

О.Ф. Саленко, д.т.н., проф.
В.М. Орел, асист.
О.М. Мана, к.т.н., доц.
М.І. Корцов, студ.

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

ФІЛЬТРАЦІЯ ВОДИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГІДРОРІЗНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ ФІЛЬТРАЦІЇ ЗА РАХУНОК НОВИХ МЕТОДІВ

Досліджено шкідливість струминно-лазерного різання на організм людини і навколишнього середовища. Наведено отримані результати забруднень робочої рідини струминно-лазерного комплексу ЛСК-5-400. Розглянуто сучасні методи фільтрації робочої рідини та показано ефективність їх застосування. Визначено величини напружень, що виникають в зоні контакту струменя з поверхнею оброблюваного матеріалу за гідроабразивного різання. Виконана оцінка можливості використання механічних, хімічних, фізичних і біологічних методів фільтрації води. Для дослідження реального стану відпрацьованої рідини на гідрорізному верстаті відбирали проби води з басейну, який містив рідину після дводенної експлуатації верстата. Встановлена величина забруднення повітря і води, які можна зменшити за рахунок якіснішої фільтрації, що наблизить їх до європейських стандартів якості води. Визначено втрати енергії за гідроабразивного різання та їх вплив на к.к.д. процесу. Досліджено сучасні тенденції розвитку фільтрації води в промисловості.

Ключові слова: *гідрообладнання; струминно-лазерне різання; фільтрація технічної води; іонізація води.*

Вступ. Постановка проблеми. Нині існує сукупність стандартів як на очищення питної води, так і на характеристики стічних вод, що дозволяє певною мірою знизити шкідливий вплив на навколишнє середовище та населення. Питання ефективного очищення води найбільш досліджені у [1], зокрема питної – у [2]. Однак ця проблема залишається вкрай актуальною у зв'язку зі стрімким розвитком екологічних вимог. Тому проблема створення принципово нових методів очищення є нагальною.

Серед сучасних методів очищення забруднених (стічних промислових) вод виділяють такі групи:

- механічні і механо-хімічні (попередня стадія процесу);
- хімічні і фізичні (основна стадія вилучення найтоксичніших забруднюючих агентів);
- біохімічні (завершальна стадія доочищення води перед скиданням у водотоки чи повторним використанням у технологічному процесі підприємства).

Кожна з цих груп поділяється, в свою чергу, на менші. За кожним з термінів стоїть складний, інколи тривалий процес, що відбувається не в уяві, а у величезних (інколи на сотню тисяч кубічних метрів) спеціалізованих залізобетонних спорудах. Вони сполучені трубами, мають помпи, фільтри, мішалки, вловлювачі тощо. І все це не повинно іржавіти, дірватися, ламатися. Йдеться про “завод при підприємстві”, нормальна робота якого рятує життя і в річках, і навколо них.

Мета роботи: покращити якість фільтрації води при експлуатації гідрорізного обладнання за рахунок нових методів очищення.

Завдання проведених досліджень. Для досягнення поставленої мети виконаний аналіз сучасних методів фільтрації води, визначена якість фільтрації води на діючому гідрорізному обладнанні, встановлені перспективи нових методів фільтрації води для поліпшення її якості.

Викладення основного матеріалу. Різання матеріалів тонким надзвуковим струменем рідини (струминне різання, гідрорізання, або *Water Jet Penetration*) – це порівняно «молодий» метод силового впливу на оброблювану заготовку, найчастіше листову, з метою надання їй необхідної форми шляхом відділення певної частини матеріалу від її тіла. В основу струминних технологій покладена здатність компактного й тонкого надзвукового струменя рідини, що витікає із соплової насадки під великим (порядку 200–500 МПа) тиском, викликати критичні напруження в мікрообсягах матеріалу, що призводить до розвитку мікрodefektів, їх наступному злиттю з відривом мікрочастинок та утворенням вирви руйнування. Розвиваючись, вирва заглиблюється,

а надання струменю або заготовці руху подачі дозволяє перенести струминний вплив на інші ділянки поверхні й утворювати лінію різку [3].

