

ДИНАМІКА ПРОЦЕСУ ЗАБРУДНЕННЯ ПОЛИВНОЇ МЕРЕЖІ КРАПЛИННОГО ЗРОШЕННЯ ТА ЗАХОДИ З ВІДНОВЛЕННЯ ЇЇ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ

Р.А. КУПЕДІНОВА, А.Т. КАЛЕНІКОВ,
Т.А. КАПЕЛЮХА, В.С. МАЙДАНОВИЧ
Інститут водних проблем і меліорації (ІВПіМ НААН)

Розглянуто динаміку процесу забруднення поливної мережі краплинного зрошення, визначено зони забруднення залежно від режиму руху води в поливному трубопроводі, наведено математичні залежності для визначення зусилля самопромивної здатності потоку води, запропоновано технічно можливі заходи для зменшення впливу забруднень на працездатність поливної мережі.

Ключові слова: поливний трубопровід, накопичення забруднень, самопромивна здатність потоку води

Суть проблеми. На сучасному етапі зрошення в Україні широкого розповсюдження набувають системи краплинного зрошення. Відомо, що запровадження таких систем потребує значних капіталовкладень. Тому питання працездатності систем краплинного зрошення у різних умовах експлуатації та надійність їх роботи є досить актуальними.

Дослідженнями встановлено, що одним із головних факторів, який впливає на працездатність поливної мережі краплинного зрошення, є якість води. Використання для поливу поверхневих або підземних водних джерел вимагає високоякісної підготовки води, яка, як правило, містить елементи забруднення різного походження – фізичні, біологічні, хімічні. Головною проблемою, яка може виникнути у будь-якого користувача краплинного зрошення, є забруднення поливної мережі.

Основним елементом системи краплинного зрошення є краплинні водовипуски, які забезпечують розрахункову водоподачу на ділянку зрошення з заданою рівномірністю. Частки забруднень поливної води,

© Р.А. Купедінова, А.Т. Каленіков,
Т.А. Капелюха, В.С. Майданович, 2014

які за розміром менше водопропускних отворів засобів водопідготовки (від 50 мкм до 100 мкм), потрапляють у поливну мережу. Встановлено, що в міжполивний період у поливних трубопроводах і краплинних водовипусках відбувається процес осідання нерозчинених механічних часток, які разом з біологічними, хімічними забруднювачами під дією температур доквілля та за внесення добрив з поливною водою призводять до масового розмноження фіто-зоопланктону, внаслідок чого ці забруднення агрегуються в агломерати. Їх частки осідають на внутрішніх поверхнях ділянкових, поливних трубопроводів та краплинних водовипусків і під дією адгезійних сил зчеплення утворюють міцні структурні зв'язки («кірку»). У результаті зменшуються розміри водопропускних каналів, розрахункова витрата мережі, збільшується тривалість поливу, витрата електроенергії, зменшується продуктивність зрошуваного поля та ефективність використання обладнання системи краплинного зрошення тощо.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За останні роки в наукових працях вітчизняних вчених було розглянуто основні причини забруднення поливної мережі, наведено рекомендації з вибору технічних засобів водопідготовки та краплинних водовипусків. Проте динаміку процесу забруднення поливних трубопроводів та краплинних водовипусків не досліджували [1, 2].

Завдання дослідження – встановити динаміку процесу забруднення поливної мережі та розробити заходи з відновлення її працездатності.

Методика досліджень. Для забезпечення наукових основ цієї проблеми були проведені експериментальні дослідження в сертифікованій лабораторії випробувань засобів зрошення ІВПіМ НААН за методикою, яка включає визначення гідравлічних параметрів поливних трубопроводів за відкриття кінцевих заглушок в режимі промивання та базується на математичних залежностях для нерівномірного усталеного руху води [3].

Оцінку придатності води для зрошення визначали за ДСТУ 2730-94 [4], ВНД 33-5.5-02-97 [5] та Посібнику до ДБН В.2.4-1-99 [6].

