



ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

УДК 628.16

<https://doi.org/10.31713/vt320185>

Литвиненко Л. Л., к.т.н, доцент, Вижевська Т. В., к.т.н., доцент
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ПОМ'ЯКШЕННЯ ВОДИ З ВИКОРИСТАННЯМ МАГНІТОДИСПЕРСНИХ МАТЕРІАЛІВ

На підставі експериментальних досліджень пом'якшення води з використанням магнітодисперсних матеріалів (МДМ) показані переваги електрохімічного способу їх отримання. Визначені оптимальні параметри процесу пом'якшення води: швидкість обертання катода, густина струму, питома витрата матеріалу. Доведена доцільність багатократної регенерації МДМ.

Ключові слова: природна вода, пом'якшення, магнітодисперсний матеріал, густина струму, питома витрата.

Для інтенсифікації процесів пом'якшення, знесолення природної води використовують різноманітні способи, які пов'язані з використанням різних реагентів, варіаціями температурних режимів обробки води, а також впливом на воду, що обробляють, реагенти та фільтруюче завантаження електричного та магнітного полів. Електричні та магнітні поля побуджують поляризацію і деформацію іонів, що супроводжується зменшенням їх гідратації, підвищує імовірність їх зближення і зрештою утворення центрів кристалізації. Такий метод обробки води з метою попередження утворення накипу ефективний при пом'якшенні вод кальцієво-карбонатного класу. Оптимальна напруженість магнітного поля $10-12 \times 10^4$ А/м, сила струму 708 А [3].

Суть методу пом'якшення води з використанням магнітного поля полягає в тому, що при перетинанні водою магнітних силових ліній катіони солей жорсткості виділяються не на поверхні нагрівання, а в масі води. У порівнянні з розповсюдженими методами пом'якшення магнітну обробку води відрізняють простота, економічність, зокрема, низькі експлуатаційні витрати, технологічна безпечність, екологічність. Оброблена магнітним способом вода не набуває жодних побічних, тим паче, шкідливих для здоров'я людини, властивос-

тей і не змінює сольовий склад, зберігаючи смакові якості питної води.

Існує кілька гіпотез впливу електромагнітного поля на іони солей, розчинених у воді. Однак найбільш розповсюдженою є теорія, відповідно до якої процес, що відбувається при магнітній обробці води, пояснюється таким чином. При проходженні через магнітне поле диполів води на них діє сила Лоренца, внаслідок чого молекули води починають здійснювати коливальні рухи. Магніти розташовують так, щоб викликати резонанс диполів води, що зроби́ть її структуру нестабільною. Відбувається відокремлення диполів води від мікрівключень, вони перетворюються на заряджені частки. При об'єднанні кількох таких часток у об'ємі води формується центр кристалізації, і молекули кальцію осідають саме на ньому, а не на теплопровідній поверхні. Далі процес наростає лавиноподібно: нові іони кальцію прикріплюються до тих, які уже висадилися на поверхні мікроскопічних кристалів. Таким чином, кристалізація карбонату кальцію CaCO_3 відбувається в об'ємі води. Такі дисперсні частки легко видаляються з води звичайним фільтруванням.

Отже, в результаті магнітної обробки води прискорюється коагуляція; підсилюються всі адсорбційні процеси; змінюється процес кристалізації солей. При застосуванні цього методу, крім простоти обладнання, безпечності та меншої вартості, спостерігається уповільнення біологічного обростання водоростями, зниження корозійної активності води.

Незважаючи на всі переваги апаратів для магнітної обробки води, на практиці ефективність обробки найчастіше виявлялась лише в початковому періоді експлуатації, з часом процес згасає. Свої властивості намагнічена вода зберігає протягом певного визначеного періоду часу: залежно від її хімічного складу та умов експлуатації. Це може бути термін від 8 годин до 5 діб. Хімічний і дисперсний склад домішок природної води змінюються відповідно до регіону та сезону. Ступінь насичення води (за CaCO_3) залежить, в тому числі, від температури. Тому ефективність магнітної обробки може змінюватися в широких межах аж до нульових значень, залежно від збігу факторів, що впливають на процес. Окрім того, іони солей жорсткості залишаються у воді, для їх видалення потрібен додатковий механічний вплив.