Загальний вигляд гідрорізно-лазерного комплексу ЛСК-400-5 наведено на рисунку 1.

Робоча рідина потребує регулярної фільтрації для вилучення шкідливих речовин, які можуть потрапити в навколишнє середовище і з часом викликати екологічну катастрофу. Особливої актуальності проблема очищення води набуває у масовому виробництві, де ці викиди є занадто великими, тому потрібно застосовувати більш сучасні методи фільтрації. Це дозволить не лише покращити стан рідини, але й зменшити витрати на обслуговування вже застарілих технологій.

Оскільки при обробці матеріалів струменем рідини надвисокого тиску відбувається багаторазове перетворення енергії в робочій гідросистемі зі значною втратою підведеної потужності за рахунок вивільнення тепла, шкідливі викиди виникають не лише як результат процесу обробки, а і як наслідок теплових перетворень в системі «тверде тіло–рідина».

Насправді, відповідно до [4], розвиток вирви руйнування відбуватиметься внаслідок стиснення матеріалу в зоні безпосередньої дії струменя та його розтягування за межею цієї зони. Тобто, напружено-деформований стан поверхні обробки при натіканні струменя визначають складові переміщень $U(t)$ і $H(t)$ в певній точці, що одержані з рівнянь, що зв'язують напруги і деформації:

$$\begin{aligned} y_r &= 2G \left(\frac{\partial U}{\partial r} + \frac{\mu e}{1-2\mu} \right); \\ y_t &= 2G \left(\frac{U}{r} + \frac{\mu e}{1-2\mu} \right); \\ y_z &= 2G \left(\frac{\partial H}{\partial z} + \frac{\mu e}{1-2\mu} \right); \\ \phi &= G \left(\frac{U}{r} + \frac{\mu e}{1-2\mu} \right). \end{aligned} \quad (1)$$

Тобто можна записати, що:

$$U(t) = - \frac{(1-2\mu)p_b(t) \left[\frac{D_k}{2} \right]^2}{4G}, \quad 0 < \frac{D_t}{2} < \frac{D_k}{2}; \quad (2)$$

$$H(t) = - \frac{(1-2\mu)p_b(t)D_k}{2G} \quad (3)$$

за умови, що $e = e_r + e_t + e_z = \frac{\partial U}{\partial r} + \frac{U}{r} \frac{\partial H}{\partial z}$, $e = \frac{1-2\mu}{2(1-\mu)G} (y_r + y_t + y_z) = \frac{1-2\mu}{E} (y_r + y_t + y_z)$,

$$\begin{cases} (1-2\mu) \left[\Delta U - \frac{U}{r^2} \right] + \frac{\partial e}{\partial r} = 0; \\ (1-2\mu) \Delta U + \frac{\partial e}{\partial r} = 0. \end{cases}$$

де G – модуль зсуву оброблюваного матеріалу; μ – його коефіцієнт Пуассона; ε – об'ємна деформація; $\Delta = \frac{d^2}{dr^2} + \frac{d}{r dr} + \frac{d^2}{dz^2}$ – оператор Лапласа, D_k – діаметр калібруючої трубки.

За результатами проведеного в лабораторії кафедри ПОМФТО КрНУ експерименту встановлено, що величини напружень, що виникають в зоні контакту струменя з поверхнею оброблюваного матеріалу при гідроабразивному різанні, значні; свого максимуму вони досягають в точках контакту з абразивними зернами, а при взаємодії має відбуватися руйнування зерен з полідеформаційним пошкодженням поверхні. Таке явище буде характерно для умов натікання гідроабразивного струменя під кутами, близькими до нормальних (тобто у разі, коли наскрізного прорізання немає і частки бомбардують поверхню, викликаючи окремі мікродеформації та активізуючи зародження і розвиток початкових мікродефектів).



