

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202002-258>Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/258>

УДК 628.1

ВИКОРИСТАННЯ АДАПТИВНОГО ПІДХОДУ ДО РОЗРОБКИ СИСТЕМИ ОЧИЩЕННЯ ВОДИ

А.П. Левчук¹, інж., В.І. Максін², док. хім. наук¹ Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-5127-0110> ; e-mail: andriylevchuk@ukr.net;² Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0001-8903-6744> ; e-mail: vimaxin@ukr.net

Анотація. В умовах водоспоживання з нецентралізованих систем водопостачання виникає низка проблемних аспектів, які негативно впливають на якість води, особливо питного водозабезпечення, а саме: відсутність сучасних методів контролю та комплексних систем очищення води, кваліфікованого обслуговуючого персоналу, тривала логістика доставки комплектуючих та реагентів, великі відстані до кінцевого водоспоживача, неможливість своєчасно відреагувати на потребу перевірки контролюючого лабораторного устаткування та несправність блоків тощо. Непередбачувані природні чи техногенні фактори ще більше ускладнюють перераховані аспекти. Усе це та постійна зміна до вимог якості води, її складових та технологічних процесів, обумовлює пошук нових сучасних підходів до вирішення проблем та питань відцентралізованого питного водопостачання. Тому в цій роботі проаналізовано сучасний досвід розробки малих автономних систем очищення води для потреб питного водопостачання, які не потребують постійної присутності оператора і лабораторного контролю якості води та можуть функціонувати автоматично в складних умовах; наведено обґрунтування технологічно-конструктивного рішення будови та опис роботи зразка адаптивної системи очищення води з використанням адаптивного підходу до конструкції загалом, окремих блоків, вузлів та до джерела живлення електролітичних процесів – із наданням йому адаптивних властивостей для використання в сучасних умовах питної водопідготовки. Адаптивна функція нейтралізації прояву небезпечних біологічних агентів та ефективність роботи системи розрахована на можливість виникнення надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, на можливість дезінфекції води від бактерій та вірусів. За головний контрольючий параметр якості води вибрано рН. В системі використано ефективний процес синтезу електролітичними методами коагулянту, дезінфектанту та деструктивного впливу на небезпечні біологічні агенти – імпульсний струм зі зміною параметрів та форми. В умовах зміни рН робочого розчину параметри імпульсного струму навантаження змінюються адаптивним джерелом живлення на найефективніші. Запропонований підхід та зразок системи є ефективним та надає їй превентивно-профілактичних можливостей і пропонується як варіант удосконалення існуючих систем очищення води для питного водозабезпечення.

Ключові слова: питне водозабезпечення, очищення води, підготовка води, рН води, знезараження води, дезінфектант, небезпечний біологічний агент, гіпохлорит натрію, коагулянт, адаптивне джерело живлення, імпульсний електроліз, форма струму, адаптація.

Актуальність дослідження. Умови питного водопостачання, що склалися в сільських населених пунктах, їх окремих частинах та в нових збудованих житлових масивах у приміській зоні великих міст, в яких відсутні система централізованого питного водопостачання та водовідведення, вимагають невідкладних заходів з їх вирішення. В реальних умовах спостерігається забруднення стічними водами водоносних горизонтів, з яких відбувається забір води для питного водопостачання. Враховуючи сучасні вимоги до очищення та підготовки води, які закладені в нових ДСанПіН 2.2.4-171-10, що передбачають у пункті 5.6 її додаткове знезараження,

а також наявну епідеміологічну ситуацію з вірусами, що можуть передаватися через воду, назріла необхідність розробки нової концепції технологічного підходу до водопідготовки. Це буде гарантувати якість очищення води відповідно до нових вимог, яке може бути максимально автоматизованим та не вимагати постійної присутності людини-оператора. До того ж така концепція має бути наділена превентивними властивостями очищення та дезінфекційного впливу на відомі та невідомі забруднювачі, при цьому вона також має бути енергоефективною. Нова концепція необхідна не тільки для великих систем централізованого водопостачання, де можливий повноцінний

контроль якості води та додатковий технологічний апгрейд, а особливо важливою та актуальною вона стає для систем децентралізованого водопостачання з мінімальною можливістю контролю параметрів як самого технологічного процесу, так і контролю параметрів якості води. Одними з прямих споживачів нових підходів [1–6], які треба закласти до очищення та підготовки води відповідно до вимог ДСанПіН 2.2.4–171–10, є сільськогосподарські житлові комплекси.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Запропоновані рішення для очищення та підготовки води, які нині є перспективними [7–10], мають низку суттєвих недоліків, що є критичними для систем питної водопідготовки в умовах сучасних викликів. Основними з них є:

- монотехнологічність головного методу впливу – зворотній осмос, чи системи з використанням тільки електролізних методів впливу, електролізер з розчинним анодом чи, навпаки, тільки з нерозчинним анодом;

- технологічна та гідравлічна обмеженість, що виключає рециркуляційний технологічний підхід, як в окремих вузлах, так і загалом;

- технологічна обмеженість, можливість використання або синтезу тільки одного коагулянту чи одного дезінфектанту, що значно звужує технологічні можливості очищення води, причём ця обмеженість ускладнюється різними оптимальними умовами використання, які часто є взаємовиключними;

- відсутність найменших адаптивних можливостей як в цілому, так і в окремих технологічних вузлах, що робить систему неспроможною гнучко реагувати на зміни якості вхідної води та відповідати сучасним вимогам регламентуючих нормативів до питної води.

