

**Kurylo A. O. Correlation-regression analysis of contamination concentration in the soil solution of the infiltration layer**

*In the article, using the pair correlation-regression analysis, the correlation of the concentration of pollution in the soil solution of the infiltration layer and the precipitation time has been established. The form of dependence between the studied variables is established, the regression function is estimated and the forecast of the dependent variable is performed.*

**Key words:** *pollution concentration, rainfall time, pair correlation-regression analysis, forecast.*

Дата надходження до редакції: 22.06.2017

Рецензент: д.т.н., проф. Топілін Г.Є.

УДК 628.16.067

**ВИКОРИСТАННЯ ПОЛІДИСПЕРСНИХ ЧАСТИНОК ФЕРИТУ БАРІЮ ДЛЯ ФІЛЬТРАЦІЇ ВОДИ**

**О. С. Кузема**, д.ф.-м.н., професор

*Сумський національний аграрний університет*

**П. О. Кузема**, к.х.н.

*Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України*

**С. Г. Ніконоров**, ст. викладач

*Сумський національний аграрний університет*

*В основу розробки покладено ідею збільшення сорбційної здатності фільтруючої системи шляхом застосування коагулянта і магнітного поля. Обробка і попереднє очищення води здійснюється пропусканням її через шар полідисперсних частинок фериту барію із одночасним накладанням магнітного поля. Наступна стадія фільтрації відбувається за рахунок проходження води через мінеральний сорбент, а потім через активоване вугілля. Така трьохступенева система очищення забезпечує вилучення з води заліза, нітратів, іонів важких металів, мікрофлори, шкідливих органічних і неорганічних речовин до гранично допустимого рівня. Фільтр обладнаний регулятором швидкості потоку води і автоматичним клапаном, який забезпечує постійний контакт наповнювача фільтра з водою. Постійні магніти здійснюють обробку води без споживання електричної енергії. Очищена і оброблена магнітним полем вода має лікувальні властивості і зберігає мінеральний склад при відсутності шкідливих домішок.*

**Ключові слова:** *кремнезем, активоване вугілля, ферит барію, магнітне поле, магнетит, осад, коагулянт.*

**Постановка проблеми.** В останні роки стан основних джерел водопостачання на більшій частині України різко погіршився. Це пов'язано, в першу чергу, з діяльністю агропромислового комплексу, питома вага якого в народному господарстві досить висока, а ґрунтовий покрив України має небезпечну тенденцію до деградації схилених земель, на яких розвиваються ерозійні процеси. На змитих ґрунтах знижується урожайність сільськогосподарських культур і ефективність їх вирощування, нерідко спостерігається цілковитий змив верхнього шару ґрунту, втрачається його родючість, що завдає великої шкоди, створюючи або ускладнюючи екологічну проблему. Використання для підвищення врожаю сільськогосподарських культур фосфорних і азотних добрив та отрутохімікатів призводить до того, що залишки пестицидів і нітратів проникають у верхні водоносні шари, отруюючи джерела постачання води для населення сіл, селищ міського типу, невеликих і середніх міст. Враховуючи незадовільну якість питної води, необхідно зазначити, що створення нових технологій її очищення і розробка якісних фільтрувальних пристроїв є актуальним заходом.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Системний аналіз існуючих на цей час досліджень доводить, що під час сільськогосподарської діяльності, крім визначення стану земельних та водних ресурсів, які залучаються у виробництво, не менш важливим показником такої діяльності є наявність відповідних технологій і фільтраційних систем для очищення і обробки води. Існуючі технології вилучення з води завислих частинок і колоїдних домішок ґрунтуються на введенні у воду залізовмісного коагулянту з наступним відокремленням осаду магнітним полем [1]. У якості коагулянту в [2] запропоновано застосування суміші двох речовин  $\text{FeSO}_4$  і  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$  в рівному молярному співвідношенні, і процес очищення здійснюють при  $\text{pH} = 7\div 10$ , для чого у воду додають луг [3]. У результаті хімічних реакцій, що відбуваються, утворюються гідроксиди, котрі сорбують забруднення, а потім утворюють магнетит. В осад разом із магнетитом потрапляють і забруднення, які відокремлюють від води магнітною сепарацією.