Рис. 1. Зовнішній вигляд гідорізного комплексу

Руйнування матеріалу, зародження і розвиток лунки гідрорізання чи шляхом мікрорізання, проте в цьому випадку дефекти поверхні, що обумовлені початковою пружною деформацією в точці удару частинки, можливі тільки при зміні вектора руху частинки, тобто при її дотичній переміщенні.

Тоді, за умови, що частинки рухаються під малими кутами атаки потоком, що визначаються, обсяг вилученого за час t матеріалу в першому наближенні буде являти собою мікроріски з профілем, близьким до циліндричного, зі скругленням на початку і в кінці борозенки, і складатиме:

$$W_p = \left(\frac{\pi d_r^2 (3r - d_r)}{3} + \sqrt{r^2 - (r - d_r)^2} d_r \right) \frac{M_c}{m}, \quad (4)$$

де r – радіус абразивної частинки; m – її маса лунки; δ_z – глибина лунки; δ_o – довжина лунки.

Таким чином, очевидним є той факт, що фізико-механічні властивості матеріалу визначають вид і стан шламу, утвореного після струминного взаємодії, а також ступінь руйнування самих зерен.

З іншого боку, взаємодія гідроабразивного потоку з оброблюваним матеріалом призводить до того, що енергія потоку E_Σ може перетворитися в роботу руйнування A_p , роботу зміни A_n стану поверхневого шару в прилеглий області і частково розсіятися в навколишнє середовище у вигляді випромінювань різного виду: звукових і електромагнітних (переважно у вигляді тепла). Частина енергії потоку E_n при наскрізному прорізуванні заготовки буде просто втрачена внаслідок того, що потік, за винятком зовнішньої частини, зверненої до фронту гідрорізання, буде просто стікати в приймальний резервуар.

Таким чином, рівняння балансу енергії набуде вигляду:

$$E_\Sigma = A_p + A_n + E_n. \quad (5)$$

Втрати енергії при гідроабразивного різання досить істотні, що і пояснює низький к.к.д. процесу. Одночасно з цим, згідно з дослідженнями М.Галимзянова і С.Лепіхін [5], заснованими на гіпотезах акад. Е.Галімова [6], в струмені можливе утворення областей з імпульсним надвисоким тиском і з температурами понад 1500–2000 К, що призводить до їх світіння. Отримані нами результати показали, що такі області створюються не відразу за зрізом каналу сопла, а в проміжку між торцем калібруючої трубки і оброблюваною поверхнею, де відбувається різке гальмування струменя і зміна напрямку її руху, що можна спостерігати при обробці надтвердих матеріалів і твердих сплавів.

Отже, у відпрацьованій воді можуть перебувати не лише тверді частинки оброблюваного матеріалу і частки абразиву, а й хімічні сполуки, утворені в результаті локального нагріву матеріалів в зоні різання.

Таким чином, робота гідрорізного обладнання повинна супроводжуватися фільтрацією відпрацьованої води та її хімічним деактивуванням.

Фільтрування забезпечує очищення стічних вод від грубодисперсних домішок, волокна, смол, жирів, металів. Серед існуючих методів фільтрування виділяють: безнапірне, напірне фільтрування та фільтрування від вакуумом.

Принцип роботи вакуум-фільтрів ґрунтується на фільтруванні води під вакуумом через сітку або шар волокнистого матеріалу. Вакуум, який створюється вакуум-насосом, складає 100...300 мм. рт. ст. Ефект очищення на вакуум-фільтрах залежить від концентрації та розміру волокон, ступінь очищення збільшується зі збільшенням розміру волокна і може сягати 95...98 %.

