

УДК 628.162.087

Орлов В.О., д.т.н., професор, Туровська Г.І., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВИБІР ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ БЕЗРЕАГЕНТНОГО ОЧИЩЕННЯ МАЛОКАЛАМУТНИХ КОЛЬОРОВИХ ВОД

Проведено аналіз існуючих методів очищення малокаламутних кольорових вод та запропоновано технологічну схему, яка представляє собою нове поєднання відомих в техніці водопостачання елементів для глибокого комплексного очищення води.

Ключові слова: малокаламутні кольорові води; очищення води; біотехнологія; інертні носії; біоценоз; біологічний поглинач.

Проведен анализ методов очистки маломутных цветных вод и предложено технологическую схему, представляющую собой новое сочетание известных в технике водоснабжения элементов для глубокой комплексной очистки воды.

Ключевые слова: маломутные цветные воды; очистка воды; биотехнология; инертные носители; биоценоз; биологический поглотитель.

The analysis of methods of clearing small-scale turbid color waters is carried out and the technological scheme representing the new combination of known in the technician of water supply elements for deep complex water treating is offered.

Key words: small-scale turbid color waters; water treating; biotechnology; inert carriers; a biocenosis; a biological absorber.

Зарегулювання стоку поверхневих джерел та будівництво водосховищ призводить до зниження каламутності і, як правило, збільшення кольоровості річкової води. Води цих річок стають малокаламутними і кольоровими.

На сьогоднішній день існує велика кількість методів очищення кольорових вод як фізико-хімічних, так і біологічних: коагуляція, електро- і електрохімічна коагуляція, флотація, очищення макропористими іонітами, мембранне фільтрування, застосування озонування та сорбції, комплексне використання окислювачів сумісно із УФ-випромінюванням, очищення на біосорберах та біопрояснювальних фільтрах. Ефективність вказаних методів для кожного джерела буде визначатись, перш за все, природою кольоровості.

Найбільш поширеним методом очищення малокаламутних кольорових вод питного та технічного призначення є обробка їх коагулянтном – сірчано-кислим алюмінієм і флокулянтном – поліакриламідом з наступною фільтрацією на контактних прояснювачах й контактних фільтрах та дезинфекцією хлором [1]. Як показали дослідження та досвід експлуатації [2, 3], ці споруди дають можливість значно зменшити витрату реагентів на очищення води, відмовитися від споруд першого ступеня очищення і отримати вищу якість фільтрату. Проте діапазон використання їх невисокий, а тому застосовувати їх потрібно дуже обережно: при збільшенні каламутності води [4], особливо в період повені, характерне погіршення якості фільтрату.

В зв'язку з цим ведеться пошук шляхів їх інтенсифікації та нових ефективних конструкцій. Підвищити ефективність роботи споруд можливо за рахунок покращання фізико-хімічних показників вихідної води шляхом її попереднього очищення або виконати конструктивні зміни в споруді [5]. Одним із змінюваних елементів повинно бути завантаження – використання фільтруючих матеріалів, для яких характерні технологічні переваги в порівнянні з кварцовим піском [6, 7]. До таких матеріалів належать подрібнений керамзит, вулканічні шлаки, подрібнена погоріла порода, шунгизит та ряд інших матеріалів. Всі ці завантаження відрізняються вищими адгезійними властивостями, пористістю, питомою поверхнею. Проте на багатьох діючих водопроводах після такої заміни спостерігається значна нерівномірність затримання забруднень по висоті завантаження [16]. Рівномірність розподілення забруднень в товщі завантаження поліпшується при фільтруванні знизу вгору в напрямку убуваючої крупності зерен завантаження. Але підвищення продуктивності таких фільтрів обмежується критичною швидкістю ϑ , при якій зерна завантаження починають переходити у завислий стан.