При таких технологіях у воду вводяться додаткові сполуки, що змінюють її фізико-хімічні властивості. Крім того, з води не вилучаються

іони важких металів і мікрофлора.

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Мета даної роботи полягає в розширенні функціональних можливостей існуючого методу і пристрою для його практичної реалізації.

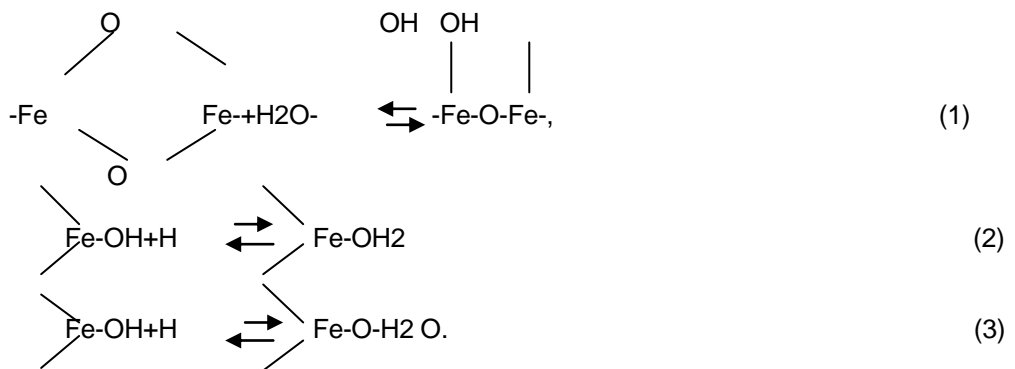
**Викладення основного матеріалу дослідження.** Поставленої мети було досягнуто за рахунок удосконалення процесу обробки води та фільтрації. При цьому обробку і попереднє очищення води проводили пропусканням її через шар полідисперсних частинок фериту барію, розміщених у магнітному полі індукції  $0,1 \div 0,2$  Тл, а фільтрацію здійснювали пропусканням води через послідовно розташовані шари гранульованих сорбентів із кремнезему і активованого вугілля. Сутність нової технології полягає в наступному. Як відомо [4], головною умовою ефективної роботи гранульованого сорбенту є дестабілізація рідинних плівок на поверхні його зерен і на частинках, що вилучаються із води. Для цього воду спочатку пропускають через шар полідисперсних частинок фериту барію  $BaO \cdot 6Fe_2O_3$ , який являє собою неорганічний коагулянт як гідролізуюча сполука заліза. Такі сполуки здатні вилучати з води не тільки завислі домішки за рахунок нейтралізації їх заряду і гетерокоагуляції, але й різні високомолекулярні сполуки шляхом їх сорбції високорозвиненою поверхнею гідроксиду металу, утвореного в результаті гідролізу коагулянту. Обробкою лугом або кислотою високогідроксильованій поверхні може бути наданий позитивний або негативний заряд. У даній технології обробка поверхні фериту здійснюється лугом, оскільки за рахунок накладання магнітного поля збільшується рН води. Магнітна обробка води дає ще один позитивний ефект, оскільки зменшує заряд на поверхні завислих частинок та

мікробіологічних об'єктів [7], що значно підвищує інтенсивність їх коагуляції та ймовірність затримки сорбентами.

Полідисперсні частинки фериту барію виконують роль не тільки коагулянту і фільтрувального засобу для високомолекулярних сполук, вони ще здійснюють попереднє очищення води від феромагнітних домішок. Вилучення таких домішок відбувається неоднорідними магнітними полями, що утворюються між феромагнітними частинками наповнювача фільтру. Це зумовлює появу сили, яка діє на феромагнітні частинки в рідині. Величина і напрямок цієї сили визначається співвідношенням [6]  $\vec{F} = grad(\vec{P}_m \vec{B})$ , де  $\vec{F}$  – сила, що діє на феромагнітну частинку у неоднорідному магнітному полі;  $\vec{P}_m$  – магнітний момент частинки;  $\vec{B}$  – індукція магнітного поля.