Використовують фільтри "Вако" з фільтрувальним шаром, їх дія ґрунтується на фільтруванні води через сітку, яка безперервно рухається і на яку попередньо наноситься фільтрувальний (первинний) шар з волокнистої маси. Фільтри "Вако" та "Kienzle" технічно застаріли, але ще зустрічаються на підприємствах.

Найбільш сучасними та технічно досконалими є дискові вакуум-фільтри, які мають значно більшу площу поверхні фільтрування, ніж барабанні вакуум-фільтри, та менші габарити.

Процес фільтрування відбувається за рахунок вакууму, створеного в порожнині диска ($p = 0,03...0,045$ МПа).

У системі локального очищення борвмісних стічних вод використовують сітчасті фільтри. Це – барабанні сітки та мікрофільтри. Їх можна також використовувати в схемі загальнозаводських очисних споруд перед фільтрами з зернистим завантаженням, як захисну споруду.

Барабанні сітки оснащуються робочими сітками з розмірами вічок від 0,30 до 0,50 мм, мікрофільтри від 0,04 до 0,07 мм.

Мікрофільтри обертаються та промиваються безперервно, а барабанні сітки – періодично, у міру засмічення.

Основна частина очисного обладнання, яке працює за принципом седиментації, фільтрування, флотації, відрізняється тим, що при локальному очищенні стічних затримується як велике волокно, так і дрібне з домішками. При високому відсотковому вмісті дріб'язку в осаді його повернення у виробництво може викликати збільшення концентрації дрібного завису в обіговій воді, забивання сіток та, як наслідок, зниження продуктивності.

У такому випадку слід використовувати двоступеневу систему очищення стічної води з використанням на першому ступені очисного обладнання для вибіркового уловлювання часток. Для цього можуть бути використані струминні фракціонатори та сита.

У фракціонаторі стічна вода під тиском 80...100 кПа, попередньо закручена у форсунці, подається на вертикально розміщений сітчастий фільтрувальний елемент, який відділяє від води крупну фракцію завису, яка містить, в основному, якісне волокно. У воді, що пройшла фільтрування, залишається дрібна фракція завису, яка складається з дрібного волокна та тонкодисперсних забруднень неволокнистого характеру. Як фільтрувальний елемент використовують синтетичні сітки, їх номер визначається експериментально, залежно від складу завису у воді.

Завантаження фільтра – це штучно створена шпарувата структура з різних або однакових за своєю природою та властивостями поверхонь, гранулометричним складом та щільністю фільтрувальних матеріалів.

Процес очищення води від завису у зернистому завантаженні розглядається як результат двох процесів, які перебігають одночасно:

- налипання частинок завису до поверхні фільтрувального зерна;
- забруднень, що налипли раніше.

У результаті перебігу цих процесів відбувається просування фронту забруднень вглиб фільтрувального шару. По мірі досягнення граничного шару настає момент погіршення якості фільтрату.

Час, протягом якого завантаження здатне очищувати воду до заданого ступеня, називається часом (терміном) захисної дії завантаження t_z .

Зернисті завантаження за щільністю матеріалу бувають важкі та легкі. На підприємствах знайшли використання завантаження лише з кварцового піску (можна використовувати антрацит, керамзит та ін., а з легких плаваючих завантажень – пінополістірол).

За величиною зерна завантаження поділяються на:

- дрібнозернисті ($d = 0,2 \dots 0,4$ мм);
- середньозернисті ($d = 0,4 \dots 0,8$ мм);
- крупнозернисті ($d = 0,8 \dots 1,5$ мм);
- підтримуючі ($d = 2,0 \dots 16$ мм).

Фільтри бувають одношарові та багатшарові. В одношарових завантаження складається із зерна одного матеріалу та вкладене у фільтрах з важким завантаженням зі зменшенням крупності зерна знизу вгору, а в фільтрах з плаваючим завантаженням – зверху вниз.

Завантаження багатшарового фільтра складається з декількох шарів різних матеріалів, які вкладені зі зменшенням щільності і збільшенням розмірів зерна знизу вгору.