Постановка задачі. Враховуючи попередні наукові напрацювання та бачення перспективних технологічно-конструктивних рішень систем очищення води, необхідно сформулювати технологічне рішення та реалізувати всі напрацювання в робочому зразку адаптивної системи очищення води (АСОВ) та дослідити його ефективність у роботі, можливий технологічний функціонал та енергоефективність.

Мета досліджень – провести теоретичні дослідження, їх аналіз та розробити енергоефективну систему очищення води з реалізацією адаптивного підходу до самої концепції комплексу технологічних впливів, використаних вузлів та блоків, які відповідають реальній мінливості змін параметрів вхідної

води та відповідним до цього експлуатаційним умовам. Для системи продуктивністю очищення води $Q < 3\text{ м}^3$ на добу: як системи з оптимальною продуктивністю для відпрацювання гідравлічно-технологічних параметрів та аналізу параметрів води з відповідністю до норм водоспоживання на сім'ю з чотирьох осіб; як системи очищення та доочищення води з джерел поверхневого та підземного водопостачання.

Враховуючи принципи адаптивного підходу до побудови систем очищення та підготовки води, які були описані в статтях [11–13], заплановано провести перевірку роботи АСОВ та її технологічних прийомів в реальному зразку системи. За основу технологічно-конструктивного рішення цієї АСОВ було взято ідею розробки системи очищення води для приватних будинків чи для невеликих об'ємів водоспоживання. Порівняно з рішеннями аналогів нова система має вирішувати два головних завдання: гарантоване за будь-яких умов знезараження органічних забруднювачів та небезпечних біологічних агентів; вилучення тяжких металів і колоїдів, яке досягається комплексним технологічно-конструктивним поєднанням способів впливу на робочий розчин. Під небезпечними біологічними агентами розуміється: мікроорганізми, віруси, клітини і органічні тканини людини, тварин, їх компоненти, які є чи потрапляють у природне середовище і обумовлюють його деструктивний вплив на людину. Біологічно небезпечні агенти відрізняються своїм впливом на здоров'я й здатністю до поширення. Згідно з класифікацією ВООЗ усі небезпечні біологічні організми, з якими працюють у лабораторних умовах, поділяють на чотири групи ризику залежно від патогенності й здатності поширюватися. Характерно, що передаватися від людини до людини ці біологічні агенти можуть різними шляхами. Не меншу небезпеку становлять середовища, обладнання й посуд, які використовувалися для роботи з такими агентами, а також вода й повітря, до яких вони могли потрапити. Ці об'єкти підлягають спеціальним очищенням й дезінфекції.

Матеріали та методика досліджень. Предметом дослідження є запропонований технологічний процес роботи АСОВ для очищення води, який використовує принципи адаптивного підходу, що також закладається в технологічні вузли та блоки системи, їх режими роботи та в джерела живлення електролізних вузлів, та впливає на специфіку прояву цих процесів, на енергоефективність та роботу системи загалом.

Попередніми дослідженнями було підтверджено ефективність запропонованих методів [14].

Обґрунтовано напрям технічного удосконалення систем живлення електролізних процесів очищення води через контроль параметра рН – як одного з головних, що може бути використаний для автоматизації адаптивності джерела живлення.

Досліджено вплив частоти імпульсного струму для прямокутно-імпульсних режимів на процес електросинтезу гіпохлориту натрію. Показано, що найбільша інтенсифікація процесу досягається за частоти 1,5 Гц. Виявлено селективний вплив рН розчину на продуктивність процесу електросинтезу гіпохлориту натрію при певній формі імпульсу струму. Враховуючи попередні результати дослідів, прийшли до висновку, що розробка системи очищення води на засадах превентивно-профілактичної адаптації технологічних процесів та автоматичної оптимізації вибору параметрів імпульсно-струмових режимів електролізу, через головний фактор – форми імпульсу струму, яка використовує за визначаючий параметр рН, є перспективною.

В роботі [15] досліджено вплив форми імпульсу та режиму електролізу на величину питомих витрат електроенергії. Досліди виявили, що найбільш енергоефективними є режими з трикутною формою імпульсу і паузами, тривалість паузи і імпульсу однакові. У кислому середовищі найбільш ефективним є режим зі зворотним фронтом падіння струму, а в лужному, навпаки, з прямим фронтом зростання. Застосування оптимальних параметрів струму надасть системі превентивних властивостей і дозволить зменшити питомі витрати електроенергії до 50%, порівняно зі стаціонарним електролізом.

Нова система АСОВ буде включати головні електролізні технологічні прийоми у вигляді адаптивних підконтурів: підконтур коагуляційного синтезу одного чи декількох видів коагулянтів, підконтур розчинення сировини для синтезу дезінфектанту/дезінфектантів, підконтур прямого синтезу дезінфектанту/дезінфектантів та деструкції у всьому потоці, підконтур реакційного формування коагуляційних центрів та інтенсифікації отримання дезінфектанту/ів; та адаптивний підконтур фільтрації. В систему встановлено блок гідродинамічної кавітації, який нагріває воду, та можливе регулювання до потрібних параметрів. Також інтегровано систему штучного закаламучування. Зрештою це призводить до гарантованого очищення води та вирішує

головні задачі для питань питної водопідготовки: знезараження органічних небезпечних агентів, нейтралізації бактерій, деструкції токсинів і пестицидів. Причому система гарантовано не допускає «проскоку» біонебезпечних агентів, токсинів, пестицидів тощо та надлишкових небезпечних концентрацій речовин до споживачів, що гарантує якість води в широкому спектрі показників.