В останні роки велику увагу приділяють фільтрам з плаваючим пінополістирольним завантаженням [8-11]. Водоочисні технології та споруди на базі універсальних плаваючих фільтруючих матеріалів мають істотні техніко-економічні переваги в порівнянні з традиційними спорудами. Такими перевагами є: зменшення витрат промивних вод та об'ємів осаду, спрощення конструкції дренажної системи, поєднання в одній споруді декількох технологічних способів очищення води, відмова від промивних насосів та спеціальних ємкостей промивної води, збільшення продуктивності станції на 15...30% та значна економія основних реагентів.

За останні 30 років в Україні, Росії, Беларусі та інших країнах розроблено та впроваджено більш як 50 типів фільтрів з плаваючим пінополістирольним завантаженням, проте ці фільтри не позбавлені окремих недоліків. Найбільш суттєвими є можливість формування неоднорідного фільтруючого шару в напрямку убуваючої крупності гранул при висхідному фільтруванні води та складність отримання дрібногранульного завантаження з діаметром $d=0,5...1,0$ мм у великих об'ємах [8].

Одним із важливих аспектів очищення природних вод є можлива наяв-

ність іонів важких металів. Застосування окислювачів, в тому числі активно-го хлору, спричиняє практично повне виділення багатьох токсичних металів із нетоксичних комплексів [12].

Виключити можливість утворення хлорорганічних сполук в процесі водо-підготовки можна найбільш ефективно шляхом попереднього очищення во-ди, що дозволить зменшити вміст органічних сполук у вихідній воді до вве-дення у неї хлору.

Саме підготовка води без первинного хлорування та хімічних реагентів, а також підвищення продуктивності водопровідних фільтрів без заміни зерни-стого завантаження з мінімальними витратами на їх реконструкцію є важли-вою та актуальною задачею. Для її розв'язання нами пропонується доповнити існуючі фільтри для очищення малокаламутних кольорових вод біологічними поглиначами. Це дасть можливість усунути відмічені вище недоліки та інтен-сифікувати роботу фільтрувальних споруд в цілому.

Біологічні процеси обробки природної води в поєднанні з фізико-хімічними широко використовуються в Європі в технологічних схемах водо-підготовки [13].

З року в рік зацікавленість до біологічних методів очищення природних вод підвищується як до найбільш економічно вигідних та екологічно доціль-них. Біологічне очищення з використанням природних біоценозів є дешев-шим та простим методом обробки води. Основними перевагами цього мето-ду, в порівнянні з фізико-хімічними методами, є, перш за все, екологічна чист-ота, а також зменшення витрат електроенергії, значне скорочення числа об-слуговуючого персоналу та простота обслуговування. Цей метод характери-зується універсальністю та високою ефективністю відносно різних видів заб-руднень. Одночасно з процесом біологічного окислення протікають процеси біосорбції. Це дає можливість зменшити вміст не тільки органічних забруд-нень, але й завислих речовин, іонів важких металів, а також амонійних заб-руднень, нітритів та нітратів.

Біологічний метод очищення води не призводить до неприємних наслід-ків, які мають місце при обробці води підвищеними дозами хлору [14, 15]. Проте для виходу біологічної споруди на робочий режим очищення необхід-ний час. Це пов'язано з адаптацією мікроорганізмів та їх нарощуванням в до-статній кількості. Також при грубому порушенні технологічного процесу можливі збої у роботі.

Сучасна біотехнологія очищення води орієнтується на використанні носіїв з розвинутою поверхнею для іммобілізації гідробіонтів. Особливо важливий вибір ефективного носія для стадій, де працюють виключно мікроорганізми-деструктори. Фізичні властивості поверхні носія, з одного боку, впливають на склад спільностей мікроорганізмів-деструкторів. Це пояснюється тим, що адгезійні властивості бактеріальних клітин та носія взаємозалежні. З іншого

боку, носій характеризується адсорбційною здатністю по відношенню як до забруднень води, так і до продуктів життєдіяльності мікроорганізмів [16].