За швидкістю фільтрації розрізняють фільтри:

- повільні ($v = 0,5 \dots 5,0$ м/год.);
- швидкі ($v = 5,0 \dots 25$ м/год.);
- надшвидкі ($V > 25$ м/год.).

Найбільшого розповсюдження набули швидкі та надшвидкі фільтри відкриті і закриті.

Хімічні методи фільтрації використовується як самостійний метод або як попередній перед фізико-хімічним та біологічним очищенням. Його використовують для зниження корозійної активності стічних вод, видалення з них важких металів, очищення стоків гальванічних дільниць, для окислення сірководню та органічних речовин, для дезінфекції води та її знебарвлення.

Нейтралізація застосовується для очищення стоків гальванічних, травильних та інших виробництв, де застосовуються кислоти та луги. Нейтралізація здійснюється шляхом змішування кислих стічних вод з лугами, додаванням до стічних вод реагентів (вапно, карбонати кальцію та магнію, аміак тощо) або фільтруванням через нейтралізуючі матеріали (доломіт, магнезит, крейда, вапняк тощо).

Окислення застосовується для знезараження стічних вод від токсичних домішок (мідь, цинк, сірководень, сульфід), а також від органічних сполук. Окислювачами є хлор, озон, кисень, хлорне вапно, гіпохлорид кальцію тощо.

Фізико-хімічні методи очищення. Обчислюються на процесах коагуляції, флокуляції, сорбції, екстракції, іонного обміну.

Коагуляція – процес з'єднання дрібних частинок забруднювачів в більші за допомогою коагулянтів. Для позитивно заряджених частинок коагулюючими іонами є аніони, а для негативно заряджених – катіони. Коагулянтами є вапняне молоко, солі алюмінію, заліза, магнію, цинку, сірчаноокислого кальцію, вуглекислого газу тощо. Коагулююча здатність солей тривалентних металів в десятки разів вища, ніж двовалентних, і в тисячу разів більша, ніж одновалентних.

Флокуляція – процес агрегації дрібних частинок забруднювачів у воді за рахунок утворення містків між ними та молекулами флокулянтів. Флокулянтами є активна кремнієва кислота, ефіри, крохмаль, целюлоза, синтетичні органічні полімери.

Для освітлення води одночасно використовуються коагулянти та флокулянти, наприклад, сірчаноокислий алюміній та поліакриламід ППА. Коагуляція та флокуляція здійснюються у спеціальних ємностях та камерах.

При очищенні води використовується й електрокоагуляція – процес укрупнення частинок забруднювачів під дією постійного електричного струму.

Сорбція – процес поглинання забруднень твердими та рідкими сорбентами (активованим вугіллям, золою, дрібним коксом, торфом, силікагелем, активною глиною тощо). Адсорбційні властивості сорбентів залежать від структури пор, їхньої величини, розподілу за розмірами, природи утворення. Активність сорбентів характеризується кількістю забруднень, що поглинаються на одиницю об'єму або маси ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Розрізняють три види сорбційних процесів очищення стоків: абсорбція, адсорбція, хемосорбція.

При абсорбції поглинання забруднень здійснюється всією масою (об'ємом) абсорбованої речовини.

При адсорбції поглинання забруднювачів відбувається лише поверхнею адсорбенту за рахунок молекулярних сил двох тіл, що взаємодіють.

При хемосорбції поглинання забруднювачів сорбентом відбувається з утворенням на поверхні розподілу нового компонента або фази.

Вибір сорбенту визначається характером та властивостями забруднень. Процес очищення стоків різними видами сорбентів здійснюється в спеціальних колонах, заповнених сорбентами.

Екстракція – вилучення зі стічних вод цінних речовин за допомогою екстрагентів, котрі повинні мати такі властивості: високу екстрагуючу здатність, селективність, малу розчинність у воді, густину, що відрізняється від густини води, невелику питому теплоту випаровування, малу теплоємність, бути вибухобезпечними та нетоксичними, мати невелику вартість.