Технологічна особливість системи полягає в тому, що вона наділена максимально великим спектром методів впливу, поєднаних в синергічне рішення. Вони впливають на воду та речовини, органіку, які знаходяться в завислому, колоїдному стані чи в розчиненому. При використанні цих методів впливу особливу увагу слід приділяти екологічно-природньому та оздоровчому фактору впливу на воду, щоб не породити, синтезувати непередбачуваних токсинів та речовин, які неможливо ідентифікувати та виділити з потоку. Ця проблема притаманна методам електроерозійного синтезу коагулянтів, які утворюють наноречовини. Вони ефективні, але використовувати їх для питного водозабезпечення небезпечно. Запропонована система та зразок використовує параметри електролізних перетворень, що є притаманними природнім процесам. Якщо якість обробки води не досягнута за один прямий прохід через підконтур, блок, елемент чи всю систему, то проходить повернення всього об'єму на повторну обробку, поки запланований результат та якість не будуть досягнуті.

Для гарантування процесу знезараження біонебезпечних агентів, деструкції токсинів та очищення надлишкових концентрацій речовин з одночасним зменшенням витрат електроенергії в технологічно-конструктивній схемі нової системи будемо використовувати адаптивні джерела живлення електролізних процесів, які надають адаптивність налаштування параметрів імпульсного електролізу всіх елементів електролізного впливу, застосовуючи як низькочастотний, так і комбінацію з високочастотними вставками в імпульсі. Обґрунтування впливу форми струму та застосування низькочастотних імпульсів доведено дослідженнями [14; 15], а для розширення спектра їх дії при деструкції та знезараженні пропонується наділити їх високочастотними елементними вставками в загальному низькочастотному сигналі імпульсного струму.

Результати досліджень. У результаті попередніх дослідів та накопиченого досвіду розроблено та реалізовано в зразку концептуальну технологічну схему АСОВ

з використанням електролізних процесів впливу та адаптивного джерела живлення імпульсного струму навантаження, яка зображена на рис. 1.

Розроблений зразок експериментального прототипу АСОВ із блоком подачі модельного розчину представлений на рисунку 2.

Елементи конструктивного рішення фільтрувального блоку АСОВ представлені на рисунку 3.

Елементи конструктивного рішення електролізного блоку АСОВ представлені на рисунку 4.

Функціонує АСОВ таким чином: регламентовано оцінюємо водний розчин із джерела водопостачання на якість блоком 3, якщо вода повинна пройти очищення та підготовку вона перенаправляється в АСОВ 31, якщо вода має мінімальні перевищення надлишкових концентрацій (Fe, Mg тощо), то вона перенаправляється вентилем вибору загальної технології очищення 7 на спрощену технологічну послідовність і комбінацію впливів відразу в блок 18. Якщо вода потребує більш глибокого очищення та підготовки, обробки дезінфектантами, то потрібна деструкція біонебезпечних агентів,