Самопромивну здатність потоку води в поливному трубопроводі (повздовжнє зусилля на внутрішніх стінках трубопроводу) визначали за формулою [7]:

$$F = 981\gamma \frac{\pi d^2}{4} \Delta p, \text{ Н}, \quad (1)$$

де γ – питома вага води, кг/м^3 ; d – внутрішній діаметр трубопроводу на розрахунковій ділянці, м; Δp – втрата тиску на розрахунковій ділянці трубопроводу між краплинними водовипусками, визначали за формулою Дарсі-Вейсбаха [7]:

$$\Delta p = 10^{-2} \lambda \frac{\ell_k V^2}{d 2g}, \text{ МПа}, \quad (2)$$

де ℓ_k – крок розміщення краплинних водовипусків, м; g – прискорення сили тяжіння, м/с^2 ; λ – коефіцієнт гідравлічного опору:

– для зони турбулентного руху води визначали за формулою Блазіуса:

$$\lambda = \frac{0,3164}{R_e^{0,25}}, \quad (3)$$

– для зони ламінарного руху води визначали за формулою Пуазейля:

$$\lambda = \frac{64}{R_e}, \quad (4)$$

де R_e – число Рейнольдса визначали за формулою:

$$R_e = v^{-1} V d, \quad (5)$$

де v – кінематичний коефіцієнт в'язкості води, $\text{м}^2/\text{с}$;

V – швидкість руху води на розрахунковій ділянці за транзитного потоку визначали за формулою:

$$V = \frac{1,11 \cdot 10^{-6} n_{КТР} \cdot \bar{q}_e}{\pi d^2}, \text{ м/с}, \quad (6)$$

де $n_{КТР}$ – кількість краплинних водовипусків, що розміщені на трубопроводі після розрахункової ділянки, шт.; \bar{q}_e – середня витрата краплинного водовипуску, $\text{м}^3/\text{год}$.

Для зручності розрахунку підставили числові показники «живого» перерізу та втрат тиску у формулу (1) і після скорочення отримали формули визначення самопромивної спроможності потоку води в поливному трубопроводі:

– для зони турбулентного руху води:

$$F = 3,955 \pi d^{0,75} v^{0,25} V^{1,75} \ell_k, \text{ Н}; \quad (7)$$

– для зони ламінарного руху води:

$$F = 8 \pi v V \ell_k, \text{ Н}. \quad (8)$$

Виклад основного матеріалу. За подачі води в поливну мережу системи краплинного зрошення, за мінливої кількості та витрат краплинних водовипусків швидкість потоку води вздовж поливних трубо-

проводів зменшується, в результаті мають місце два режими руху води – турбулентний та ламінарний.

За турбулентного режиму частки забруднень у потоці води знаходяться у зваженому стані, а самопромивна здатність потоку сприяє виносу їх у кінцеву (хвостову) частину трубопроводу. За ламінарного режиму при зменшенні швидкості потоку води від 0,15 м/с відбувається гідравлічне сортування часток забруднень та їх випадання в осад. Таким чином, у поливних трубопроводах у процесі поливу формуються дві зони – зона самопромивання забруднень та зона їх накопичення. Формування таких зон залежить від діаметра поливних трубопроводів, витрати краплинних водовипусків та кроку їх розташування на трубопроводі (рис. 1).

Критерієм зміни турбулентного режиму руху води на ламінарний є число Рейнольдса. Його критичне значення знаходиться в межах від 1800 до 2200 і залежить від швидкості руху потоку води в трубопроводі, його діаметра та температури поливної води.

