

УДК 628.1.16

## ОЧИЩЕННЯ МАЛОКАЛАМУТНОЇ ТА КОЛЬОРОВОЇ ВОДИ НА КОНТАКТНИХ ТА БІОПРОЯСНЮВАЛЬНИХ ФІЛЬТРАХ

**В. О. Орлов, А. М. Орлова, Г. І. Туровська**

Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне

e-mail: Orlov\_Valeriy@list.ru

*Наведено теоретичні обґрунтування та результати досліджень з прояснення та знебарвлення природних малокаламутних та кольорових вод на контактних та біопрояснювальних фільтрах.*

*Ключові слова: контактне фільтрування, коагуляція, біологічне очищення, біопоглинач, носії біоценозу.*

### **Вступ**

Основним джерелом водопостачання України є поверхневі води, зокрема басейн Дніпра забезпечує до 70% населення питною водою. За останні десятиріччя, не зважаючи на спад промислового та сільськогосподарського виробництва, практично всі поверхневі джерела водопостачання України інтенсивно забруднюються внаслідок шкідливої дії антропогенних чинників. На якісний склад води вплинуло і зарегулювання стоку та будівництво водосховищ, яке призвело до зниження каламутності та збільшення кольоровості води. Води цих річок стають малокаламутними і кольоровими з великою кількістю органічних домішок. Це характерно для більшості річок України [1]. Різноманітність чинників, що впливають на природу кольоровості велика і в кожному природному джерелі буде спостерігатися по-різному.

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.

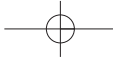
Найбільш поширеним методом очищення малокаламутних кольорових вод питного та технічного призначення є обробка їх коагулянтном з наступною фільтрацією на контактних прояснювачах й контактних фільтрах та дезинфекцією хлором [2]. Як показали дослідження та досвід експлуатації [3, 4], ці споруди дають можливість значно зменшити витрату реагентів на очищення води, відмовитись від споруд першого ступеня очищення і отримати більш високу якість фільтрату. Проте діапазон використання їх невисокий і тому застосовувати їх потрібно дуже обережно при збільшенні каламутності води [5], особливо в період повені, коли характерно погіршення якості фільтрату. В зв'язку з цим ведеться пошук шляхів їх інтенсифікації та нових ефективних конструкцій.

В останні роки велику увагу приділяють фільтрам з плаваючим пінополістирольним завантаженням [6-9]. 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 емкостей промивної води, збільшення продуктивності станції на 15...30% та значна економія основних реагентів тощо.

Проте в теперішній час необхідно вирішувати питання вилучення із води не тільки речовин, які обумовлюють її кольоровість та каламутність, але й різного роду органічних та







неорганічних забруднень. Зокрема, виключити можливість утворення хлорорганічних сполук в процесі водопідготовки можна найбільш ефективно шляхом попереднього очищення води, що дозволить зменшити вміст органічних сполук у вихідній воді до введення у неї хлору. Саме підготовка води без первинного хлорування та хімічних реагентів, а також підвищення продуктивності водопровідних фільтрів без заміни зернистої засипки з мінімальними витратами на їх реконструкцію є важливою 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 інтенсифікувати роботу фільтрувальних споруд в цілому.

З року в рік зацікавленість до біологічних методів очищення природних вод підвищується як до найбільш економічно вигідних та екологічно доцільних, і вже отримані позитивні результати їх випробувань [10-13]. Це підтверджує доцільність та перспективність подальших досліджень в цьому напрямку.

Отже, враховуючи підвищені вимоги діючого ДСанПіНа [14] до проясненої питної води поверхневих джерел, антропогенне навантаження на джерела водопостачання, досвід роботи діючих споруд, найбільш доцільне використання реагентних схем прояснення води з використанням контактної коагуляції або біологічного очищення.

### Постановка задачі

Метою роботи є підвищення ступеня очищення природних малокаламутних кольорових вод, що є одним із перспективних напрямів інтенсифікації процесів покращання якості природних вод в умовах, коли джерела зазнали великого впливу антропогенного характеру.

### Теоретичне обґрунтування водоочищення

Водоочищення в сучасних теорії та практиці розглядається як складний фізико-хімічний процес, який істотно залежить від адгезійних властивостей фільтруючого матеріалу та кінетичної й агрегативної стійкості колоїдних часток зависі природної води.