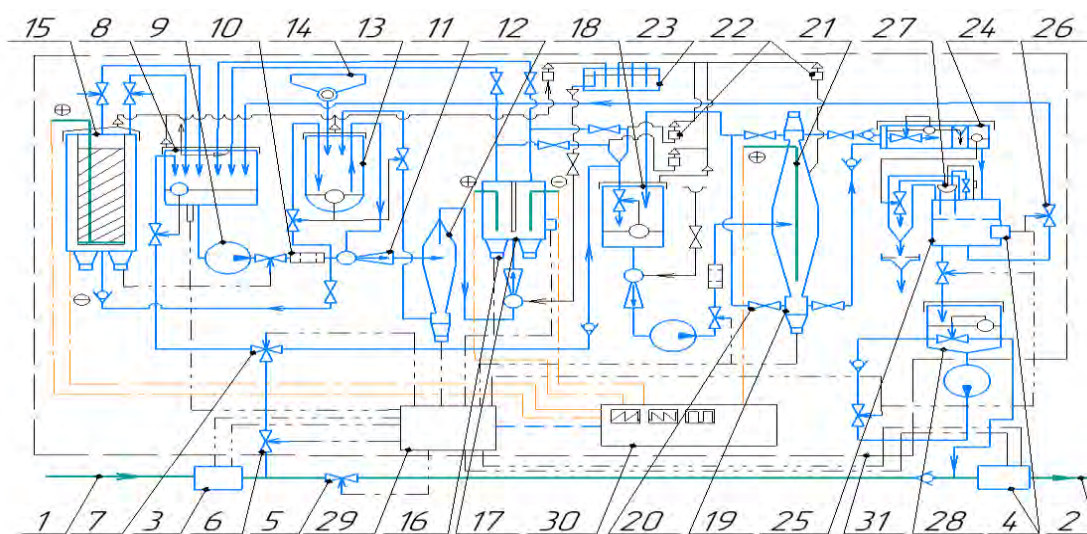


Рис. 1. Принципова функціонально-технологічна та загальна гідравлічна схема АСОВ:
 1 – вхідний патрубок від джерела водопостачання; 2 – вихідний патрубок до водоспоживача;
 3 – перший блок контролю параметрів та складу водного розчину; 4 – вихідні блоки взаємної калібровки та контролю параметрів та складу водного розчину; 5 – вентиль перенаправлення водного розчину на АСОВ; 6 – вентиль подачі води в АСОВ; 7 – вентиль вибору загальної технології очищення; 8 – блок узгодження подачі водного розчину в АСОВ; 9 – робочі насоси АСОВ; 10 – гідродинамічний кавітаційний нагрівач; 11 – інжектор; 12 – гідроциклон розчинення; 13 – бак вузла розчинення; 14 – ємність із дозуючим пристроєм; 15 – електролізер із розчинним анодом; 16 – акустичний ультразвуковий випромінювач; 17 – мембранний електролізер із нерозчинними електродами; 18 – внутрішній блок узгодження подачі водного розчину; 19 – група електролізних двосторонніх турбогідроциклонів; 20 – вентиль балансу води; 21 – нерозчинний анод; 22 – повітроспускник; 23 – газовий затвор гідрозамок; 24 – контролер подачі води на фільтр та промивки; 25 – фільтр із плаваючим завантаженням; 26 – вентиль патрубку рециркуляції; 27 – комбінований мембранний клапан промивки фільтра; 28 – блок узгодження подачі водного розчину водоспоживачу; 29 – блок інтелектуального керування з ультразвуковими генераторами; 30 – адаптивне джерело живлення електролізерів; 31 – система АСОВ

На приведених вище схемах використані такі позначення:

	водопровідна мережа
	гідравлічна схема та вузли
	контур керування джерелом живлення
	лінії передачі параметрів блоків контролю
	узагальнююча зона системи
	газо-повітряні магістралі
	мережа живлення електролізеру



Рис. 2. Зовнішній вигляд виготовленого прототипу АСОВ:
а – блок подачі модельного водного розчину з вузлом гідродинамічної кавітації та нагріву води; б – АСОВ



Рис. 3. Зовнішній вигляд фільтрувального блоку АСОВ:
а – контролер подачі води на фільтр та промивки фільтра з поплавком зриву вакууму головного клапана; б – прийомна ємність промивної води з важелем зриву вакууму; в – комбінований мембранний клапан промивки фільтра з контр-поплавком

токсинів, вірусів, антибіотиків, мікро-водоростей та пестицидів тощо. Далі вода направляється в блок узгодження подачі 8, де йде включення всього спектра впливів: комбінаційне осадження одним чи декількома коагулянтами, електролізна коагуляційна інтенсифікація виділення, електролізне окиснення, пряме, додаткове, окиснення киснем, хлором тощо, акустичним ультразвуком, гідродинамічною кавітацією, температурою, світлом, магнітною обробкою, деструкцією імпульсним електролізом, фільтруванням, органічною обробкою.

При цьому можливе включення механізмів об'ємної сорбції та десорбції (вибір-

кове надання речовині розчинності у воді чи її зменшення) – і все це проходить у рециркуляційному циклі з адаптивним підходом у всьому, залежно від якості вхідної води в систему АСОВ та заданих параметрів складових на виході із системи. З блоку 8 вода подається насосом 9, якщо потрібно, через гідродинамічний кавітаційний нагрівач 10 у пристрій узгодження розчинення (NaCl) 13, в який його дозовано подає ємність із дозуючим пристроєм 14. Ємність 14 також розрахована на подачу речовин для штучного закаламучування та корекції електропровідності води. Ця ємність може подавати комбіновані