Розрізняють наступні типи іммобілізації: адгезію, хімічне зв'язування, електроутримання, прикріплення, агрегацію та включення. Що стосується очищення води, то можна виділити великі групи: включення в матеріал носія та адсорбція клітин на поверхні.

Для біотехнологічних цілей з екологічної точки зору найбільш прийнятними є методи адсорбції. В якості носія використовуються гранульовані синтетичні та мінеральні матеріали, паралон, скловолокно, склотканина, склоюргжі, штучні та синтетичні джгути й волокна та інші [17, 18].

Значний внесок в обґрунтування доцільності застосування біологічного методу, що базується на використанні як прикріплених мікроорганізмів, так і тих, що вільно плавають, зробили вітчизняні вчені: М.М. Ротмістров, П.І. Гвоздяк, М.І. Куліков, Й.М. Таварткіладзе, Н.О. Путіліна, Ф.В. Стольберг, П.Д. Хоружий; вчені Росії: С.М. Скадовський, В.М. Удод, І.В. Скирдов, С.В. Яковлев, Н.О. Базякіна, Л.І. Глоба, С.М. Строганов, Н.Б. Загорна, К.М. Корольков, С.С. Ставська, Г.М. Ніковська, М.А. Євилевич, Л.І. Гюнтер, В.М. Швецов, Ю.О. Феофанов, Ц.І. Роговська, Ю.В. Воронов, Т.О. Корюхина, Н.О. Лукиних, Є.С. Розумовський, А.О. Бондарев, Б.М. Репін; вчені країн Європи, Азії, Америки: Леттинга, Ардерн, Локкет, Горберт, Еккенфельдер, Ватанабе, Судзуки, Окада, Ешли, Ким, Мак-Киней, Поликар, Пореффер, Мак-Карти, Аткинсон, Чанг та ін.

Біотехнологія вже давно використовується в процесах очищення стічних вод міст та промислових підприємств [19, 20]. Проте в процесах очищення природних вод цей вид технології до теперішнього часу не отримав належного застосування. Природні води значно відрізняються від стічних вод: нижчі (майже на порядок) концентрації забруднень; наявність переважно важкоокислювальних сполук; сезонний характер їх появи в період відносно нетривалої повені; низькі температури води впродовж зимового періоду.

Таким чином, аналіз літературних даних показує, що до перспективних методів інтенсифікації процесів очищення поверхневих вод без значних капітальних затрат відноситься метод іммобілізованих мікроорганізмів на "інертних носіях". Проблема іммобілізації клітин мікроорганізмів та їх застосування для очищення води особливо інтенсивно розвивається за останні роки, хоча процес прикріплення мікроорганізмів відомий вже давно. Авторами [21-23] відмічено, що внесення різних носіїв у середовище дає можливість підвищити ефективність використання органічних речовин для синтезу біомаси мікроорганізмів, змінювати направленість метаболізму, скоротити лаг-період у адсорбованих клітин. Саме за рахунок іммобілізації мікроорганізмів на носію можливо в десятки разів збільшити їх біомасу в тому ж об'ємі споруди, що є економічно ефективним та перспективним для очищення води.

Дослідженнями [24] підтверджено, що, по-перше, в процесі попереднього біологічного очищення якість природної води покращується за

всіма санітарно-мікробіологічними, токсикологічними та органолептичними показниками; по-друге, на швидкість утилізації субстрату та зниження біогенності води впливає питома концентрація іммобілізованої біомаси, площа контактної поверхні носія та щільність його упаковки.

Для практичної реалізації біологічної технології очищення малокаламутних і кольорових вод нами пропонується технологічна схема, до складу якої входить біопоглинач із поступово спливаючим зернистим завантаженням та прояснювальний фільтр з плаваючим пінополістирольним завантаженням. Дана схема є новим поєднанням відомих в техніці водопостачання елементів і досліджується для глибокого комплексного очищення води.

Оцінка сучасного науково-технічного рівня в галузі очищення поверхневої води на прояснювальних фільтрах та використання природних біоценозів, іммобілізованих на “інертних носіях”, підтвердили доцільність створення та дослідження технологічної схеми, представлені на рисунку.