Колоїдні частки знаходяться постійно в стані хаотичного, броунівського руху. Цей рух сприяє кінетичній стійкості часток, вони не осаджуються. Проте, в результаті руху, хімічної або біологічної обробки, вони можуть злипатись (коагулювати), а потім залишати агрегативну стійкість, укрупнюватись, ставати більш важкими, осідати, або налипати до якихось адгезійних часток, поглинатись мікроорганізмами. Швидкість коагуляції може бути відображена формулою М.С.Смолуховського [4, 15, 16]:

$$n_t = \frac{n_0}{1 + 4 \cdot \pi \cdot D \cdot r \cdot \tau \cdot n_0}, \quad (1)$$

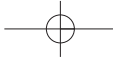
де  $n_t$  та  $n_0$  - кількість часток дисперсної фази на початку процесу коагуляції та наприкінці через час  $t$ ;  $D$  - коефіцієнт молекулярної дифузії;  $r$  - радіус сфери тяжіння часток, який дорівнює відстані між центрами часток, при якому виявляється їх агрегація.

Тобто, для видалення колоїдних часток необхідно їх підштовхнути до коагуляції або біопоглинання, змінивши їх концентрацію, властивість, відстань між центрами часток.

При контактній коагуляції в шарі зернистої засипки важливе значення має крупність зависі. Дуже мала завись при фільтруванні зверху до низу через пісок може проходити і погіршувати якість фільтрату [17]. Велика завись, що утримується в верхніх шарах засипки, кольматує її і не дозволяє іншим часткам проходити в засипку [16, 18], чим скорочується фільтроцикл. Природна вода може мати частки різноманітної крупності. Коагуляція в об'ємі після вводу коагулянту веде взагалі до укрупнення часток. Довгий контакт води у вільному просторі при контактній коагуляції в зернистій засипці призводить також до укрупнення зависі, а тому більш доцільними можуть бути пінополістирольні фільтри з висхідним фільтраційним потоком.







На даному етапі біологічне очищення природних вод передбачає, в першу чергу, використання біопоглиначів як носіїв іммобілізованих мікроорганізмів. При виборі біопоглиначів необхідно враховувати їх механічні, фізико-хімічні та санітарно-гігієнічні властивості [19]. Відповідно до класифікації Л.А. Кульського, мікроорганізми за фазовим станом та дисперсністю відносяться до гетерогенних систем. Для них характерні дифузія, седиментація, броунівський рух, здатність сорбуватися [20]. Вони володіють подвійним електричним шаром, гідратною оболонкою, розсіюють світло у водному середовищі, їх дисперсії можуть коагулювати [21]. Це дає можливість розглядати дисперсії мікроорганізмів у водному середовищі як гідрофільні біоколоїдні системи, агрегативна та седиментаційна стійкість яких визначається електричним, кінетичним та структурно-механічним чинниками [22]. Ефективність біологічного очищення залежить від наявності у воді біогенних елементів, вмісту кисню, токсичних речовин, рН води, температури тощо. В каналізації при біологічній очистці широко використовується модель Еккенфельдера, в якій ступінь очищення залежить від концентрації забруднень на вході і виході, тривалості аерації, концентрації і властивостей біомаси. Розвиток очищувальних воду гідробіонтів можливий при достатній кількості поживних речовин, в першу чергу, органічного карбону, нітрогену, фосфору та інших хімічних елементів. Якщо при очистці стічних вод процес, в якійсь мірі, вже вивчений, то при очистці природних вод із значно меншою концентрацією всіх домішок і швидкості нарощування біомаси цей процес вивчений значно менше. При біологічній очистці природних вод слід враховувати розміри домішок, відстані між ними і мікроорганізмами, властивості середовища (рівняння (1)), а також умови насичення киснем води, розвитку мікрофлори, її відмирання і подальшого затримання.

Таким чином, з урахуванням фізико-хімічних властивостей домішок, а також кінетики та динаміки їх фазових перетворень можна здійснити вибір найбільш оптимальних та економічних методів очищення води.