Екстрагування речовин зі стічних вод здійснюється за одним з методів: перехресно потоковим, ступінчасто протипотоковим, неперервно-протипотоковим.

Іонний обмін базується на вилученні зі стічних вод цінних домішок хрому, цинку, міді поверхнево-активними речовинами (ПАР) за рахунок обміну іонами між домішками та іонами (іонообмінними смолами) на поверхні розподілу фаз "розчин–смола". За знаком заряду іоніти поділяються на катіоніти та аніоніти, котрі мають відповідно кислі та лужні властивості. Іоніти можуть бути природними та синтетичними. Практично застосовуються природні іоніти типу алюмосилікатів, гідроокисів та солей багатовалентних металів, іоніти з вугілля та целюлози та різноманітні синтетичні іонообмінні смоли.

Стерилізація води здійснюється шляхом нагрівання, хлорування, озонування, обробки ультрафіолетовими променями, біообробки, електролізу срібла, коли анодом є срібний електрод, а катодом – вугілля. Іони срібла мають бактерицидну дію. Для стерилізації 20 м³ потрібно виділити з анода 1 г срібла.

Другий метод електролізної обробки води полягає в додаванні до води кухонної солі, котра при пропусканні струму розкладається, виділяючи вільний хлор.

Але найбільш вдалим методом фільтрації є ультрафіолетові системи і системи озонного очищення.

Ультрафіолетове випромінювання є давно налагодженим і екологічно безпечним способом дезінфекції стічних вод. Мікроорганізми інактивуються в результаті фотохімічної реакції між ультрафіолетовими променями спектра С і носієм генетичної інформації (ДНК) патогенного організму протягом лічених секунд. На відміну від хімічної дезінфекції, при використанні ультрафіолетового випромінювання не утворюється шкідливих побічних продуктів.

У дезінфекції за допомогою ультрафіолетового випромінювання є дві важливі переваги, порівняно з іншими методами: з одного боку, вона є більш ефективною (особливо щодо вірусів); з іншого – для ультрафіолетових установок потрібно значно менше простору завдяки набагато меншому часу впливу і часу перебування в очисній установці.

Окислення озonom є відмінним рішенням у разі стійких забруднюючих речовин. Шкідливі речовини, барвники, запахи і мікроорганізми руйнуються в процесі окислення, не утворюючи шкідливих побічних продуктів або великих кількостей залишкових речовин. Озон успішно застосовується в очищенні стічних вод для видалення тенсидів, фенолів, ціанідів, адсорбованих органічних галогенопохідних і знебарвлення. Озон також є ефективним засобом зниження ГПК (хімічної потреби в кисні) і руйнування секреторних речовин. Крім того, озон, застосовуючись для очищення стічних вод, може слугувати не лише засобом знищення вірусів і бактерій, але і руйнувати осад стічних вод, або використовуватися для видалення небажаних запахів в тому випадку, якщо станція очищення стічних вод знаходиться біля населеного пункту.

Рекомендоване УФ обладнання

Системи УФ-зnezараження серії LBX

Система УФ-зnezараження серії LBX відповідає всім вимогам безпечної, економічної та екологічної дезінфекції рідин і призначена для обробки стічних вод з низьким або змінним коефіцієнтом пропускання УФ-випромінювання.

Основні області застосування:

- Дезінфекція біологічно очищених стічних вод.
- Обробка води для промислового використання.
- Зnezараження питної води зі специфічними якостями.

Максимальна продуктивність установок серії складає 1335 м³/год.

Для дослідження реального стану відпрацьованої рідини на гідрорізному верстаті відбирали проби води з басейну, який містив рідину після дводенної експлуатації верстата.

