

ТЕНДЕНЦІ РОЗВИТКУ МЕТОДІВ ОЧИЩЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ

*В.Д. Погребенник, А.В. Паиук,
І.В. Козут*

Національний університет
«Львівська політехніка»
м. Львів, вул. Ст. Бандери, 12
E-mail: vpohreb@gmail.com
E-mail: ira1-1@yandex.ru

*Розглянуто тенденції розвитку методів
очищення питної води та подано рекомендації
щодо покращення її якості.*

Вступ. Саме на початку ХХІ сторіччя, сучасний світ зіштовхнувся із проблемою деградації екологічних систем і поступового виснаження природних ресурсів, і в першу чергу водних, від яких залежить існування людства на Землі. Ми вже зараз є свідками водної кризи й в Україні.

Надалі очікуватимуться зміни в якості природних і питних вод, невідповідність їх санітарно-гігієнічним і екологічним вимогам, недосконалість їх очищення та ін. [1, 9 – 12].

Вода є одним з найважливіших елементів в життєдіяльності людини. Зараз основними проблемами є умови забезпечення населення безпечною питною водою і можливості поліпшення її якості.

У недалекому минулому проблеми з якісною і безпечною водою не стояли так гостро як зараз із-за відносної чистоти природних джерел. Проте, зараз ситуація різко змінилася в гіршу сторону у зв'язку із значним збільшенням антропогенних викидів, що призвели до порушення якості води, появи у вододжерелах невласливих природному середовищу хімічних, біологічних і інших агентів. Тому ефективно водозабезпечення населення є вкрай актуальною проблемою сучасної гігієни. Експертами ВООЗ встановлено, що 80% всіх хвороб в світі пов'язано із задовільною якістю питної води і порушенням санітарно-гігієнічних норм водозабезпечення. «Чиста вода є розкішшю, яка залишається за межами досяжності багатьох» (Генеральний секретар ООН Кофі Аннан). Гострота ситуації зумовила проголошення ООН десяти-

тиліття (2006/2015 рр.) Всесвітнім десятиліттям дій «Вода для життя».

Мета роботи – порівняння сучасних методів очищення питної води та розроблення рекомендацій щодо покращення її якості.

Вимоги, які ставляться до якості питної води. Вода входить до складу всіх організмів біосфери, в тому числі і до складу тіла людини. Від забезпеченості водою залежить життєдіяльність усіх живих організмів. Вода регулює клімат планети, забезпечує господарську та промислову діяльність людей.

Основними споживачами води є сільське й комунальне господарство та промисловість. У промисловості воду використовують як сировину, реагент та розчинник для проведення різних технологічних процесів, а також для промивання сировини й продуктів тощо. Усі галузі господарства за відношенням до водних ресурсів поділяють на користувачів та споживачів.

Користувачі використовують воду як середовище або джерело енергії і не забирають її з джерел (водний транспорт, рибальство, туризм, спорт, гідроелектростанції тощо).

Споживачі забирають воду з джерел і використовують її за призначенням (пиття, приготування їжі, вирощування сільськогосподарської продукції, здійснення технологічних процесів на виробництві, обігрівання приміщень тощо).

Споживання води населенням характеризують питомим водоспоживанням, під яким розуміють добовий об'єм води в літрах, необхідний для задоволення всіх потреб одного мешканця міста чи села. Питоме водоспоживання в містах більше ніж у селах, і значною мірою залежить від ступеню благоустрою (наявності водопроводу, каналізації, центрального водяного опалення тощо). Так, питоме водоспоживання для деяких міст становить, л/добу (Нью-Йорк – 600, Париж – 500, Москва – 400, Київ – 300, Лондон – 263.) У великих містах з населенням понад 3 млн. добові витрати води на одну людину сягають 2 млн. м³, а річні – близько 1 км³. При цьому використовується вода досить високої якості, що потребує складної технологічної водопідготовки.