#### Результати дослідження та їх обговорення

Практична перевірка контактної фільтрування проводилась на колонках з фільтруванням попередньо коагульованої штучно закаламученої води та на виробничих контактних пінополістирольних фільтрах. В колонки засипався пінополістирол крупністю 0,5...0,75 мм товщиною 1,2 м. Висота буферного шару приймалась від 0,1 до 0,7 м з інтервалом 0,1 м. Швидкість фільтрування приймалась 6...10 м/год. Дані свідчать, що при висоті підфільтрового простору більше 0,5 м і швидкості фільтрування 6 м/год спостерігається погіршення якості води, що підходить до засипки, збільшуються темпи приросту втрат напору, одночасно погіршується якість фільтрату. При підвищенні швидкості фільтрування ці явища зникають. Безумовно, наведені дані можуть змінюватись в залежності від фізико-хімічних показників води. Швидкість фільтрування слід підтримувати в межах 10м/год., проте значне збільшення швидкості фільтрування погіршує якість фільтрату і потребує більшої висоти шару засипки [23]. Чисельні досліди показали, що при обранні певних конкретних практичних меж, в яких працює на практиці фільтр, в оптимальному режимі параметри фільтрування і засипки повинні відповідати рівнянню

$$\frac{L}{V^{\varepsilon_1} \cdot d^{\varepsilon_2} \cdot M^{\varepsilon_3}} = const \quad (2)$$

де V- швидкість фільтрування, м/год; d – діаметр гранул, мм; M – каламутність, мг/дм<sup>3</sup>; L - товщина шару, м;  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$ ,  $\varepsilon_3$  – показники ступеня (визначаються експериментальним шляхом).

На Сокольському блоці фільтрувальних станцій на очищення подавалася вода з наливних водосховищ із заповненням їх з Північно-Кримського каналу з каламутністю до 3 мг/дм<sup>3</sup> і кольоровістю до 75 град. До реконструкції на фільтрувальному блоці працювала двоступенева реагентна схема очистки води з прояснювачами із завислим осадом та швидкими фільтрами. Всі чотири піщані фільтри були реконструйовані на контактні





пінополістирольні із швидкістю фільтрування 7..10 м/год. Взаємопов'язаність надфільтрового простору забезпечувалася отворами в стінках розміром 0,05x0,3 м. Промивка фільтрів проводилась упродовж 3...4 хв. з середньою інтенсивністю 11,5 л/с·м<sup>2</sup>. За час промивки рівень в надфільтровому просторі знижувався на 60-65 см. Рівень води в фільтрі, який промивався, був на 5...10 см нижче, ніж в працюючих фільтрах. Помітних течій води до перепускних вікон не спостерігалось.

Одним із основних критеріїв оцінки використання біотехнології є достатнє поглинання на біопоглиначі забруднень, відрив частки закріпленої мікрофлори потоком води і затримання її в фільтруючій засипці [24].

Сучасна біотехнологія очищення води орієнтується на використання носіїв з розвинутою поверхнею для іммобілізації гідробіонтів. Особливо важливий вибір ефективного носія для стадій, де працюють виключно мікроорганізми-деструктори [19]. За даними багатьох авторів визначена питома поверхня різних носіїв біоценозів, іммобілізованих на: рухомих зернистих носіях (пісок – 3500 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>; гранульований газонаповнений алюмосилікат – 2200 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, полістирол – 720 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, поліетилен – 980 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>); пінополістиролі – 1200-2000 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>; волокнистих матеріалах – 1333...8000 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>. Найбільш розвинутою поверхнею характеризуються волокнисті матеріали і, внаслідок цього, вони мають більш високі адгезійні властивості й більш ефективні як носії іммобілізованих організмів.

Досліджений нами біопрояснювальний фільтр [25] мав в якості носія прикріпленого природного біоценозу модулі із капронових текстурованих джгутових ниток (КТДН) [ТУ 6-06-С 116-87, текс 500] питоною поверхнею від 1333 до 4000 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>, розміщені у верхній частині зернистого фільтра з піщаною засипкою. В якості фільтруючого завантаження використовувався кварцовий пісок з розмірами фракцій 0,5...1 мм.

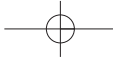
В такому фільтрі вихідна вода вільно розприскується на відкриту поверхню води (аерується), проходить низхідним потоком вздовж ниток біопоглинача, де закріплюється природний біоценоз, який поглинає, в першу чергу, органічні домішки і зменшує агрегативну стійкість гетерогенних домішок. Остаточна вода прояснюється в зернистому піщаному завантаженні. В міру забруднення біопоглинача або зернистого завантаження фільтр промивається. Зернисте завантаження промивається зворотнім потоком промивної води, а біопоглинач – вихідною водою при зниженні рівня перед промивкою піщаного завантаження.