При цьому обробляли широку гаму матеріалів: тверді сплави групи ВК, дюралюміній Д16Т, вуглець-вуглецевий матеріал підвищеної температуротривкості та ін.

Аналіз відібраних проб виконували в лабораторії НТЦ "Промекологія".

Результати досліджень зведені у таблиці 1.

Аналіз таблиці доводить, що за деякими показниками відпрацьована рідина не може бути просто скинута у каналізацію і потребує доочищення після відстоювання у спеціальних відстійниках. Серед усіх способів фільтрації, на нашу думку, найбільш перспективним є фільтрація за допомогою шунгітового вуглецю.

Шунгітовий вуглець – це скам'яніла найдавніша нафта, або аморфний, не кристалізуючись, фулереноподібний вуглець. Його вміст у породі близько 30 %, а 70 % складають силікатні мінерали – кварц, слюди. Крім вуглецю, до складу шунгіта входять також SiO_2 (57,0 %), TiO_2 (0,2 %), Al_2O_3 (4,0 %), FeO (2,5 %), MgO (1,2 %), K_2O (1,5 %), S (1,2 %).

Таблиця 1

Показники аналізу робочої рідини ЛСК-5-400

№ з/п	Показник		
	назва	результати вимірювань	допустимі величини показників якості стічних вод
1.	pH	7,85±0,1 pH	6,5–9,0 pH
2.	t	18,2±0,1 °C	40 °C
3.	Запах	Запах легко виявляється, може бути наслідком того, що вода неприємна для пиття	Не нормується
4.	Жорсткість	1,4 мг·екв/л	Не нормується
5.	Завислі речовини	80 мг/дм ³	500 мг/дм ³
6.	Сухий залишок	268±13,4 мг/дм ³	800 мг/дм ³
7.	Залізо загальне	0,55±0,1 мг/дм ³	2,5 мг/дм ³
8.	Нафтопродукти	0,026 мг/дм ³	5 мг/дм ³

Таблиця 2

До і після фільтрації шунгітовим фільтром

Елемент	ПО, мкг/л	Вода на вході у фільтр	Вода після фільтрування
Li/літій	0,1	2,3	0,6
B	3	23,6	не знайдено
Na/натрій	7	1463	178
Mg/магній	5	3285	200
Si/кремній	36	1140	49
K/калій	220	1800	не знайдено
Ca/кальцій	10	12900	8261
Fe/залізо	5	712	30,1
Mn/марганець	1	1054	72,5
Co/кобальт	0,06	0,7	не знайдено
Ni/нікель	1	73,1	1,2
Cu/мідь	1	19,5	не знайдено
Zn/цинк	2,6	1050	51,2
Sr/стронцій	0,2	566	25,9
Cd/кадмій	0,09	0,52	0,28
Sn	0,16	5,4	не знайдено
Ba	0,2	17,2	1,4
Pb	0,2	14,6	0,29

Значна частина вуглецю в шунгіт нагадує молекули флеронів – особливої форми вуглецю, що спочатку була відкрита у наукових лабораторіях при спробі моделювати процеси, що відбуваються в космосі, а пізніше виявлена в земній корі.

Завдяки цьому шунгітові породи мають сорбційні, каталітичні та бактерицидні властивості. Тому часто шунгіт вважається цілющим мінералом, „каменем” життя.

Фільтруючі елементи серії "Шунгіт" призначені навіть для доочищення водопровідної питної води централізованого водопостачання (СанПин 2.1.4.559 – 96) і харчових рідин.

Фільтр "Шунгіт" розроблений на основі природного мінералу шунгіт, у складі якого міститься до 40 % природного вуглецю, що має властивості активованого вугілля. Понад 45 % обсягу фільтруючого елемента займають пори, що забезпечує високу продуктивність очищення води фільтром.