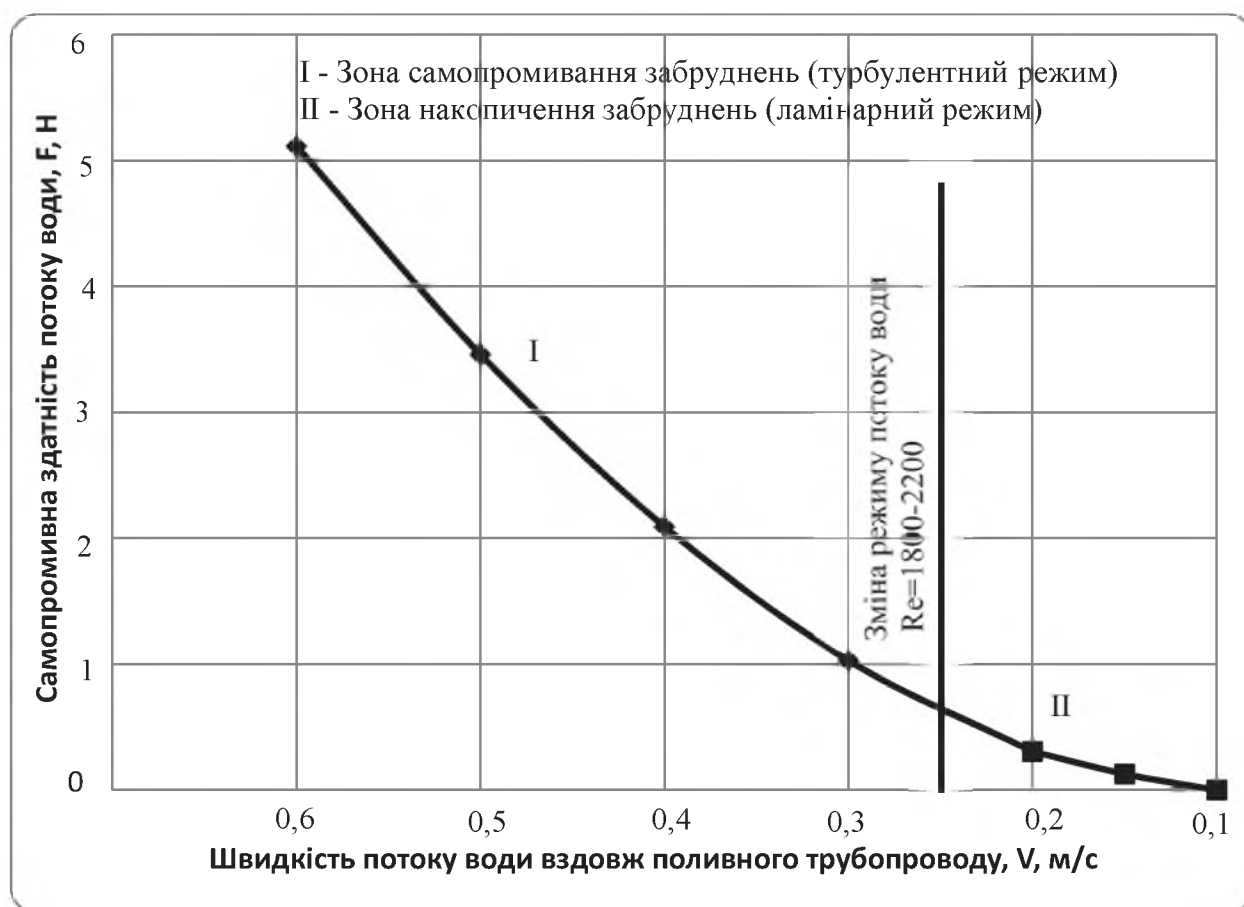


Рис. 1. Формування зон самопромивної здатності потоку води в поливному трубопроводі в робочому режимі

Зважені частки із зони самопромивання забруднень вільно проходять через краплинні водовипуски, а в зоні накопичення забруднень спочатку замулюють водовипуски кінцевої частини поливних трубопроводів і поступово забруднюють наступні водовипуски з кінця трубопроводу. У разі відсутності заходів для видалення забруднень з поливних трубопроводів з часом усі краплинні водовипуски можуть бути замулені і система краплинного зрошення втратить своє функціональне призначення.

Видалення із поливних трубопроводів забруднень, які знаходяться у зваженому стані, можливе за відкриття кінцевих заглушок (гідравлічне промивання), якщо адгезійні сили не перевищують самопромивної здатності потоку води.

Дослідженнями встановлено, що для видалення забруднень, які випали в осад, швидкість потоку промивної води має бути від 0,25 м/с до 0,30 м/с. За гідравлічного промивання було встановлено залежність процесу видалення осаду забруднень із поливного трубопроводу від швидкості потоку води вздовж трубопроводу (діаметр трубопроводу 16 мм, витрата краплинних водовипусків 2,1 л/год, крок розташування 1 м, (рис. 2).

