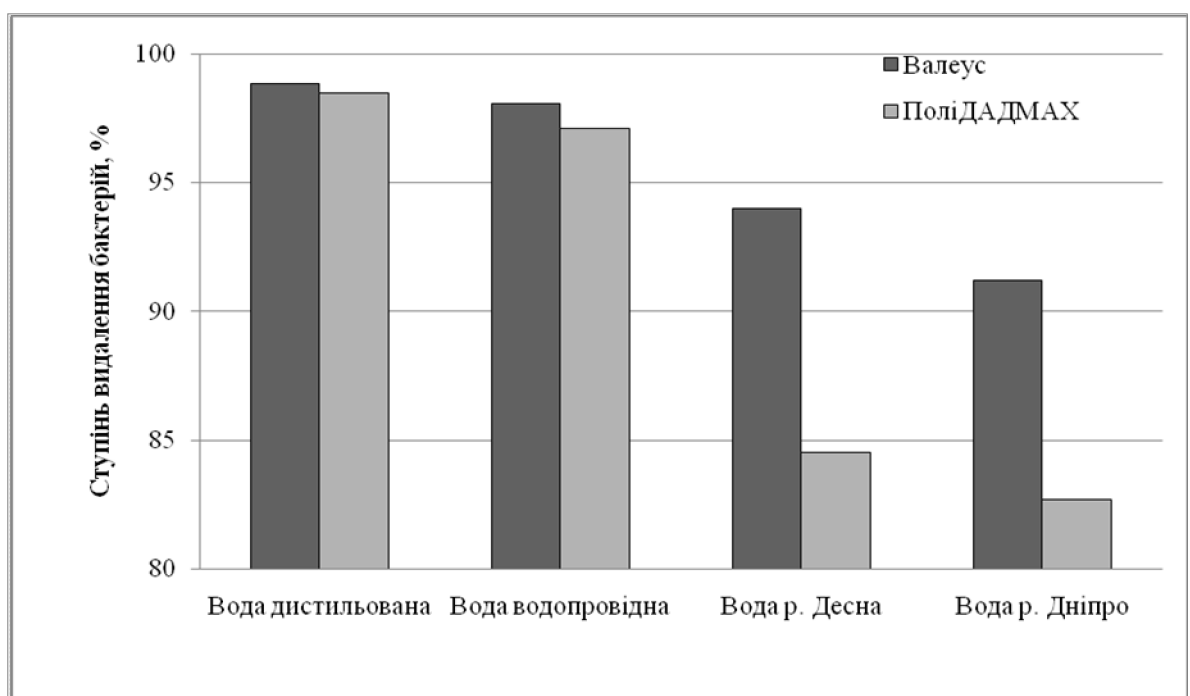


Рис. 3. Залежність ступеня видалення бактерій в залежності від типу води і флокулянтів.

Крім його катіонних властивостей, він має ще і знезаражуючий ефект. Тому сумарна дія цих двох властивостей покращує процес видалення мікроорганізмів з природних вод.

Встановили, що основний ефект видалення мікроорганізмів відбувається за дози флокулянтів 1 мг/дм^3 і становить 99,5% для Валеусу та 93,0% для поліДАДМАХу. Подальше видалення мікроорганізмів відбувалося дещо з меншим ефектом і при 5 мг/дм^3 становило 99,99% (що відповідає 4,3 порядки з 5) для Валеусу та 99,3-99,5% (2,15 та 2,3 порядки з 5 відповідно) для поліДАДМАХу. Для зручного підрахунку ефективності бактерицидної дії при спільному використанні флокулянту та коагулянту використовували дозу флокулянту поліДАДМАХу 3 мг/дм^3 та Валеусу $0,5 \text{ мг/дм}^3$. З проведених досліджень видно, що флокулянт Валеус має високу знезаражуючу дію при очищенні природної води від бактерій.