Порівняно з іншими водоочисниками, фільтруючі елементи серії водоочисної фільтр "Шунгіт" мають ряд переваг:

- затримуюча здатність елемента забезпечується структурою поверхні, що дозволяє багаторазово відновлювати його властивості, в тому числі і в домашніх умовах;
- значно знижує концентрацію у воді таких елементів, як бор, магній, калій, марганець, кобальт, літій, цинк, залізо, свинець, миш'як, мідь;
- забезпечує високу продуктивність при високій очищенні води. Водоочистка по залізу до 0,1 мг/л;
- піддається багаторазовій регенерації;
- ~100 % очищення води від зважених часток.

Розмір пор: 10; 1; 0,2 мкм. bsp; мкм.

Геометричні розміри фільтруючого елемента мають європейський стандарт-циліндр 10", 20", 30".

Після встановлення шунгітового фільтра в систему скидання води в каналізацію нами отримані результати, що представлені у таблиці 2.

Висновки. У результаті проведеного комплексу теоретико-експериментальних досліджень:

1. Виконана оцінка можливості використання механічних, хімічних, фізичних і біологічних методів фільтрації води.

2. Розглянуті нові методи: ультрафіолетові системи і системи озонного очищення, очищення стічних вод за допомогою земляних (природних) фільтрів.

3. Перевагами нових методів є: менші габарити, енергозатратність, майже не потребують втручання людини у роботу, економічність, особливо у природних фільтрів, та якість фільтрації води.

4. Встановлена величина забруднення повітря і води, які можна зменшити за рахунок більш якісної фільтрації, що наблизить їх до європейських стандартів якості води та покращить екологічну ситуацію в Україні.

Список використаної літератури:

1. Процес і обладнання струминно-лазерного різання : монографія / О.Ф. Саленко, М.В. Загірняк, О.В. Фомовська та ін. – Х. : Мадрид, 2013. – 279 с.
2. Determination of the Criterion of Rock Resistance to Hydro-Mechanical and Hydro-Abrasive Cutting / V.Brenner, R.Powell, H.Louis, A.Pushkarev // Proc. Intern. Symp. on New Applications of Water Jet Technology (19–21 Oct.). – Ishinomaki, Japan : Ishinomaki Senshu University, 1999. – Pp. 399–405.
3. Фомовська О.В. Качество обработки материалов гидроабразивной струей / О.В. Фомовська // Оборудование и инструмент. – 2009. – № 1. – С. 16–19.
4. Salenko A.F. Improving accuracy of profile hydro-abrasive cutting of plates of hardmetals and superhard materials / A.F. Salenko, V.T. Shchetinin, A.N. Fedotyev // Journal of Superhard Materials (May, 2014). – Vol. 36, Is. 3. – Pp. 199–207.
5. Экспериментальное подтверждение синтеза алмаза в процессе кавитации / Э.М. Галимов, А.М. Кудин, В.Н. Скоробогатский и др. // Докл. РАН. – 2004. – 395, № 2. – С. 187–191.
6. Клапцов Ю.В. До питання взаємодії гідроабразивного струменя з матеріалом, що розрізається / Ю.В. Клапцов, И.В. Петко, И.В. Панасюк // Вісник КНУДТ. – № 6. – К. : КНУДТ, 2006. – С. 54–62.

САЛЕНКО Олександр Федорович – доктор технічних наук, завідувач кафедри процесів і обладнання механічної та фізико-технічної обробки Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Наукові інтереси:

- механотроніка;
- композитні матеріали;
- математичне моделювання.

ОРЕЛ Вадим Миколайович – асистент кафедри процесів і обладнання механічної та фізико-технічної обробки Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Наукові інтереси:

- процеси механічної обробки;
- математичне моделювання.

МАНА Олександр Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри процесів і обладнання механічної та фізико-технічної обробки Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Наукові інтереси:

- механотроніка;
- математичне моделювання.

КОРЦОВ Максим Ігорович – студент Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського.

Наукові інтереси:

- механотроніка;
- математичне моделювання.

Стаття надійшла до редакції 03.12.2015