Якість води в кожному конкретному випадку визначається вимогами споживача. Якість води – це сукупність фізичних, хімічних, біологічних та бактеріологічних показників, які задовольняють вимоги споживачів. Вимоги до якості води нормуються державними галузевими стандартами або технічними умовами.

Водокористування – це використання водних об'єктів для задоволення потреб населення та об'єктів господарської діяльності.

Чиста вода – це один з трьох китів, на яких спочиває наше здоров'я і саме життя (вода, їжа, повітря). Всі зусилля з підтримки здоров'я (правильні вправи, харчування, практики) за відсутності чистої води на певному етапі можуть піти прахом.

Жива вода річок і морів має чудову здатність очищати стоки. Однак, – до певних меж, переступати які вкрай не бажано, тому що вода не просто вже не очищується, а переходить в якісно іншу категорію з іншими спільнотами бактерій, хімізмом, фізичними та біологічними властивостями, вкрай несприятливими для живих істот.

Чого ж у воді бути не повинно?

Забруднення поділяють на 4 основні типи: 1. біологічне – бактерії, віруси, одноклітинні водорості, цисти і спори паразитів; 2. важкі метали; 3. органічні сполуки – продукти розпаду живої матерії (гумінові кислоти, хлорофіл, амінокислоти) та їх похідні, індустріальна органіка, пестициди; всі вони містять вуглець; 4. неорганічні сполуки – метали, нітрити, нітрати, хлориди, фториди, ціаніди, сульфати, хлор залишковий, калій, кальцій, магній, фосфор та інші, менш поширені з'єднання [4, 5].

Забруднення присутні у воді у вигляді: механічних домішок (суспензія, пісок, пластівці). Це, в основному, дрібні неорганічні частинки і продукти життєдіяльності живих організмів; колоїдних розчинів або плівки на воді. Активні речовини в таких розчинах злипаються в грудки і плівки по 50 – 100 і більше молекул. У такому вигляді, частіше за все,

існують колонії мікроорганізмів і багато органічних забруднювачів, в основному, штучного походження – розчинних сполук. Це і природні гази і солі, розчинені у воді. Це і виробничі викиди важких металів, залишки мінеральних добрив з полів, гербіциди і пестициди. Особливо витончено і непередбачувано діють деякі з ліків. Потрапляючи у воду у вигляді відходів з фармацевтичних підприємств і продуктів перероблення людської життєдіяльності навіть в абсолютно незначних кількостях, вони здатні призводити до зміни в генетичному апараті живих істот, викликати розумову відсталість, складні патології, позначаються на дітородних функціях. Втім, настільки ж несприятливі наслідки дають і залишки ракетного палива, наприклад, що розпорошується при пуску ракет на дуже великі території.

Нормативи на питну воду крїн ЄС (Західної Європи) та США, рекомендації Всесвітньої організації охорони здоров'я і стандарти Росії та України зведено в таблицю. Ця таблиця визначає термін „питна вода”. Вказує, які компоненти можуть бути присутні у воді в певних кількостях. Слід зазначити, що кількість шкідливих домішок і корисних субстанцій (які стають шкідливими коли перевищують норматив стають шкідливими) мають назву ГДК – гранично допустима концентрація.

Параметри питної води поділяють на три групи: органолептичні властивості, показники бактеріального і санітарно-хімічного забруднення.

Органолептичність – це найпростіша оцінка запаху, смаку, кольору та мутності, які споживач може визначити сам.

ГДК на бактеріальне забруднення виглядає досить просто: нормативи ЄС та США ВООЗ стверджують, що його взагалі не повинно бути. Нормативи України та Росії дозволяють більше ста мікроорганізмів на один см³ та не більше трьох видів бактерій типу кишкових паличок в одному літрі. У таблицю зведено ГДК для легких та важких металів, неорганічних і органічних сполук.