Одним з фізико-хімічних методів пом'якшення води є магнітно-реагентний, коли у воду, яку необхідно пом'якшити, вводять магнітосприйнятний реагент який здатний флокулювати навколо себе іони



солей жорсткості, які окремо не взаємодіють з магнітним полем в звичайних умовах, що робить неможливим їх видалення. Такі флокули під дією магнітного поля легко вилучаються на магнітних установах. Метод ферит-процесу, залежно від способу введення реагенту, можна поділити на два основні напрямки, коли утворення феромагнітного реагенту відбувається безпосередньо у воді або у воду, що очищується, вводиться штучно приготований або природний магнітодисперсний реагент.

Таким магніто-дисперсним реагентом (МДР) може бути магнетит Fe_3O_4 , магемит $\gamma-Fe_2O_3$, та гематит $\alpha-Fe_2O_3$.

Приготувати штучний магніто-дисперсний матеріал (МДМ): можна хімічним або електрохімічним методами.

При хімічному приготуванні магнетиту у воду спочатку вводять лужний реагент **КОН**, підвищуючи рН води, а потім додають феромагнітний реагент Fe_3O_4 , частинки якого з'єднуються кристалами, утворюючи комплекси з феромагнітними властивостями, які в подальшому вилучаються на магнітних поверхнях.

Інший варіант утворення феромагнітного реагенту – за допомогою електрокоагулятора з рухомим анодом. Вода, яка підлягає обробці, надходить в міжелектродний простір електрокоагулятора, де за рахунок електрохімічного розчинення і механічного стирання електродів утворюється феромагнітний реагент, який, агрегуючись з кристалами іонів жорсткості, утворює комплекси, здатні реагувати на магнітне поле.

Для визначення оптимальної дози МДМ було проведено ряд експериментів для води із сталим водневим показником, при зміні значень кількості обертів електрокоагулятора та сили струму, які відповідають технологічному режимові роботи очисної станції. Жорсткість вихідних модельних розчинів 5-8 мг-екв/л. За результатами досліджень побудовані графічні залежності, наведені на рис. 1 та 2.

На підставі аналізу отриманих залежностей побудований сумісний графік порівняння найкращих значень доз МДМ, який наведений на рис. 3.

Дослідженнями встановлено що найбільш ефективна доза магніто-дисперсної речовини знаходиться в межах від 0,05 до 1,00 г/л.

При використанні цього методу пом'якшення важливим є значення рН води, яке залежить від кількості введеного луку.

Для визначення оптимального значення водневого показника для осадження феромагнітних комплексів жорсткості були проведені дослідження при електрохімічному та хімічному способах отримання

магнетиту. Для визначення рН був використаний електронний рН-метр.