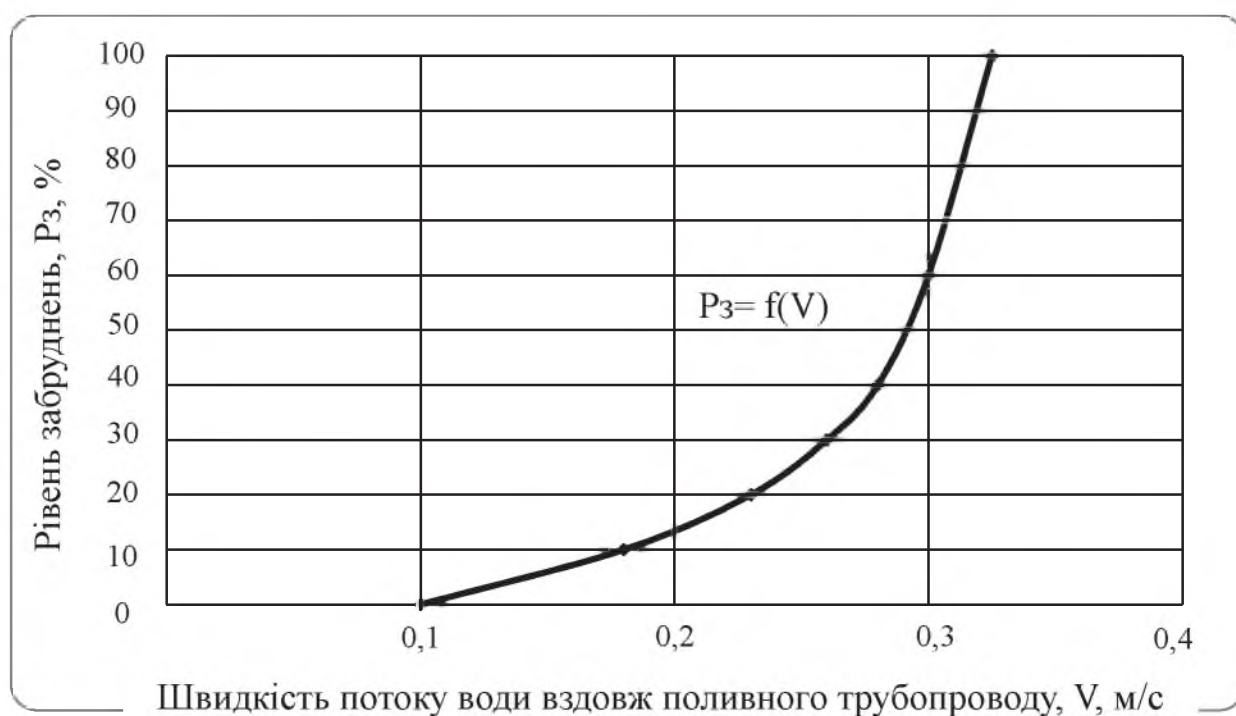


Рис. 2. Залежність процесу видалення осаду забруднень із поливного трубопроводу від швидкості потоку води

Якщо накопичені забруднення неможливо видалити за гідравлічного промивання, тоді для їх розчинення у поливну мережу потрібно вносити хімічні реагенти. Тобто слід перевести забруднення у зважений стан, а потім видалити їх за допомогою гідравлічного промивання.

Дослідним шляхом у лабораторії, залежно від хімічного складу забруднень та ступеня їх зчеплення з внутрішніми поверхнями водопропускних елементів, було визначено: вид хімічного реагенту (сірчана, соляна, азотна, ортофосфорна кислоти тощо), його концентрацію в поливній воді та тривалість витримування в поливних трубопроводах.

Для зменшення впливу забруднень на працездатність елементів поливної мережі в процесі експлуатації необхідно проводити такі заходи:

- за використання висококаламутних поверхневих вод необхідно влаштовувати відстійники, а підземних вод із вмістом розчинного заліза – аератори;

- у випадку скупчення у джерелі зрошення дрейсен та баянусів пригнічувати їх хімреагентами;

- забезпечити на водозабірному оголовку вузла водоподачі підвід води до всмоктуючого трубопроводу зі швидкістю від 0,05 м/с до 0,07 м/с;

- проводити систематичне контролювання витратно-напірних характеристик краплинних водовипусків та рівномірності зрошення в кінцевій частині (1/3 довжини поливного трубопроводу) поливного модуля;

- за появи ознак забруднення на внутрішніх поверхнях трубопроводів (наявність видимих зважених часток, нальоту або слизу різного забарвлення тощо) провести гідравлічне промивання поливної мережі відкриттям кінцевих заглушок на поливних трубопроводах, а за необхідності і на ділянкових;

- у разі зменшення витрат краплинних водовипусків до 5% та зниження рівномірності зрошення на поливному модулі від 1% до 2% необхідно проводити промивання поливної мережі розчинами хімреагентів відповідно до хімічного складу забруднень;