ГДК для неорганічних і органічних сполук

Параметр	ГДК, мкг/л					
	ЄС	США	ВООЗ	Росія	Україна	
рН (в одн. рН)	6,5 – 9,5	6,5 – 8,5**	6,5 – 8,5	6,0 – 9,0	6,5 – 8,5	орг.-леп.
Акриламід	0,1	0,0	0,5	-		
Поліакріламід	-	-	-	2000		
Алюміній	200	200**	200	500	200 (500)*	орг.-леп.
Барій	-	2000	700	100*	100	
Бензапірен	0,01	0,2	0,7	0,005*		
Бензин	1	5	0,7	-		
Берилій	-	4	-	0,25		
Бор	1000	-	500	500*		
Бромат	10	-	25	-		
Вінілохлорид	0,5	2	10	-		
Дихлоретан	3	5	30	-	10	
Залізо	200	300**	300	300	300	орг.-леп.
Кадмій	5	5	3	1*		
Калій	-	-	-	50000*		орг.-леп.
Кальцій	-	-	-	180000*		орг.-леп.
Кремній	-	-	-	10000*		орг.-леп.
Магній	-	-	-	40000*		орг.-леп.
Марганець	50	50**	500	100	100	орг.-леп.
Мідь	2000 тиж.	1300	2000	1000	1000	орг.-леп.
Молибден	-	-	70	250		
Миш'як	10	50	10	50	10	
Натрій	200000	-	200000	120000*		орг.-леп.
Нікель	20 тиж.	-	20	100*	100	
Нітрати	50000	10000	50000	45000		
Нітрити	500	1000	3000	3300*		
ПАР	-	500**	-	-		
ПАВ	0,1	-	-	-		
Пестициди (орг.)	0,1	-	-	-	0,1	
Пестициди (заг.)	-	-	-	-		
Ртуть	1	2	1	0,5*		
Свинець	10 тиж.	15	10	30	10	
Селен	10	50	10	10	10	
Срібло	-	100**	-	50*		
Стронцій	-	-	-	7000		
Сульфати	250000	250000**	250000	500000	250000(500000)	орг.-леп.
Сурма	5	6	5	-		
Талій	-	2	-	-		
Тетра- і трихлоретилен	10	5	40	-		
Фтор	1500	4000	1500	700-1500	1500	
Хлориди	250000	250000**	250000	350000	250000(350000)	орг.-леп.
Хлороформ	-	-	200	200*	60	
Хром	50	100	50	50*		
Ціанід	50	200	70	-		
Цинк	5000	5000**	3000	5000		орг.-леп.

Примітки.

1. ПАВ – поліциклічні ароматичні вуглеводи, близькі до бензопірену.
2. В даних ЄС скорочення „тиж.” („тиждень”) відзначено середню тижневу дозу речовини, яка не шкодить людському організму.
3. Значком*) відзначено ГДК, які взяті з наукових статей та нових стандартів.
4. Значком (**) позначено ті ГДК, які в американському стандарті мають назву вторинних: тобто не входять в національний стандарт та можуть бути офіційно затверджені владою штату.

(Орг.-леп.) – відзначені речовини, не шкідливі, але які у великих концентраціях впливають на властивості води такі, як запах, смак та прозорість.

Слід зазначити, що одного дотримання гранично допустимих концентрацій недостатньо для забезпечення якості води. Класифікація питної води дуже складна, але необхідна.

Методи очищення питної води. Існує багато способів очищення питної води, а саме [2, 3, 6 – 8, 13 – 16]:

Механічні способи очищення – застосовуються для очищення води від твердих та масляних забруднень.