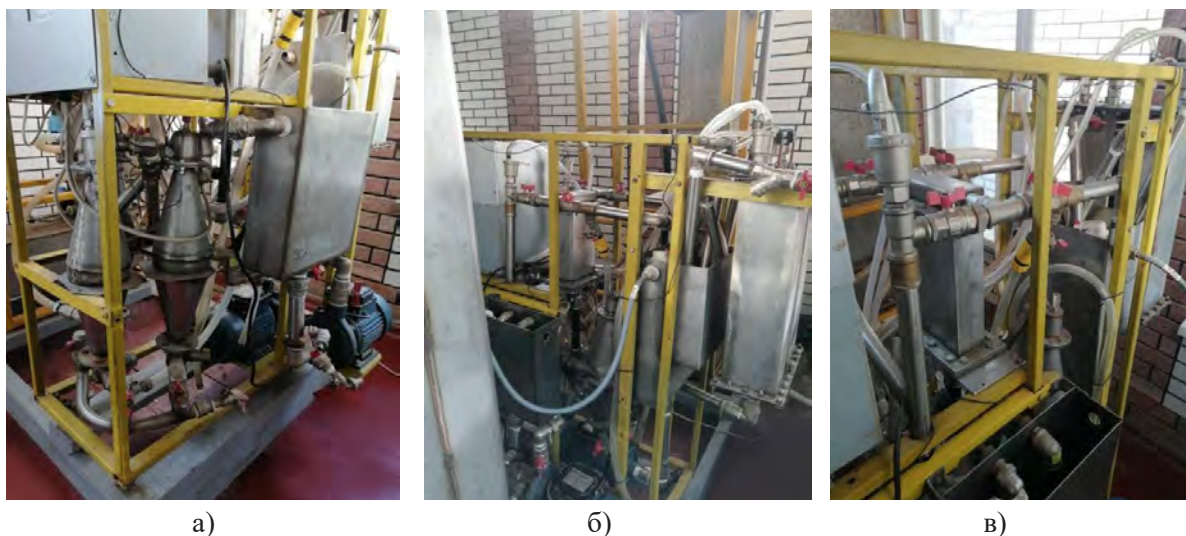


Рис. 4. Зовнішній вигляд електролізного блока системи АСОВ та його елементів:
 а – електролізер із розчинним анодом;
 б – електролізер із нерозчинним анодом та повітроріпускниками;
 в – група електролізних двосторонніх турбогідроциклонів із повітроріпускниками

суміші та розчин осаду фільтра, що є перспективним рішенням. Далі, не до кінця розчинена суміш реагуючої речовини (NaCl) із водою, відсмоктується першим інжектором 11, який направляє суміш з основним потоком у гідроциклон розчинення 12, на якому встановлено ультразвуковий випромінювач. Потім якісно розчинена суміш подається в другий інжектор, а нерозчинена суміш знову повертається в пристрій узгодження розчинення 13. Далі головний потік води розчиною сумішшю реагуючої речовини (NaCl) подається в електролізер із нерозчинним анодом 17, на якому встановлені ультразвукові випромінювачі, де проходить обробка акустичним впливом, електрохімічне перетворення речовин, синтез дезінфектантів та виділення газів. Методологія управління джерелом живлення електродів описана в літературі [11].

Залежно від якості вхідної води та завдань вона може подаватися також на електролізер із розчинним анодом 15, на якому встановлені ультразвукові випромінювачі. Після проходження електролізера 17, рН води може бути скореговане вентилями; далі вода потрапляє знову в блок 8, або у внутрішній блок узгодження подачі водного розчину 18, як головний варіант. Цей блок може бути обладнано джерелом ультрафіолетового світла. Далі вода потрапляє в групу електролізних двосторонніх турбогідроциклонів 19, в яких встановлені нерозчинні аноди 12. В блоці 19 проходить додаткове розділення води на фракції за щільністю та відбувається інтенсифікація реакцій окиснення речовин, вони

є головним вузлом утворення центрів коагуляції та їх укрупнення, а також реакційним блоком утворення гіпохлориту натрію чи інших дезінфектантів та реактором, в якому задається час на реакції та перетворення. З групи гідроциклонів 19 вода у відповідних пропорціях через вентилі 20 подається в необхідні блоки.

Одним із головних інноваційних рішень технології є встановлені на групі 19 повітроріпускники 22, які дозволяють відвести газу, які не встигли прореагувати, розчинитись чи відокремитись у комбінований газовий затвор гідрозамок 23, з якого газу повторно повертаються інжекуванням знову в блок 17. Це кардинально змінює КПД синтезу дезінфектантів та вирішує питання безпечності технології АСОВ. В головному варіанті вода з 19 подається в контролер подачі води на фільтр та промивки 24, який контролює оптимальну кількість подачі води на фільтр дозуючим вентилям через V-подібний перелив та при збільшенні гідравлічного опору фільтра, на встановленому рівні, подає команду на промивку фільтра з плаваючим завантаженням 25, через вбудований у блок 24 поплавок зриву вакууму, що напряму під'єднаний до вентиля зриву вакууму, відкриття якого призводить до опускання комбінованого мембранного клапану промивки фільтра 27, при цьому відкриваючи патрубок промивки, що призводить до гідроудару та промивки фільтра 25. На відповідному рівні промивки влаштований в блок 27 контр-поплавок закриває вентиль зриву вакууму, і система приходиться у робочий

стан, 27 наповнюється водою, піднімається і закриває своїм шаром мембрани патрубок промивки, починається утримання водного стовпа у фільтрі 25, і фільтр переходить у свій головний режим роботи – фільтрацію. Причому, у фільтр 25 влаштовано блок взаємного калібрування та контролю параметрів та складу водного розчину 4. Якщо якість води не досягла заданих параметрів, то вона повертається на повторну обробку через вентиль патрубка рециркуляції 26. Коли якість води відповідає заданим параметрам, вона подається в блок узгодження подачі водного розчину водоспоживачу 28, з нього вода подається кінцевому водоспоживачу в патрубок 2.

Запропонована система АСОВ є інноваційним науково-технологічним рішенням з гарантованим ефектом роботи. Особливістю роботи АСОВ є превентивний енергоефективний адаптивний широкий комплекс технологічних впливів та ефективність роботи з безпечним технологічним процесом.

Тобто, в запропонованій системі можливий синтез не одного виду коагулянту, а декількох, як послідовно, так і паралельно. Даний принцип закладений також і до електротехнологічного методу синтезу дезінфектантів.

Використання імпульсного струму навантаження з комбінованою формою імпульсного струму, який оптимізується залежно від задач та рН вхідного водного розчину та в якому можлива комбінація низькочастотної, загальної, форми зі вставкою високочастотної дільниці, суттєво зменшує енергозатрати на самі електролізні процеси, деструктивно впливає на біонебезпечні агенти, інтенсифікує електрохімічні реакції, впливає на поверхневу напруженість води і є важливим чинником покращення ефективності технологічних впливів та значно зменшує концентрації хлоридів чи інших варіацій дезінфектантів, які синтезуються електролізними методами.