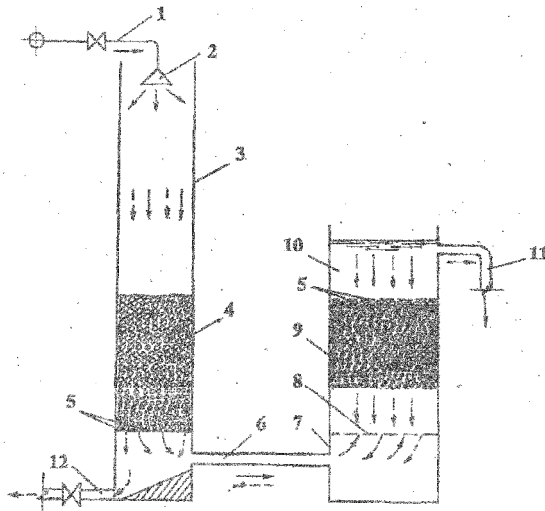


Рисунок. Схема безреагентного очищення малокаламутних кольорових вод:

1 – трубопровід подачі вихідної води; 2 – розбризкуючий пристрій; 3 – біопоглинач; 4 – зернисте завантаження, поступово спливаюче; 5 – утримуюча решітка; 6 – трубопровід подачі (відведення) попередньо очищеної (промивної) води; 7 – прояснювальний фільтр; 8 – розподільна система; 9 – плаваюче пінополістирольне завантаження; 10 – надфільтровий простір; 11 – трубопровід відведення профільтрованої води; 12 – трубопровід відведення промивної води

Як носій закріпленого біоценозу запропонований зернистий матеріал – пінополістирол, діаметром фракцій 3...5 мм та площею питомої поверхні 1200...2000 м²/м³.

Як показали дослідження, перебування насадки біопоглинача в умовах безперервного культивування призводить до утворення на поверхні носія слизової бактеріальної плівки (так званого чохла), що містить різні види мікроорганізмів (деструкторів і супутніх бактерій) і служить у фільтрувальній установці біоплівкою пінополістирольного фільтра.

Але для створення сприятливих умов проходження біохімічних процесів, що відбуваються при очищенні води в аеробних умовах, окрім притоку свіжого поживного середовища, вилучення продуктів обміну, що утворюються, та надлишку біомаси, потрібна ще і достатня концентрація кисню. В технічному плані це забезпечується розбризкуючим пристроєм, розміщеним у просторі біопоглинача.

Під дією сили тяжіння збагачена киснем повітря вода проходить крізь зернисте завантаження біопоглинача. Прояснення води відбувається як внаслідок механічного затримання зависі у порових каналцях, так і в результаті адгезії цих частинок до поверхні зерен під дією молекулярних та статичних сил.

Завдяки закріпленню мікроорганізмів на нерозчинному у воді носію та присутності в біоценозі бактерій різної деструктивної активності й чутливості забезпечується стабільне очищення води при суттєвих змінах складу забруднень у ній. Закріплені мікроорганізми здійснюють найрізноманітніші мікробіологічні трансформації органічних речовин.

Кінцевим етапом очищення води є проходження прояснювального фільтра з плаваючим пінополістирольним завантаженням (діаметр зерен – 0,5...2,0 мм). Вода після біопоглинача надходить у розподільну систему прояснювального пінополістирольного фільтра, розподіляється за площею, проходить крізь фільтруюче завантаження й очищеною збирається в надфільтровому просторі. По мірі забруднення прояснювального фільтра зернисте завантаження біопоглинача поступово спливає.

При зниженні якості фільтрованої води або продуктивності фільтра до встановлених значень установка виводиться на регенерацію.