Внесення “інертних” носіїв у водне середовище дає можливість підвищити ефективність використання органічних речовин для синтезу біомаси мікроорганізмів, змінювати направленість метаболізму, скоротити лаг-період у адсорбованих клітин [20, 26, 27]. 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. Найбільш доцільним є прямоточне проходження рідини через очисну споруду. Це сприяє швидкому вилученню із зони біохімічної реакції продуктів обміну одних мікроорганізмів та споживання їх іншими, розміщеними нижче за течією рідини, що підлягає очищенню [28].

Завдяки закріпленню мікроорганізмів на нерозчинному у воді носії та присутності в біоценозі бактерій різної деструктивної активності й чутливості забезпечувалось стабільне очищення води при суттєвих змінах складу забруднень у ній. Закріплені мікроорганізми здійснювали самі різноманітні мікробіологічні трансформації органічних речовин, що підтверджується дослідженнями [11].

Дослідження з технології очищення малокаламутних кольорових вод проводились на реальній річковій воді. Якість вихідної води, що забиравалась з р. Горинь під час проведення досліджень, характеризувалась наступними показниками: температура - 2...24 °С; завислі речовини - 10,8 ... 90 мг/дм<sup>3</sup>; кольоровість - 10...120 град; рН - 7,2...8,3; жорсткість - 2,7...6,5 мг-екв/дм<sup>3</sup>; лужність - 2...6 мг-екв/дм<sup>3</sup>; окиснюваність - 5,3...10,6 О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>; нітрити - 0,09...0,11 мг/дм<sup>3</sup>; нітрати - 0,3...0,96 мг/дм<sup>3</sup>; азот амонійний - 0,16...0,35 мг/дм<sup>3</sup>; розчинений кисень - 3,8...10,3 мг/дм<sup>3</sup>. Згідно літературних даних, у водах річок Прип'ятського басейну





періодично виникають присмаки та запахи біологічного походження. Завись, що знаходилась в річковій воді, була різноманітна за крупністю і складом. Вона складалася з тонкодисперсних, грубодисперсних та колоїдних частинок мінерального та органічного походження.

Дослідження проводились при різних показниках якості води у різні періоди року при швидкості фільтрування від 5 до 10 м/год.

Результати проведених досліджень на реальній річковій воді дали можливість виявити деякі особливості процесу біологічного очищення природних вод. Встановлено значний ефект очищення води за перманганатною окислюваністю. Зокрема, після біопоглинача він склав 32,85...50,12 %, що свідчить про достатньо високий рівень вилучення органічних речовин. Приблизно такий же ступінь зниження органічних забруднень вдається досягти при використанні коагуляційної обробки води. Проте, при біологічному очищенні вилучається значна частина амонійних сполук, нітритів та нітратів, що при коагуляції не досягається. Достатньо високий ефект вилучення амонійного азоту (92,23...96,77%) свідчить про те, що протікає процес нітрифікації, а це підтверджує високий ступінь вилучення окислювальних органічних речовин. Визначення біохімічного споживання кисню очищеної води показало, що її величина не перевищувала 2...2,5 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>. Таким чином, в очищеній воді лишаються тільки важкоокислювальні органічні речовини в допустимих концентраціях. Слід відмітити, що середній ефект очищення води на біопоглиначі по завислих речовинах знаходиться в межах від 15,91 до 57,42 %, при цьому кольоровість води знижується на 14,19...76,73 % в залежності від конструктивних особливостей насадки біопоглинача та якості вихідної води. За дослідженнями ефект очищення знижувався з підвищенням каламутності води. Ефекту денітрифікації не спостерігалось, тому на заключному етапі можливе використання і пінополістирольних фільтрів.

Попереднє очищення проаерованої води на біопоглиначі, а потім в зернистому завантаженні запобігало проникненню відмерлої біоплівки в очищену воду та забезпечувало доочищення поверхневої води.

В процесі досліджень було виявлено, що біоценози обростань накопичують на своїй поверхні не тільки завислі речовини, біогенні елементи, знижують біогенність води. Також в зоні носія була виявлена значна кількість іонів багатовалентних металів, що узгоджується з даними [29]. Це дає можливість зробити висновок про те, що в зоні носія є значна кількість іонів багатовалентних металів з високим адгезійно-коагулюючим потенціалом.

Дослідженнями 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.