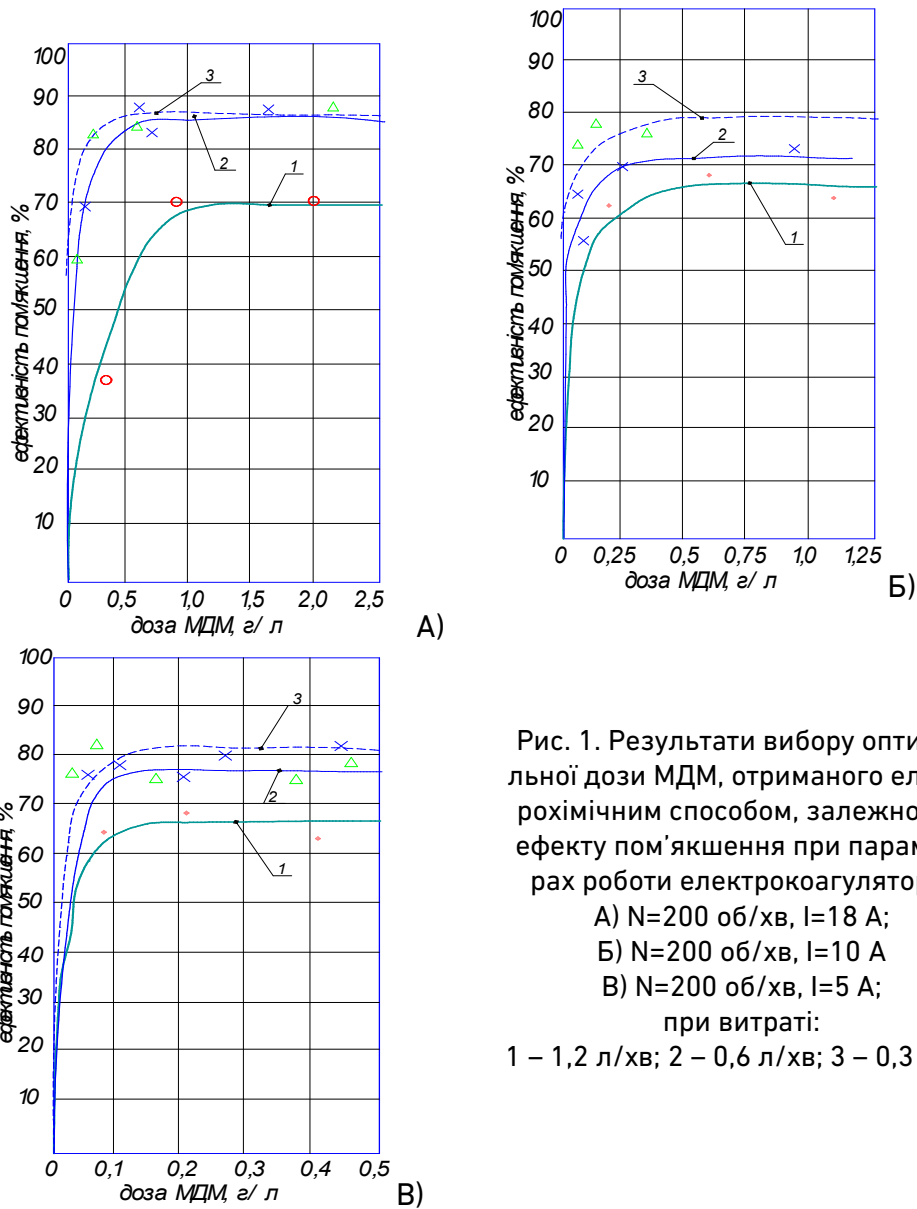


Рис. 1. Результати вибору оптимальної дози МДМ, отриманого електрохімічним способом, залежно від ефекту пом'якшення при параметрах роботи електрокоагулятора:
 А) $N=200$ об/хв, $I=18$ А;
 Б) $N=200$ об/хв, $I=10$ А
 В) $N=200$ об/хв, $I=5$ А;
 при витраті:
 1 – 1,2 л/хв; 2 – 0,6 л/хв; 3 – 0,3 л/хв

Отримані графічні залежності наведені на рис. 4 та 5.

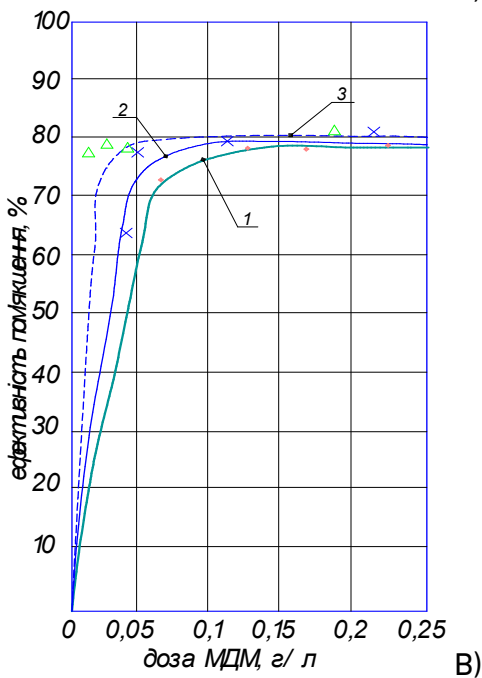
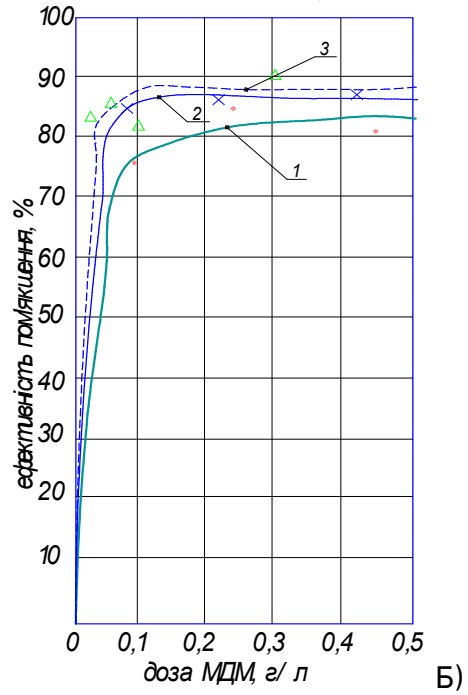
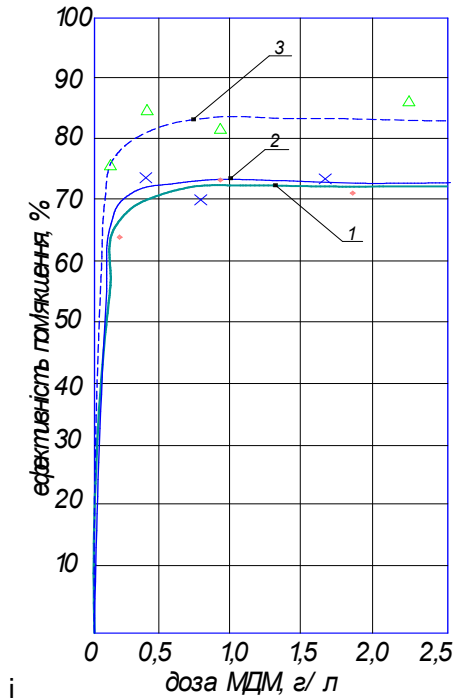