Механічне очищення здійснюється за одним із таких методів :

- подрібнення великих за розміром забруднень у менші за допомогою механічних пристроїв;
- відстоювання забруднень зі стоків за допомогою нафтовловлювачів, пісковловлювачів та інших відстійників;
- розділення води та забруднювачів за допомогою центрифуг та гідроциклонів;
- усереднення стоків чистою водою з метою зниження концентрації шкідливих речовин та домішок до рівня, при котрому стоки можна скидати у водойми або каналізацію;
- вилучення механічних домішок за допомогою елеваторів, решіток, скребків та інших пристроїв;
- фільтрування стоків через сітки, сита, спеціальні фільтри, а найчастіше - шляхом пропускання їх через пісок;
- освітлення води шляхом пропускання її через пісок або спеціальні пристрої, наповнені композиціями або мінералами, здатними поглинати завислі частки.

Вибір схеми очищення води від завислих часток та нафтопродуктів залежить від виду та кількості забруднень, необхідного ступення очищення.

Фізико-механічні способи очищення стоків та води базуються на фло-

тації, мембранних методах очищення, азотропній відгонці.

Флотація – процес молекулярного прилипання частинок забруднень до поверхні розподілу двох фаз (вода – повітря, вода – тверда речовина).

Процес очищення СПАР, нафтопродуктів, волокнистих матеріалів флотацією полягає в утворенні системи „частинки забруднень – бульбашки повітря”, що спливає на поверхню та утилізується.

За принципом дії флотаційні установки класифікують так:

- флотація з подаванням повітря через пористі матеріали;
- флотація з механічним диспергуванням повітря;
- електрофлотація;
- біологічна флотація.
- зворотний осмос (гіперфільтрація) – процес фільтрування питної води через напівпроникні мембрани під тиском.

Ультрафільтрація – мембранний процес розподілу розчинів, осмотичний тиск котрих малий. Застосовується для очищення питної води від високомолекулярних речовин, завислих частинок та колоїдів.

Електродіаліз – процес сепарації іонів солей в мембранному апараті, котрий здійснюється під впливом постійного електричного струму.

Електродіаліз застосовується для демінералізації питної води. Основним обладнанням є електродіалізатори, що складаються з катіонітових та аніонітових мембран.

Хімічне очищення використовується як самостійний метод або як попередній фізико-хімічним та біологічним очищенням. Його використовують для зниження корозійної активності питної води, видалення з них важких металів, очищення стоків гальванічних дільниць, для окис-

нення 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.

Окиснення застосовують для знезараження питної води від токсичних домішок (мідь, цинк, сірководень, сульфід), а також від органічних сполук. Окиснювачами є хлор, азот кисень, хлорне вапно, гіпохлорид кальцію тощо.

Фізико-хімічні методи:

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 газу тощо. Коагулювальна 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 використовують коагулянти та флокулянти, наприклад, сірчаноокислий алюміній та поліакриламід. Коагуляцію та флокуляцію здійснюють у спеціальних ємностях та камерах.

При очищенні води використовують і електрокоагуляцію – 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 залежить від структури пор, їхньої величини, розподілу за розмірами, природи утворення. Активність сорбентів характеризується кількістю забруднень, що поглинаються на одиницю їхнього об'єму або маси ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Після механічних, хімічних та фізико-хімічних методів очищення у питній

воді можуть знаходитись різноманітні віруси та бактерії (дизентерійні бактерії, холерний вібріон, збудники черевного тифу, вірус поліомієліту, вірус гепатиту, цитопатогенний вірус, аденовірус, віруси, що викликають захворювання очей). Тому з метою запобігання захворюванням питна вода перед повторним використанням для побутових потреб підлягає біологічному очищенню.

Повний список параметрів, «водяних неприємностей» і способів боротьби з ними досить довгий. Деякі сполуки, як смертельно небезпечні, не повинні бути у воді. І колодязь, свердловина, річка або струмок, обрані вами як основне джерело домашнього водопостачання, повинні бути обов'язково перевірені на якомога більшу кількість забруднювачів. Аналіз води дасть можливість правильно скомпонувати систему очистки, яка в своїй основі моделює той чи інший природний процес:

- сорбції (сорбційні фільтри на основі вугілля, кераміки, пористого титану тощо);
- осмосу (мембранні фільтри);
- електрохімічні та каталітичні реакції;
- випарювання і дистиляція (дистилятори);
- сонячної радіації (ультрафіолет).