Регенерація фільтруючого завантаження прояснювального фільтра заключається в зворотній промивці чистою водою з надфільтрового простору. Проходячи крізь пінополістирольне завантаження, потік води вимиває із нього забруднення, а також частину мікроорганізмів, що поселились у завантаженні. Під час промивки фільтруючого шару рівень води у біопоглиначі знижується, тим самим сприяє промивці зерен носія біоценозу: усувається можливість злипання зерен з товстим шаром біоплівки та утворення крупних агрегатів.

Рівень води в надфільтровому просторі прояснювального фільтра знижується і при досягненні рівня 10 см вище решітки промивка припиняється. За-

бруднена промивна вода збирається дренажною системою і відводиться в каналізацію.

Отже, підсумовуючи, можна зробити наступні **висновки**:

1. Для інтенсифікації процесу знебарвлення та прояснення поверхневих вод пропонується доповнити прояснювальні фільтри біологічними поглиначами, основним елементом яких є носії іммобілізованих мікроорганізмів.

2. Використання біопоглинача із прикріпленим біоценозом дає можливість знижувати агрегативну стійкість гетерогенних домішок води, значно зменшити навантаження на прояснювальний фільтр та підвищити ефективність його роботи.

3. Попереднє очищення проаерованої води на біопоглиначі, а потім на прояснювальному фільтрі запобігає проникненню відмерлої біоплівки в очищену воду та забезпечує доочищення поверхневої води.

4. Розроблена технологічна схема передбачає використання носія біоценозів, який завдяки іммобілізації мікроорганізмів здатен утилізувати, трансформувати та знезаражувати забруднення поверхневої води.

5. Експериментальними дослідженнями доведено можливість використання запропонованої схеми безреагентного прояснення та знебарвлення води для питних цілей при вмісту зависі до 60 мг/дм³ та кольоровості до 120 град. При каламутності більше 60 мг/дм³ дану технологічну схему в практиці можна використовувати для технічних цілей.

6. Застосування запропонованої технології очищення поверхневих вод, на відміну від традиційної, дасть можливість значно підвищити ефективність та надійність водоочищення поверхневих вод.

За останні роки зацікавленість до біотехнології очищення природних вод підвищилася і вже отримані позитивні результати їх випробувань [18, 24-27]. Це підтверджує доцільність та перспективність подальших досліджень в цьому напрямку.

1. Применение современных химических реагентов для обработки маломутных цветных вод / С.Г. Гумен, И.Н. Дариенко, Е.А. Евельсон, А.П. Русанова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2001. – № 3. – С. 12 - 15. 2. Эксплуатация контактных осветлителей на городских водопроводах // Сборник статей по обмену опытом. – М.: Изд-во Мин-ва коммуна. хоз-ва РСФСР, 1962. – 87 с. 3. Контактные осветлители для очистки воды / под ред. Д.М. Минца. – М.: Изд-во Мин-ва коммуна. хоз-ва РСФСР, 1955. – 172 с. 4. Павлов Г.Д. Осветление воды на грубозернистых фильтрах // Водоснабжение и санитарная техника. – 1970. – № 6. – С. 4-6. 5. Орлов В.О., Шевчук Б.И. Интенсификация работы водоочистных сооружений. – К.: Будивельник, 1989. – 128 с. 6. Чернова З.В., Мельцер В.З. Применение новых зернистых материалов для интенсификации работы водоочистных фильтров / ЦБНТИ Минводхоза. Сер. 3, вып. 3. – М., 1978.