Експериментальними дослідженнями на реальній річковій воді доведена можливість використання біопрояснювальних фільтрів в практиці водопостачання для безреагентного знебарвлення та прояснення води як для питних, так і технічних цілей за наступними технологічними схемами:

1) при вмісті зависі до 60 мг/ дм<sup>3</sup> та кольоровості до 120 град.: розбризкуючий пристрій – біопрояснювальний піщаний фільтр;

2) при вмісті зависі до 90 мг/ дм<sup>3</sup> та кольоровості до 120 град.: попередній пінополістирольний фільтр – розбризкуючий пристрій – біопрояснювальний піщаний фільтр.

### **Висновки**

Сучасний науково-технічний рівень очищення малокаламутних кольорових вод, який характерний для більшості поверхневих вод України, показує, що основними спорудами є фільтрувальні споруди із зернистими завантаженнями.



Таким чином, при підготовці води питної якості із річок з малокаламутною і кольоровою водою можливо використовувати контактні пінополістирольні фільтри та біопрояснювальні фільтри.

### **ОЧИСТКА МАЛОМУТНОЙ И ЦВЕТНОЙ ВОДЫ НА КОНТАКТНЫХ И БИООСВЕТИТЕЛЬНЫХ ФИЛЬТРАХ**

**В. О. Орлов, А. Н. Орлова, Г. И. Туровская**

Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно  
e-mail: Orlov\_Valeriy@list.ru

*Приведены теоретические обоснования и результаты исследований по осветлению и обесцвечиванию естественных маломутных и цветных вод на контактных и биоосветлительных фильтрах.*

*Ключевые слова: контактное фильтрование, коагуляция, биологическая очистка, биопоглотитель, носители биоценоза.*

### **CLEARING OF SMALL-SCALE TURBID COLOURED WATERS ON THE CONTACT AND BIOCLARIFYING FILTERS**

**V. Orlov, A. Orlova, H. Turovska**

National university of water industry and nature management, Rivne  
e-mail: Orlov\_Valeriy@list.ru

*Theoretical substantiation and the results of studies on lightening and discoloration of natural small-scale turbid and non-ferrous water on the contact bioclarifying filters are shown.*

*Key words: contact filtering, coagulation, biological treatment, bioabsorber, carriers of biocenosis.*

#### **Список літератури:**

1. Тугай А. М. Водопостачання: підручник для вузів / А. М. Тугай, В. О. Орлов. — Рівне: РДТУ, 2001. — 429 с.
2. Применение современных химических реагентов для обработки маломутных цветных вод / С. Г. Гумен, И. Н. Дарченко, Е. А. Евельсон, А. П. Русанова // Водоснабжение и санитарная техника. — 2001. — № 3. — С. 12 — 15.
3. Эксплуатация контактных осветлителей на городских водопроводах // Сборник статей по обмену опытом. — М. : Изд-во Мин-ва коммун. хоз-ва РСФСР, 1962. — 87 с.
4. Контактные осветлители для очистки воды / под ред. Д. М. Минца. — М. : Изд-во Мин-ва коммун. хоз-ва РСФСР, 1955. — 172 с.
5. Павлов Г. Д. Осветление воды на грубозернистых фильтрах / Г. Д. Павлов // Водоснабжение и санитарная техника. — 1970. — № 6. — С. 4 — 6.
6. Орлов В. О. Технологические исследования контактных пенополистирольных фильтров / В. О. Орлов // Химия и технология воды. — 1980. — Т. 4, № 2. — С. 173 — 175.
7. Орлов В.О. Эксплуатация контактных пенополистирольных фильтров на существующих станциях водоподготовки / Б. М. Борисов, В. О. Орлов // Водоснабжение и санитарная техника. — 1983. — № 2. — С. 29 — 30.
8. Журба М. Г. Пенополистирольные фильтры / М. Г. Журба. — М. : Стройиздат, 1992. — 174 с.
9. Орлов В. О. Пінополістирольні фільтри в технологічних схемах водопідготовки / В. О. Орлов, А. М. Зошук, С. Ю. Мартинов. — Рівне: РДТУ, 1999. — 144 с.