Наступним етапом було дослідження ефективності видалення тест-мікроорганізмів за допомогою композиції «коагулянт+флокулянт». В заражену воду вносили спочатку коагулянт, а потім флокулянт. Дози коагулянтів були 6 мг/дм^3 (оптимальна доза коагулянтів для очищення природної води), флокулянту поліДАДМАХ – 3 мг/дм^3 , Валеусу – $0,5 \text{ мг/дм}^3$, тривалість контакту реагентів з бактеріями 60 хв. Вихідне навантаження мікроорганізмів – 10^5 КУО/см^3 .

При використанні в якості флокулянту поліДАДМАХ, максимальне видалення бактерій спостерігали при використанні композиції «ДГСА+поліДАДМАХ» й становило 99,96% (3,4 порядки з 5), що відповідало вимогам до питної води, а саме, в 1 см^3 води менше 100 клітин E.coli (рис. 4). Щодо композицій «СА+поліДАДМАХ» та «ОХА+поліДАДМАХ», то їх дози ще потрібно було збільшувати, оскільки межа 100 мікроорганізмів в 1 см^3 не була досягнута. Для першої композиції вона перевищувала в три рази, а для другої майже вдвічі, хоча ефективність видалення бактерій була досить високою 99,78% і 99,87% відповідно.

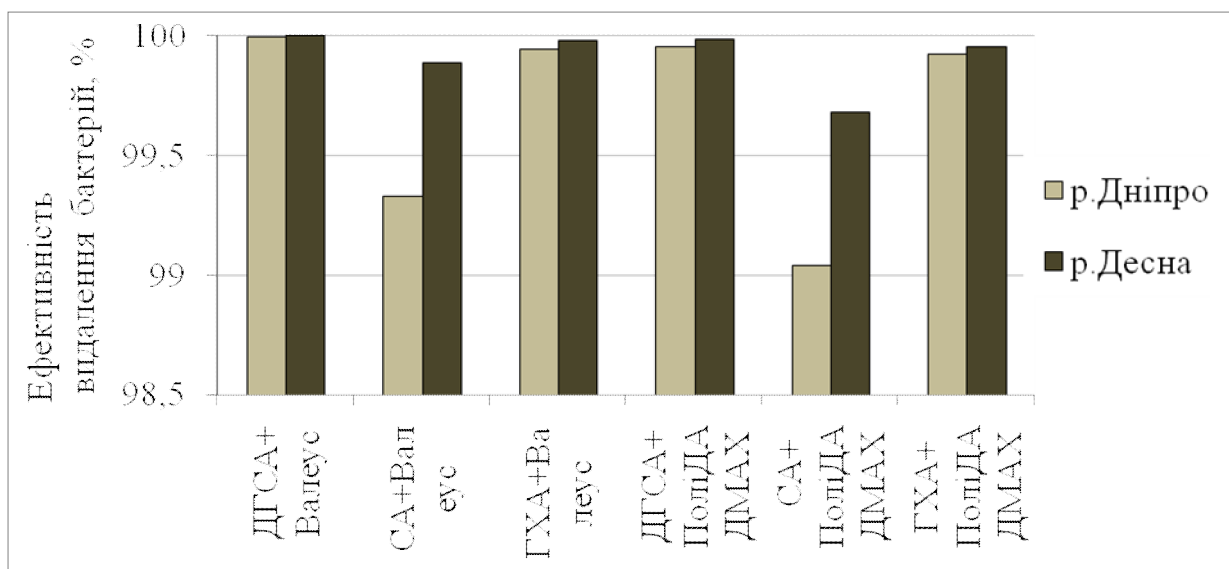


Рис. 4. Порівняльна ефективність видалення тест-мікроорганізмів E.coli композиціями коагулянтів з флокулянтами Валеус та поліДАДМАХ.

Застосування Валеусу для очищення природної води значно зменшує дозу коагулянту, що в свою чергу зумовлює зменшення концентрації привнесеного алюмінію, покращує фізико-хімічні та бактеріологічні (за тест-мікроорганізмом E.coli) показники питної води. Введення флокулянту значно інтенсифікує процес пластівцеутворення та седиментації.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник. – К.: Вища шк., 2005. – 671с.
2. Кульский Л.А. Теоретические основы и технология кондиционирования воды. – Киев.: Наук. думка, 1983. – 528 с.