- влаштовувати в кінці поливних трубопроводів самопромивні пристрої, за цього промивання мережі необхідно проводити після завершення подачі норми поливу з регулюванням тривалості промивання шляхом зміни тиску на початку ділянкового трубопроводу;

– об'єднувати декілька поливних трубопроводів у ланки з одним промивним трубопроводом більшого діаметра ніж поливні (локальне кільцювання), це дасть можливість переформувати зони накопичення забруднень в поливних трубопроводах і осадити їх в промивному трубопроводі з подальшим видаленням із нього;

– влаштовувати поливні трубопроводи «телескопічного» типу зі зменшенням їх діаметрів до кінця трубопроводу, тобто розширити зону самопромивання забруднень і зменшити зону їх накопичення;

– застосовувати краплинні водовипуски промивної дії;

– застосовувати вироби поливної мережі із антиадгезійних матеріалів;

– скорочувати міжполивні періоди за подачі норми поливу частками за декілька циклів;

– за стійкого забруднення краплинних водовипусків зі зменшенням витрат до 30% поливні трубопроводи необхідно замочувати в контейнерах з примусовим заповненням розчином хімреагентів підвищеної концентрації (рН від 1 до 1,5).

Висновки. Дослідженнями встановлено, що в процесі роботи системи краплинного зрошення в поливних трубопроводах залежно від режиму руху води в них формуються дві зони – зона самопромивання забруднень за турбулентного режиму та зона їх накопичення за ламінарного режиму.

Накопичення забруднень в поливному трубопроводі відбувається за ламінарного режиму внаслідок зменшення швидкості потоку води в трубопроводі від 0,15 м/с, а видалення осаду здійснюється гідравлічним промиванням за швидкості потоку води від 0,25 м/с до 0,3 м/с. Тривалість промивання поливних трубопроводів становить від 1 хв до 4 хв

Для видалення забруднень, які не виносяться з поливного трубопроводу за максимальної промивної здатності потоку гідравлічного промивання, необхідно вносити в поливну мережу розчин хімічного реагенту, найбільш ефективного для конкретного хімічного складу забруднювача, а також проводити таким розчином профілактичні промивання за появи ознак забруднення.

1. *Журба М.Г.* Рекомендации по оценке пригодности воды, выбору капельниц, средств водоочистки и способов борьбы с засорением

поливной сети систем капельного орошения / М.Г. Журба, Р.М. Новик, В.М. Мошко и др. – Кишинев: Изд. «Тимпул», 1985 г. – 27 с.

2. Пастухов В.І. Підготовка води для краплинного зрошення [Електронний ресурс] / В. І. Пастухов, В. В. Тарасенко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2013. – Т. 3, Вип.13. – С. 129–133. – Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/j-pdf/Ptdau_2013_3_13_21.pdf

3. Купедінова Р.А. Дослідження параметрів промивання поливної мережі систем краплинного зрошення в процесі експлуатації / Р.А. Купедінова, А.Т. Каленіков, В.С. Майданович та ін. // Наукові праці Південного філіалу Національного університету біоресурсів і природокористування України «Кримський агротехнологічний університет». – Сімферополь, 2013. – Вип. 156. – С. 144–150.

4. ДСТУ 2730:94 Система стандартів у галузі охорони навколишнього природного середовища та раціонального використання ресурсів. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії.

5. ВНД 33-5.5-02-97 Якість води для зрошення. Екологічні критерії. – Харків: Держводгосп України, 1998. – 15с.

6. Системи краплинного зрошення. Загальні технічні вимоги та методи визначення технологічних параметрів. Посібник до ДБН В.2.4-1-99 «Меліоративні системи і споруди». – К., – 2012. – 213 с.

7. Справочник по гидравлическим расчетам / под редакцией П.Г. Кисилева – М.: Энергия, 1957.

Рассмотрена динамика процесса загрязнения поливной сети капельного орошения, определены зоны загрязнений в зависимости от режима движения воды в поливном трубопроводе, приведены математические зависимости для определения угонной силы потока воды, приведены технически возможные мероприятия для уменьшения действия загрязнений на работоспособность поливной сети.

The dynamics of contamination of the drip irrigation system was studied; the contamination areas were specified subject to a water flow regime in the irrigation pipeline. Mathematical relations for determining the force of water self-clearing ability were presented; technically feasible measures for the reduction of contamination impact on the irrigation system performance are given.