10. Установка для очистки природных вод и способ ее осуществления: А.с. 1832119 СССР, МКИ С 02 F 9/00 / В. В. Найденко, Л. А. Васильев, А. Л. Васильев, Е. П. Дергунов (СССР). — № 4946236, Заявлено 17.06.91; Оpubл. 07.08.93, Бюл. № 29. — 6 с. ил.
11. Глоба Л. И. Биотехнология предварительной очистки воды р. Днестр на Беляевской водоочистной станции / [Л. И. Глоба, П. И. Гвоздяк, Г. Н. Никовская и др.] // Химия и технология воды. — 1993. — Т.15, № 9 — 10. — С. 690 — 696.
12. Журба Ж. М. Водоочистные фильтры с пенопластно-волоконистой загрузкой // Водоснабжение и санитарная техника. — 1996. — № 9. — С. 16 — 18.
13. Глоба Л. И. Біологічне вилучення загального органічного вуглецю із річкової води / Л. І. Глоба, К. А. Окаєвич, П. І. Гвоздяк // Вода і водоочисні технології. Науково-технічні вісті. — 2010. — № 2(2). — С. 36 — 40.
14. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною : ДСанПіН 2.2.4-171-10. — [Чинний від 2010—05—12]. — К. : Ліга:Закон, 2010.
15. Орлов В. О. Интенсификация работы водоочистных сооружений / В. О. Орлов, Б. И. Шевчук. — К.: Будивельник, 1989. — 128 с.
16. Колодный Ю. И. Исследование протекания процесса контактной коагуляции и характера распределения загрязнений в слоях загрузки контактного осветлителя. - Сб. трудов ГИСИ "Водоснабжение", Горький, 1961. — С. 36 — 45.
17. Михайлов В. А., Сиденко Т. К. Влияние дисперсности взвешенных веществ на работу контактных осветлителей. — Сб. научн. трудов АКХ "Водоснабжение", т.VIII, М. — Л., 1961. — С. 81 — 89.
18. Орлов В. О. Водоочисні фільтри із зернистою засипкою / В. О. Орлов. — Рівне: НУВГП, 2005. — 163 с.
19. Гвоздяк П. И. Микробиология и биотехнология очистки воды: Quo vadis? / П. И. Гвоздяк // Химия и технология воды. — 1989. — Т.11, №9. — С. 854 — 858.
20. Звягинцев Д. Т. Взаимодействие микроорганизмов с твердыми поверхностями / Д. Т. Звягинцев. — М. : МГУ, 1973. — 173 с.
21. Ротмистров М. Н. Микробиология очистки воды / М. Н. Ротмистров, П. И. Гвоздяк, С. С. Ставская. — К. : Наукова думка, 1978. — 268 с.
22. Глоба Л. И. Влияние физико-химических свойств микроорганизмов на эффективность их удаления из воды / Л. И. Глоба // Химия и технология воды. — 1985. — Т.7, №1. — С. 73 — 77.
23. Минц Д. М. Теоретические основы технологии очистки воды / Д. М. Минц. — М. : Стройиздат, 1964. — 155 с.
24. Орлов В. О. Безреагентне очищення річок Полісся / В. О. Орлов, Г. І. Туровська // Коммунальное хозяйство городов: науч. - техн. сборник. Серия: технические науки и архитектура. — К. : Техніка, 2003. — С. 128 — 132.
25. Пат. 44623 А UA, МПК C02F1/52. Фільтр для очистки воды / Г.І. Туровська, В.О. Орлов, В.Ю. Нецький, В.М. Лотюк. Заявлено 15.06.2001; Оpubл. 15.02.2002, Бюл. № 2. - 2с. іл.
26. Stotzky G. Influence of clay minerals of microorganismus. 4. Montmorillonite and Kaolinite on fungi / Stotzky G., Rem L.T. // J. Microbiol. — 1967. — Vol.13, № 11. — P. 547 — 564.
27. Hattory B. Effect of liquidsolid interface on the life of microorganisms / Hattory B., Hattory T. // ECol., Rew. — 1963. — Vol. 16, № 2. — P. 64 — 70.
28. Гвоздяк П. И. Очистка промышленных сточных вод прикрепленными микроорганизмами / П.И. Гвоздяк, Г.Н. Дмитренко, Н.И. Куликов // Химия и технология воды. — 1985. — Т. 7, № 1. — С. 64 — 68.
29. Глоба Л. И. Удаление бактерий из речной воды с помощью иммобилизованного на волокнах биологически активного обрастания / Л. И. Глоба, Г. Н. Никовская, Н. Б. Загорная, М. В. Боброва // Химия и технология воды. — 1995. — Т.17, № 5. — С. 545 — 549.