При цьому немає виділення небезпечних газових сумішей в повітря робочої зони системи, вони відбираються в газовий затвор гідрозамок, що є проміжним сховищем газів, а з нього повторно інжектуються в технологічний цикл системи. Це додатково інтенсифікує процес деструкційного впливу і виступає як додатковий процес покращення енергоефективності отримання дезінфектанту/дезінфектантів чи/та коагулянту/коагулянтів. Попередні розрахунки показують, що споживана електрична потужність системи в мінімальному режимі обробки – 0,85 кВт/год. При повному спектрі задіяних блоків впливу

та насосів, джерела живлення електролізерів, генераторів ультразвуку та системи управління, вона становить – 1,9 кВт/год. В такому випадку на виході з системи маємо очищену та підготовлену воду, яка відповідає вимогам ДСанПіН 2.2.4–171–10, причому можливі індивідуальні налаштування відповідно до потреб водокористувача.

Висновки. Проведений в попередніх роботах теоретичний аналіз, попередні лабораторні дослідження дозволили сформулювати принцип побудови та концепцію АСОВ, яка і була реалізована в готовому зразку.

За результатами лабораторних досліджень теоретично обґрунтовано ефективність роботи запропонованого процесу, який реалізований в зразку системи очищення води, для подальшого відпрацювання оптимального технологічного процесу очищення води з джерела водопостачання з різноманітними забруднювачами для конкретних умов питного водопостачання.

Доведено доцільність та головний принцип побудови систем очищення води – незалежно від технологічного рішення система повинна набути адаптивних властивостей як в цілому, так і в кожному окремому технологічному вузлові чи блоці.

Обґрунтовано в попередніх дослідженнях доцільність реалізації адаптивного джерела живлення зі зміною форми імпульсного струму, допрацьовано та запропоновано комбінацію складових частот, які адаптуються під показники параметрів води на вході в АСОВ.

Вперше запропоновано та інтегровано в систему очищення води блок гідродинамічної обробки з нагрівом води, підконтур розчинення речовин та закаламучування, підконтур із можливістю корекції рН та одночасного синтезу дезінфектантів, встановлено повітроспускники на гідроциклони, описано роботу нового способу промивки фільтра з плаваючим навантаженням, а також окремо виділено в підконтур синтезу коагулянту.

Запропонована система АСОВ найбільш ефективно може використовуватися в системах замкненого водопостачання невеликих житлових комплексів, закладів освіти, дитячих садків, медичних закладів та окремих адміністративних будинків, які вимагають більш високих та гарантованих вимог до якості питної води в умовах наявності неспецифічних забруднювачів, небезпечних біологічних агентів та збудників інфекційних хвороб.

Бібліографія

1. Гончаров Ф.І., Левчук А.П. Обґрунтування заходів та засобів підвищення ефективності та енергоефективності вирішення питань біобезпеки водозабезпечення. // Відновлювальна енергетика, новітні автоматизовані електротехнології в біотехнічних системах АПК: тези допов. міжнар. наук.-техн. конф. 16-17 жовтня 2014 р. Київ. НУБіП України, 2014. С. 67–69.
2. Карамби́ров Н.А. Сельскохозяйственное водоснабжение. Москва. Агропромиздат, 1986. 352 с.
3. Гончарук В.В., Потапченко Н.Г. Современное состояние проблемы обеззараживания воды. // Химия и технология воды. Вип. 20(2). 1998. С. 190–207.
4. Николадзе Г.И. Улучшение качества подземных вод. Москва. 1987. 240 с.
5. Хоружий П.Д., Хомутецька Т.П., Хоружий В.П. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. Київ: Аграрна наука, 2008. 534 с.
6. Запольский А.К. Очистка воды коагулированием. Каменец-Подольский: ЧП «Медоборы-2006», 2011. 296 с.
7. Штепа В.М., Кот Р.Є. Пат. 120530 UA, Україна, МПК 02F 9/06 (2006.01), F04D 15/00, F04D 13/06 (2006.01) Автоматична насосна станція / заявники і 36 власники В.М. Штепа, Р.Є. Кот – № u201703999; заявл. 24.04.2017; опубл. 10.11.2017. Бюл. № 21. 8 с.
8. Левчук А.П. Пат. 78396 UA, Україна, МКП F04 D15/00. Автоматична насосна станція / заявники і 36 власники А.П. Левчук - № a200504962; заявл. 25.05.2005; опубл. 15.03.2007. Бюл. № 3.
9. Сапрыкина М.Н. Новая разработка аппарата электрокоагуляционной очистки воды от микромицетов. // Химия и технология воды. Институт коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского, т. 34, 2012. №5
10. Современные технологии очистки воды.// Гончарук В.В та ін./ Наука та інновации. Институт коллоидной химии и химии воды им. А.В. Думанского, т. 2, 2006. № 5. С. 66–77.
11. Гончаров Ф.І., Левчук А.П. Обґрунтування енергоефективного способу управління джерелом живлення електролізних систем очищення водних розчинів. // Науковий вісник НУБіП України. 2015. №209, ч. 1. С. 235–239.
12. Левчук А.П. Адаптивна система знезараження води.// Науковий вісник НУБіП України. 2016. №252. С. 158–165.
13. Левчук А.П., Максін В.І. Апробація гідравлічної рециркуляції та струму навантаження в прототипі адаптивної системі знезараження води. // Тези допов. міжнар. наук.-техн. конф. 27–28 грудня 2017 р. Польща, м. Родим: radom academy of economics, 2017. С. 188–190.
14. Левчук А.П. Обґрунтування енергоефективного способу живлення електротехнологічних систем очищення водних розчинів. // Науковий вісник НУБіП України. 2014. №194, ч. 3. С. 280–290.
15. Гончаров Ф.И., Левчук А.П. Влияние формы импульсного тока на энергоэффективность получения коагулянта путем анодного растворения железа в зависимости от начального рН раствора. // Инновации в сельском хозяйстве. Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ. Москва. 2014. № 4(9). С. 53–57.