7. Аюкаев Р.И., Мельцер В.З. Производство и применение фильтрующих материалов для очистки воды: Справочное пособие. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отд-ние, 1985. – 120 с. 8. Журба М.Г. Пенополистирольные фильтры. – М.: Стройиздат, 1992. – 174 с. 9. Одноступенчатая реагентная очистка воды на пенополистирольном фильтре в промышленных условиях / М.Г. Журба, П.Г. Луценко, Е.П. Грачев, В.П. Житков // Водоснабжение и санитарная техника. – 1982. – № 4. – С. 19-21. 10. Орлов В.О. Технологические исследования контактных пенополистирольных фильтров // Химия и технология воды. – 1980. – Т. 4, № 2. – С. 173-175. 11. Орлов В.О., Борисов Б.М. Эксплуатация контактных пенополистирольных фильтров на существующих станциях водоподготовки // Водоснабжение и санитарная техника. – 1983. – № 2. – С. 29-30. 12. Чернышова Н.Н., Свинцова Л.Д., Гиндуллина Т.М. Гуминовые вещества природных вод - возможный источник токсичных веществ при водоподготовке // Химия и технология воды. – 1995. – Т.17, № 6. – С. 601-608. 13. Bonver E.G., Crowe P.B. // J. Water Works Assoc. – 1988. – Vol. 80, № 9. – P. 82-93. 14. Weber W.J., Voice T.C., Jodellah A.J. Adsorption of humic substances: the effect of heterogeneity and system characteristics // J. Amer. Water Works Assoc. – 1983. – Vol. 75, № 12. – P. 612-619. 15. Hyde R.A., Rodman D.J., Fech B.J. Monitoring techniques for the organic quality of water // J. Inst. water Eng. and Sci. – 1984. – Vol. 38, № 11. – P. 25-38. 16. Туровська Г.І. Особливості методу іммобілізованих організмів на волокнистих носіях // Вісник НУВГП 36. наук. праць. Вип. 2(38). – Рівне: НУВГП, 2007. – С. 271-276. 17. Очистка природной воды гидробионтами, закрепленными на волокнистых насадках / Л.И. Глоба, П.И. Гвоздяк, Н.Б. Загорная, Г.Н. Никовская, С.М. Федорик, Л.И. Яблонская // Химия и технология воды. – 1992. – Т.14, № 1. – С. 63-67. 18. Журба Ж.М. Водоочистные фильтры с пенопластно-волоконистой загрузкой // Водоснабжение и санитарная техника. – 1996. – № 9. – С. 16-18. 19. Сенина Т.Д. Очистка от масел на многослойных волокнистых фильтрах сточных вод горячего проката: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.23.04. – М., 1986. 20. Очистка и доочистка бытовых сточных вод иммобилизованными микроорганизмами / Г.И. Корчак, М.М. Земляк, Л.В. Григорьева, Р.И. Иванникова, М.Ю. Антамонов, Г.И. Валяевская // Химия и технология воды. – 1996. – Т. 18, № 2. – С. 187-192. 21. Stotzky G., Rem L.T. Influence of clay minerals of microorganismus. 4. Montmorillonite and Kaolinite on fungi. – Canad. // J. Microbiol. – 1967. – Vol.13, № 11. – P. 547- 64. 22. Hattory B., Hattory T. Effect of liquidsolid interface on the life of microorganisms // ECol., Rew. – 1963. – Vol. 16, № 2. – P. 64-70. 23. Звягинцев Д.Т. Взаимодействие микроорганизмов с твердыми поверхностями. – М.: МГУ, 1973. – 173 с. 24. Туровська Г.І. Інтенсифікація роботи споруд очищення малокаламутних кольорових вод шляхом використання біопоглиначів: Дис... канд. техн. наук: 05.23.04. – Рівне, 2003 –211 с. 25. Гвоздяк П.И. Научное обоснование, разработка и внедрение в практику новых биотехнологий очистки воды / П.И. Гвоздяк, Л.И. Глоба // Химия и технология воды. – 1998. – Т. 20, № 1. – С. 61-69. 26. Гончарук В.В. Биотехнология в подготовке питьевой воды / В.В. Гончарук, А.С. Гордиенко, Л.И. Глоба, П.И. Гвоздяк // Химия и технология воды. – 2002. – Т. 25, № 4. – С. 363-374. 27. Глоба Л.І., Окаєвич К.А., Гвоздяк П.І. Біологічне вилучення загального органічного вуглецю із річкової води // Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті. – 2010. – № 2(2). – С. 36-40.

Рецензент: д.т.н., професор Филипчук В.Л. (НУВГП)