Рис. 2. Результати вибору оптимальної дози МДМ, отриманого електрохімічним способом залежно від ефекту пом'якшення при параметрах роботи електрокоагулятора:
А) $N=300$ об/хв, $I=18$ А;
Б) $N=300$ об/хв, $I=10$ А
В) $N=300$ об/хв, $I=5$ А;
при витраті:
1 – 1,2 л/хв; 2 – 0,6 л/хв; 3 – 0,3 л/хв

Як бачимо з наведених графіків, значення рН для осадження феромагнітних комплексів жорсткості з магнетитом, отриманим електрохімічним способом, становить 10...12, тоді як для магнетиту, отриманого хімічним способом, воно дещо вище: 11...13.

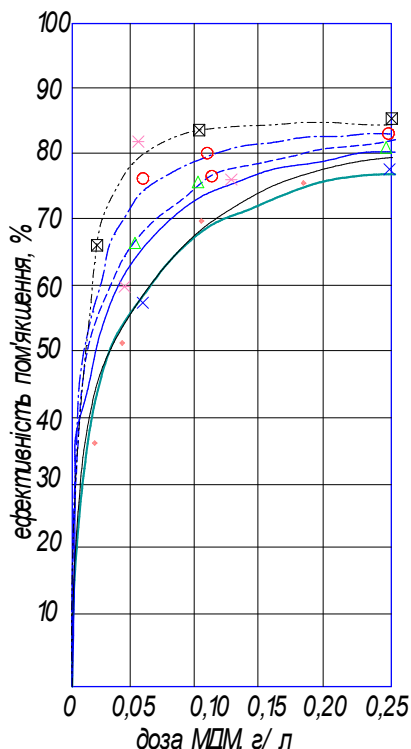


Рис. 3. Сумісний графік порівняння кращих доз МДМ

Були проведені дослідження зменшення витрат на приготування МДМ були проведені дослідження з їх регенерації. Відомо, що локалізований разом з немагнітними домішками магнетит може бути регенований хімічним, термічним або механічним способами. Регенерація може відбуватися при зменшенні величини водневого показника (рН = 5).

Для зміни рН можна використовувати кислотні реагенти, наприклад, HCl або H_2SO_4 . Оброблений таким чином розчин надходить у магнітний очисний пристрій (сепаратор), де відбувається відокремлення феромагнітної фракції магнетиту від інших домішок.

Були проведені дослідження механічного способу регенерації, суть якого полягає у тому, що промивна вода, яка містить затримані під час технологічного циклу забруднення і магнетит, спрямовується у окрему місткість, звідки з великою швидкістю ($v = 180...200$ м/год) подається на магнітний фільтр з фільтруючою насадкою із гранул нержавіючої сталі неправильної форми.

Коефіцієнт щільності насадки становив 0,4, а напруженість магнітного поля 50...60 кА/м. При русі води з великою швидкістю спостерігається руйнування феромагнітних комплексів, що дає можливість затримувати у магнітному фільтрі тільки частинки МДМ, які реагують на магнітне поле, і які в подальшому можна використовувати в технологічному циклі пом'якшення.