References

1. Goncharov, F.I., & Levchuk, A.P. (2014). Obgruntuvannya zahodiv ta zasobiv pidvyshhennya efektyvnosti ta energoefektyvnosti vyrishennya pytan` biobezpeky` vodozabezpechennya [Substantiation of measures and means to increase the efficiency and energy efficiency of solving biosafety issues in water supply]. Vidnovlyvalna energytyka, novitni avtomatyzovani elektrotexnologiyi v biotexnichnyx systemax APK: tezy dopov. mizhnar. nauk.-texn. konf. Kyiv, 67–69. [in Ukrainian]
2. Karambirov, N.A. (1986). Selskoxozyajstvennoe vodosnabzhenye [Agricultural water supply]. Moskva: Agropromyzdat. [in Russian]
3. Goncharuk, V.V., & Potapchenko, N.G. (1998). Sovremennoe sostoyanye problemu obezzarazhyvaniya vody [The current state of the problem of disinfected water]. Хуmyya y` technologyya vodu, 20, 2, 190–207. [in Ukrainian]
4. Nykoladze, G.Y. (1987). Uluchshenye kachestva podzemnyx vod [Improving the quality of groundwater]. Moskva. [in Russian]
5. Xoruzhyj, P.D., Хомутeczka, T.P., & Xoruzhyj, V.P. (2008). Resursozberigayuchi texnologiyi vodopostachannya [Resource-saving water supply technologies]. Kyiv: Agrarna nauka. [in Ukrainian]
6. Zapolskyj, A.K. (2011). Ochystka vody koagulyrovanyem [Water purification by coagulation]. Kamenez-Podolskyj: ChP, Medoboru-2006. [in Ukrainian]

7. Shtepa, V.M., & Kot, R.Ye. (2017). Avtomatychna nasosna stanciya [Automatic pumping station]. Patent of Ukraine. № 120530. [in Ukrainian]
8. Levchuk, A.P. (2007). Avtomatychna nasosna stanciya [Automatic pumping station]. Patent of Ukraine. № 78396. [in Ukrainian]
9. Saprukyna, M.N. (2012). Novaya razrabotka apparata elektrokoagulyacyonnoj ochystky` vodu ot mykromycetov [New development of apparatus for electrocoagulation water purification from micromycetes] Хымуя у` technologyya vody. Ynstytut kolloydnoj хымуу` y` хымуу` vodu y`m A.V. Dumanskogo, 34, 5. [in Ukrainian]
10. Goncharuk, V.V., Kucheruk, D.D., Samsony`-Todorov, A.O., & Skubchenko, V.F. (2006). Sovremennue technologyy` ochystky` vody [Modern technologies for water purification]. Nauka ta inovaciyi. Ynstytut kolloydnoj хымуу` y` хымуу` vody y`m. A.V. Dumanskogo, 2, 5, 66–77. [in Ukrainian]
11. Goncharov, F.I., & Levchuk, A.P. (2015). Obgruntuvannya energoefektyvnoho sposobu upravlinnya dzherelom zhyvlennya elektroliznyx system ochyshhennya vodnyx rozchyniv [Substantiation of energy efficient method of power supply control of electrolysis systems for purification of aqueous solutions]. Naukovyj visnyk NUBiP Ukrayiny`, 209, 235–239. [in Ukrainian]
12. Levchuk, A.P. (2016). Adaptivna systema znezarazhennya vody` [Adaptive water disinfection system]. Naukovyj visnyk NUBiP Ukrayiny`, 252, 158–165. [in Ukrainian]
13. Levchuk, A.P., & Maksin, V.I. (2017). Aprobaciya gidravlichnoyi recy`rkulyaciyi ta strumu navantazhennya v prototypi adaptivnoyi systemi znezarazhennya vody` [Approbation of hydraulic recirculation and load current in the prototype of the adaptive water disinfection system]. Mizhnar. nauk.-texn. konf. Polshha, Rodym: Radom academy of economics, 188–190. [in Ukrainian]
14. Levchuk, A.P. (2014). Obgruntuvannya energoefektyvnoho sposobu zhyvlennya elektrotexnologichnyx system ochyshhennya vodnyx rozchyniv [Substantiation of energy efficient method of power supply of electrotechnological systems for purification of aqueous solutions]. Naukovyj visnyk NUBiP Ukrayiny`, 194, 280–290. [in Ukrainian]
15. Goncharov, F.Y., & Levchuk, A.P. (2014). Vlyyanye formy ympulsnoho toka na energoeffektyvnost` poluchenyya koagulyanta putem anodnoho rastvorennya zheleza v zavysymosty` ot nachalnogo pH rastvora. [Influence of the pulse current shape on the energy efficiency of obtaining a coagulant by anodic dissolution of iron, depending on the initial pH of the solution]. Ynnovacyy` v selskom khozaystve, Federalnyj nauchnyj agroynzhenernyj centr VYM. Moskva, 4, 53–57. [in Russian]