Залежно від того, чим саме забруднена вода, комплектується система очищення, що забирає нерозчинені суспензії, пом'якшуючи воду, видаляючи з неї надлишки заліза і марганцю, а також мікроорганізми. Далі на кухні для питних потреб встановлюється фільтр або система глибокого очищення води.

Якщо ж вода у дім надходить через централізовану систему водопостачання, де вона, як правило, вже пройшла попереднє очищення, то доочищення води проводити значно простіше і менш витратно. Аналіз води, бажано проводити і тут, хоча не обов'язково, на відміну від інших джерел водопостачання.

Майже завжди присутній у воді хлор, що працює як основний дезінфектор на станціях водоочищення, прибирається

разом з іншими невеликими органічними забруднювачами найдешевшим вугільним фільтром. Дуже часто для отримання прийнятно чистої води що-небудь робити вже й не потрібно.

В централізованих системах і в свердловинах – колодязях – джерелах, склад домішок у воді може змінюватися як у межах ГДК, так і більше, залежно від сезону, появи нових джерел забруднення, меліоративних робіт тощо. Не є безперечно безпечним і регулярне споживання води, в якій домішки містяться на межі ГДК, що відбувається досить часто. І дуже багато хто воліє застрахуватися від усіх несподіванок фільтром або домашньої системою очищення води.

Найпопулярніша у світі система зворотного осмосу, наприклад, оберігає від усіх типів забруднення, окрім мікробіологічного. Потрібно зауважити, що для доочищення можна застосовувати і деякі методи біоактивації води, які досить ефективно видаляють шкідливі домішки або перетворюють їх в склад, безпечний для організму.

Оцінимо найпопулярніші у світі методи і системи очищення води з оцінюванням можливості застосування їх при різних типах забруднення.

Багато існуючих систем (ультрафіолетові, іонообмінні, пористий титан тощо) мають обмежене застосування, меншу поширеність чи відсутність корінних відмінностей за результатами.

Найефективнішим є метод парової дистиляції, який на виході дає практично вільну від сторонніх домішок воду.

Дуже багато фірм-виробників фільтрів і систем очищення на цьому і закінчують свій огляд. Ось вам найефективніший і дорогий варіант парової дистиляції. Ось менш ефективний, але більш доступний і менш клопіткий процес фільтрації методом зворотного осмосу і так далі за зменшенням (саме така послідовність у американських журналах).

Доведена до стану дистиляту питна вода протипоказана до постійного спо-

живання. Мало того, що організму не доставляється необхідну кількість солей і мікроелементів (багато з них, в іншому вигляді і далеко не всі доставляються так само і з їжею), понад те, і це найголовніше, дистильована вода ще й вимиває їх з нього. Погіршується шкірно-волоссяний покрив, розм'якшуються кістки, з'являються і поглиблюються шлунково-кишкові захворювання. І це тільки верхівка айсберга неприємностей, що відбуваються в організмі у разі тривалого споживання дистиляту.

Згідно, наприклад, більш ніж 170 публікацій (за даними FDA) невелик магнію в воді безпосередньо пов'язаний із серцево-судинними захворюваннями, найпоширенішими в наш час. Дослідження, проведені Інститутом Арктики і Антарктики спільно з українськими медиками, показали, що в крові полярників, які вживали лише талу воду, концентрація кальцію через кілька місяців знижувалася на 30 %, значно знижувалася згортання крові, переломи і рани заживали у декілька разів повільніше.