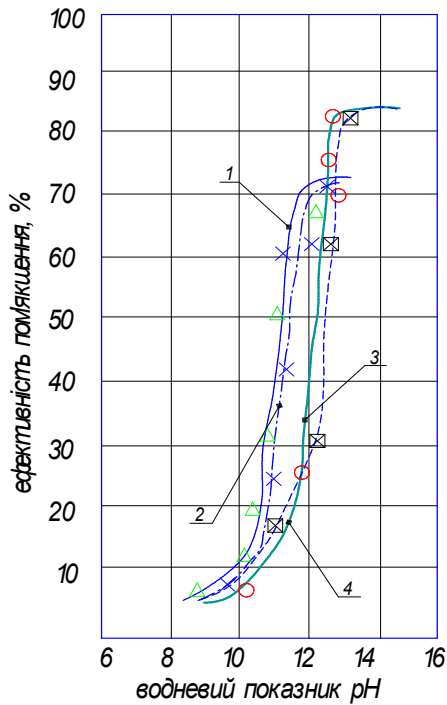


Рис. 4. Залежність ефективності пом'якшення води від рН для магнетиту, отриманого хімічним способом:
1, 2 – для модельних розчинів;
3, 4 – для природних вод

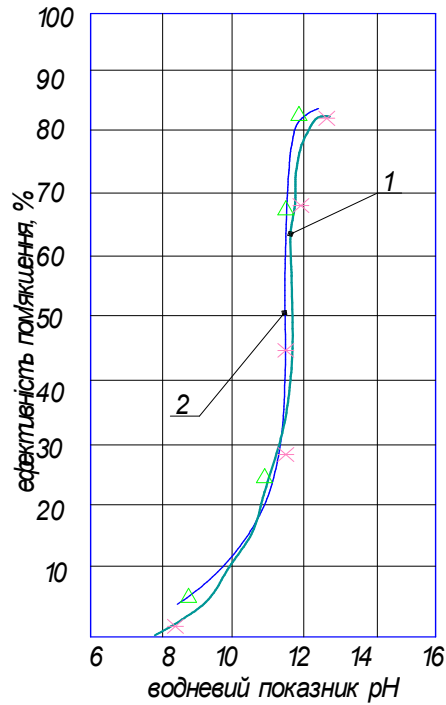


Рис. 5. Залежність ефективності пом'якшення води від рН для магнетиту, отриманого електрохімічним способом:
1 – для модельних розчинів;
2 – для природних вод

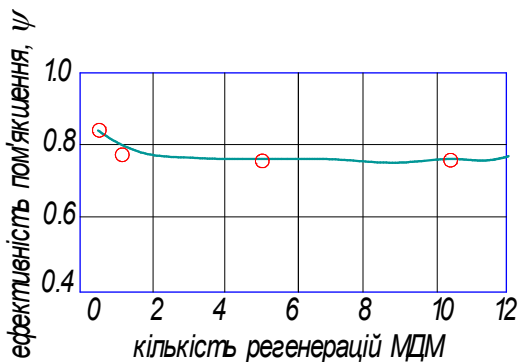


Рис. 6. Дослідження регенерації магнетиту

Перевірка ефективності очищення води з використанням магнетиту, що пройшов декілька циклів регенерації (10 і більше разів), показала, що якість пом'якшення практично не змінюється, а втрати магнітного реагенту за один цикл при механічній регенерації не перевищують 1%. Графічну залежність наведено на рис. 6.

Позитивний результат виконаних досліджень дозволяє зробити висновок про можливість повторного використання магнетиту, ско-

рочуючи цим до мінімуму втрати МДМ. Крім того, різко скорочуються витрати, пов'язані з роботою електро-коагулятора, включеного до технологічної схеми очищення, тому що достатньо періодичних включень коагулятора, щоб поповнити втрати магнетиту, і відпадає необхідність його роботи в постійному режимі.

Висновки

При електрохімічному приготуванні МДМ їх доза значно знижується. Рекомендовані параметри роботи електрокоагулятора: швидкість обертання катода $n = 200$ об/хв; густина струму $i = 25,7$ А/дм²; питома витрата контактної маси $q = 0,43$ л/дм²·хв.

Слід відзначити, що збільшення дози МДМ і підвищення рН понад критичну величину (рН=13) не призводить до поліпшення процесу пом'якшення, а малі дози МДМ (до 0,05 г/л) навіть при рН = 12...13 не забезпечують необхідного ступеня пом'якшення.