А.П. Левчук, В.И. Максин

Использование адаптивного подхода к разработке системы очистки воды

Аннотация. *Современные условия водообеспечения малых водопотребителей, которые не запитаны к системам централизованного водообеспечения, подвержены комплексу проблем. Это отсутствие надлежащих концептуальных подходов, которые своими технологическими решениями охватывают всю проблематику очистки воды в соответствии с условиями водозабора и их не всегда гарантированный результат с учетом новых нормативных требований к качеству воды. На всё это накладывается фактор возможности проявления непредвиденных ситуаций техногенного или природного характера. Постоянно повышающиеся требования к качеству питьевой воды задают ряд условий, которыми должны обладать современные системы очистки воды, особенно питьевой. Поэтому проведем анализ современных малых автономных систем и сформулируем перспективные принципы разработки улучшенного процесса и технологического решения, которое сможет надежно работать в сложных условиях и без оператора. После проведенного анализа современных малых автономных систем был сформулирован перспективный принцип разработки улучшенного процесса и технологического решения систем очистки воды, который сможет надежно работать в сложных условиях и без оператора. Был сформулирован главный принцип решения систем очистки воды – адаптивный подход как в целом, так и к каждому блоку или узлу отдельно. Особое внимание уделялось созданию адаптивного источника питания электролизеров, придающих блоку адаптивные свойства и энергоэффективность. При этом, помимо прочих важных параметров тока нагрузки, придадим форме импульсного тока привентивно-профилактические параметры. Таким образом, мы дополнительно усилим эффективность работы системы в целом, а добавив в низкочастотную форму основного импульса высокочастотную вставку/ки, этим усилим деструктивное влияние на биологически небезопасные агенты. Главным контролирующим параметром выбираем рН. Его контроль важен как сам по себе, так и для особенностей технологических превращений. Параметры импульсного тока будут изменяться в зависимости от изменений рН воды при входе в систему очистки. Все идеи воплощаем в образце адаптивной системы очистки воды. В образце реализуем предложенную концепцию адаптивного подхода. Общая гидравлическая схема и отдельные блоки имеют концепцию рециркуляции и настройки*

своих параметров. Автоматизация системы решена на уровне прямых гидравлических взаимосвязей, электроники и не будет требовать постоянного присутствия оператора. Все технологические особенности новой системы позволяют рекомендовать ее в качестве перспективного решения водообеспечения малых объектов водопотребления и перспективной концепции для систем централизованного водообеспечения.

Ключевые слова: питьевое водоснабжение, очистка воды, подготовка воды, pH воды, обеззараживание воды, дезинфектант, опасный биологический агент, гипохлорит натрия, коагулянт, адаптивный источник питания, импульсный электролиз, форма тока, адаптация.

A.P. Levchuk, V.I. Maksin

Using an adaptive approach to the development of water purification system

Abstract. *In terms of water consumption from decentralized water supply systems there are a number of problematic aspects that negatively affect water quality, especially drinking water supply, namely: lack of modern control methods and integrated water treatment systems, qualified service personnel, long logistics of components and reagents, long distances to the final water consumer; inability to respond timely to the need of control laboratory equipment calibration and the failure of units and others. Unpredictable natural or man-made factors further complicate these problematic aspects. All this and the constant changes in the requirements to water quality and technological processes, leads to the search of new, modern approaches to solving such problems and issues of uncentralized drinking water supply. Therefore, this paper analyzes the current experience of developing small autonomous water purification systems for drinking water supply, which do not require constant presence of the operator and laboratory quality control of water and can work automatically in difficult conditions. Also a rationale for technological and structural design as well as the description of adaptive water purification systems using an adaptive approach to the structure as a whole, individual units, assemblies and to the power supply of electrolytic processes, giving it adaptive properties for the use in modern drinking water treatment is provided in the paper. The adaptive function of neutralizing the manifestation of dangerous biological agents and the efficiency of the system is designed for man-made and natural emergencies and water disinfection from bacteria and viruses. The pH was chosen as the main control parameter of water quality. The system uses an effective process of synthesis by electrolytic methods of coagulant, disinfectant and destructive effects on hazardous biological agents - pulsed current with changing parameters and shape. In case a working solution changes the pH, the parameters of the pulsed load current are changed by the adaptive power supply to the most efficient one. The proposed approach and model of the system are effective and preventive and is offered as an option to improve existing water treatment systems for drinking water supply.*

Key words: *drinking water supply, water purification, water treatment, water pH, water disinfection, disinfectant, dangerous biological agent, sodium hypochlorite, coagulant, adaptive power supply, pulse electrolysis, current form, adaptation.*