Дистильована вода знаходиться в дуже нерівноважному стані і, як губка, вбирає в себе з навколишнього простору газу, солі, миттєво все це розчиняє. Дистилят роз'їдає навіть труби. Уявляєте, що відбувається всередині нас, коли ми випиваємо таку водичку. Навіть на перший погляд – нічого хорошого. Однак, якщо вода з обраного вами джерела, наприклад, сильно мінералізована, може містити патогенні бактерії і віруси, містить інші типи забруднень, то парова дистиляція до появи систем проточної електрохімічної активації була найкращим вибором.

Зворотноосмотичні системи до появи проточної електрохімічної активації, а потім і систем з трековою мембраною, були другими за універсальністю очищення. Мають значно меншу вартість виробництва одного літра води і велику продуктивність, в порівнянні з системами парової дистиляції.

Однак мають такі недоліки:

- примхливий характер і чутливість до деяких параметрів води, особливо до хлору (деякі різновиди мембран), що може просто вивести їх з ладу;

- вимагають регулярних дезінфекційних процедур через вічну загрозу Мітозіса;

- бажано попереднє встановлення вугільних фільтрів;

- недостатньо довговічні;

- крім цього, відповідно до твердження Aqua Technology, системи зворотного осмосу перетворюють воду в не найздоровішу для організму структурну форму.

Системи фільтрації з застосуванням трекової мембрани (ТМ), у тому числі і найбільш досконала з них «Водний Доктор», вийшли на ринок зовсім недавно, але вже цілком заслужено відвоювали собі його солідний шматок. Трекова мембрана забезпечує ще більшу якість фільтрації, ніж це було досягнуто за допомогою систем зворотного осмосу.

Головні переваги:

- при більш ніж якісному очищенню води від усіх типів забруднень ТМ здатна працювати як в напірному варіанті з прийнятною продуктивністю, так і в польових умовах, як накопичувальна система;

- ТМ забезпечує найбільший ступінь захисту від мікробіологічного забруднення після системи парової дистиляції, поряд з методом ЕХА. Зворотноосмотичні системи, наприклад, нездатні боротися з цим типом забруднення;

- структура води після фільтрації з застосуванням трекової мембрани не є фізіологічно нездоровою, як це відбувається при застосуванні систем зворотного осмосу (відповідно до твердження Aqua Technology).

- ТМ (трекова мембрана) є безальтернативним варіантом для застосування в польових умовах при фільтрації води з відкритих джерел. Крім головного завдання, – позбавлення від живої та мертвої органіки, ТМ надзвичайно ефекти-

вно фільтрує і все інше. Керамічний фільтр, що застосовувався лише для знезараження води і часткового видалення органіки, безповоротно пішов у минуле. ТМ нездатна боротися тільки з вірусами. За цим параметром «Водний Доктор» програє методам ЕХА і парової дистиляції, які, однак, і не використовуються для очищення води з відкритих джерел. Та й взагалі, – чистити воду від вірусів, – це не дуже актуально. Від бактерій – так, але з цим ТМ справляється чудово;

- термін служби трекової мембрани досить великий. Без всякої заміни, а лише з регулярним промиванням вона буде служити до двох років при досить інтенсивній експлуатації.

Що ж до системи проточної електрохімічної активації (ЕХА), то будучи до недавнього часу темною конячкою для більшості американців і до сих пір – для європейців, вона давно і дуже успішно використовується в Росії, країнах СНД, Японії, і Канаді (власна розробка силами колишніх радянських вчених). Трохи програючи за загальним ступенем очищення від забруднень «Водному Доктору», метод ЕХА, тим не менш, має кілька важливих переваг:

- собівартість одержуваної води з усіх методів найменша саме у ЕХА;

- продуктивність значно вища, ніж у всіх інших реальних конкурентів.

- надійність і довговічність. Немає жодних витратних елементів (мембран, картриджів, мішечків, що оберігають нагрівальні елементи дистиляторів від солей жорсткості, самі нагрівальні елементи). Обладнання здатне служити до 10 років і більше без будь-якого ремонту і заміни деталей.