Це свідчить про те, що основне призначення МДМ полягає в утворенні магнітних комплексів – кристалів, що складаються з частинок МДМ і кристалів жорсткості. На процес утворення кристалів жорсткості основний вплив має рН середовища. Тому МДМ потрібно вводити в достатній кількості, при якій найбільше число іонів солей жорсткості змогли б викристалізуватися на них.

Збільшення дози луку з метою підвищення рН не дозволяє використовувати отриману пом'якшену воду без зниження рН до необхідного рівня, а тому виникає необхідність у додаткових реагентах, пристроях для їх приготування, обслуговуючому персоналі.

Таким чином, аналізуючи отримані дози МДМ в залежності від способу його отримання, можна зробити висновок, що електрохімічне приготування МДМ дозволяє знизити дозу до 10 разів, причому залишкова лужність і рН будуть нижчі, ніж при використанні МДМ, приготованого хімічним способом, а це, в свою чергу, дозволяє знизити капітальні та експлуатаційні затрати, пов'язані з використанням реагентів і утриманням реагентного господарства більше, ніж на експлуатаційні затрати з використання електрокоагулятора.

1. Гамаюнов Н. И. Действие магнитного поля на водные растворы. ЖПХ, Т. 56. № 5. 1983. 2. Душкин С. С. Интенсификация реагентных методов очистки воды : автореф. докт. дис., М., 1989. 3. Терновцев В. Е., Пухачев В. М. Очистка промышленных сточных вод. К., «Будівельник», 1986. 4. Журба М. Г., Литвиненко Л. Л. Некоторые вопросы умягчения природных вод с применением магнитовосприимчивых дисперсных веществ. Тезы докл. рег. н-т. конф. Вологда, 1990.



REFERENCES:

1. Hamaiunov N. I. Deistvie mahnitnoho polia na vodnye rastvory. ZhPKh, T. 56. № 5. 1983. 2. Dushkin S. S. Intensifikatsiia reahentnykh metodov ochistki vody : avtoref. dokt. dys., M., 1989. 3. Ternovtsev V. E., Pukhachev V. M. Ochistka promyshlennykh stochnykh vod. K., «Budivelnyk», 1986. 4. Zhurba M. H., Litvinenko L. L. Nekotorye voprosy umiahcheniia prirodnykh vod s primeneniem mahnitovospriimchivykh dispersnykh veshchestv. *Tezy dokl. reh. n-t. konf. Volohda*, 1990.

Рецензент: д.т.н., професор Ковальчук В. А. (НУВГП)

Lytvynenko L. L., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Vyzhevska T. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

INTENSIFICATION OF THE WATER SOFTENING PROCESS USING MAGNETIC DISPERSIVE MATERIALS

The experimental results of effectiveness of the water softening process using magnetic dispersive materials (MDM) are presented in the article. The chemical and electrical-chemical MDM preparation methods comparison shows the advantages of the latter method. The recommended parameters of electric coagulation set are: cathode rotation velocity 200 revolutions per minute, current density 25,7 A/dm², MDM specific use 0,43 l/ dm² per minute.

The MDM dose and pH increasing over the critical point (pH=13) do not leads to mater softening grows. But MDM dose lower than 0,05 g/l cannot ensure the water softening efficiency demanded.

The main MDM use purpose is to create the magnetic crystals, which consist of MDM particles and hardness crystals. Dealing with high pH values we cannot use the softened water without pH reducing using additional acidic reagents, equipment, maintenance personnel.

So the conclusion of experimental research is that electrical-chemical MDM preparation leads to 10 times lower MDM dose, lower pH values. That is why we can save the capital investigations so as the maintenance costs for water softening when using magnetic

dispersive materials.

Keywords: natural water, softening, magnetic dispersive material, current density, specific use.

Литвиненко Л. Л., к.т.н., доцент, Вижевская Т. В., к.т.н., доцент
(Национальный университет водного хозяйства и
природопользования, г. Ровно)

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА УМЯГЧЕНИЯ ВОДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАГНИТОДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

На основании экспериментальных исследований умягчения воды с использованием магнитодисперсных материалов (МДМ) показаны преимущества электрохимического способа их получения. Определены оптимальные параметры процесса умягчения воды: скорость вращения катода, плотность тока, удельный расход материала. Доказана целесообразность многократной регенерации МДМ.
Ключевые слова: природная вода, умягчение, магнитодисперсный материал, плотность тока, удельный расход.