- головне – це біологічна активація води з перетворенням її структури у найбільш фізіологічно прийнятну для нас форму – гексагональну.

Деякі фільтри, дуже популярні в Росії, не мають міжнародної сертифікації та чіткого позиціонування за параметрами. Саме через нестачу офіційних да-

них по них, тут не розглядаються такі дуже перспективні фільтри, як цеолітово-шунгітовий або доломітово-цеолітово-шунгітовий.

Висновки. Сьогодні людина та результати її діяльності перевершили всі біологічні чинники. Завдання людини – не підривати природні основи свого існування, неперешкоджати прогресивним процесам, що відбуваються в біосфері, а намагатися з'ясувати закони і правила, що керують цими процесами, узгоджувати з ними свої цілі та дії.

Проблема забезпечення належної кількості та якості води є однією з найважливіших і має глобальне значення. Необхідно раціонально використовувати чисту воду та відділяти її від тієї, яка використовується для господарських потреб.

Стан водних джерел за якістю води не відповідає нормативним вимогам. Через використання неякісної води зростає захворюваність людей. Потрібно вживати заходи, які спрямовані на запобігання та усунення наслідків забруднення, засмічування і виснаження вод.

Розглянуто сучасні методи очищення питної води, виконано їх порівняння та розроблено рекомендації щодо покращення її якості.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Михаил Ахманов.* Вода, которую мы пьем // М. Ахманов. – СПб.: ИК «Невский проспект», 2002. – 193 с.
2. *Самые распространенные способы очистки воды* // авт.-сост. М.Е. Ершов. – М.: АСТ; Донецк: Сталкер, 2006. – 94 с.
3. *Кожин В.Ф.* Очистка питьевой и технической воды: примеры и расчеты // Учеб. пособие для вузов. – 4-е издание репринтное. – М.: ООО «Бастет», 2008. – 304 с.
4. *Джигирей В.С.* Екологія та охорона навколишнього середовища: Навч. посібник. – 4-е вид., випр. і доп. – К.: Знання, 2006. – 319с.
5. *Заверуха Н.М. та ін.* Основи екології: Навч. посібник для студентів вузів. – К.: Каравела, 2006. – 368 с.
6. *Куртов В.Д.* Об удивительных свойствах электроактивированной воды. К.: НПФ «ЭКОВОД», 2008. – 236 с.
7. *Бахир В.М. и др.* Электрохимическая активация: очистка воды и получение полезных растворов. – М.: ВНИИМТ, 2001. – 176 с.
8. *Леонов Б.И., Прилуцкий В.И., Бахир В.М.* Физико-химические аспекты действия электрохимически активной воды. – М.: ВНИИМТ, 1999. – 244 с.
9. *Николай Друзьяк.* Вода здоровья и долголетия. – СПб.: Крылов, 2007. – 256 с.
10. *Батманхелидж Ф.* Ваше тело просит воды. – Мн: Попурри, 2006. – 208 с.
11. *Рошаль В.М.* Магическая энергия воды. – М.: АСТ; СПб.: Сова, 2009. – 191 с.
12. *Гарбузов В.А.* Исцеляющая тайна воды за семью замками. – СПб.: Питер, 2008. – 224 с.
13. *Калинин Ю.К., Калинин А.И., Скоробогатов Г.А.* Шунгиты Карелии – для новых стройматериалов, в химическом синтезе, газоочистке, водоподготовке и медицине. – СПб.: УНЦХ СПбГУ, ВВМ, 2008. – 219 с.
14. http://w-filters.info/kremni_water.html Очищення води кременієм.
15. http://www.upravdom.org.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=103&Itemid=2 Безреагентні технології очищення води.
16. http://www.rusnauka.com/4_SVMN_2007/MusicaAndLife/19939.doc.htm Інтенсифікація процесу біологічного очищення стічних вод із застосуванням ультразвуку.