Необхідно відмітити, що для ефективного омагнічування води потрібно, щоб магнітне поле діяло на воду в проміжок часу не менший, ніж  $t = 0,5 \div 0,8$  секунди. Виходячи з цього, діаметр кульки 11 (рис. 1), яка періодично перекидає ширину прохідного отвору у фільтрі, можна визначити в залежності від параметрів фільтру наступним чином. Якщо швидкість води, що витікає через фільтр, позначити через  $V$ , то очевидно, що  $d = Vt$ . Швидкість води  $V$  (см/с) можна визначити через пропускну спроможність фільтру  $Q$  (см<sup>3</sup>/с) і площу перерізу  $S$  (см<sup>2</sup>) трубопроводу, який закриває кулька 11,  $V = Q/S$ . Тоді співвідношення для діаметра кульки 11 буде  $d = Qt/S$ .

Основний механізм процесів, які відбуваються на поверхні фериту можна описати рівнянням поверхневих гідроксильних груп



Рівняння (1) описує гідроліз окислу заліза, завдяки чому утворюється високогідроксильована поверхня, якій обробкою лугом, або кислотою, як показують рівняння (2) і (3), може бути наданий позитивний результат або негативний заряд.

Наступною стадією процесу очищення води є фільтрація. Вона здійснюється у два етапи. Спочатку воду пропускають через гранульований кремнезем, що має гідрофільні властивості. Він вилучає з води органічні сполуки, білки і основну масу мікрофлори, по відношенню до якої кремнезем має

специфічні властивості [5]. Гранульований кремнезем не токсичний, має високу хімічну чистоту і низьку вартість, його застосування збільшує ресурс активованого вугілля, котре на завершальній стадії звільняє воду від фенолів, пестицидів та інших токсичних сполук.

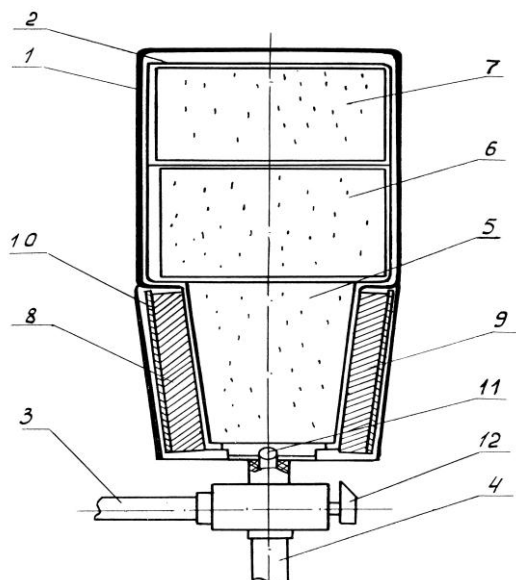


Рис. 1. Будова побутового фільтру:

- 1 – магнітний корпус фільтру; 2 – немагнітний корпус фільтру; 3 – вихідний патрубок; 4 – вхідний патрубок; 5 – коагулянт; 6 – кремнезем; 7 – активоване вугілля; 8,9 – магніти; 10 – магнітний екран; 11 – клапан; 12 – регулятор режиму роботи.

Описана технологія може знайти застосування при розробці фільтраційних систем як для колективного, так і для індивідуального використання. Експериментальні випробування нової технології очищення води ми здійснювали на дослідному зразку фільтра продуктивністю 50 л води за годину. Досліджувались проби води із водопровідної мережі та колодязів м. Суми. Лабораторними аналізами встановлено, що питна вода після фільтрування за органолептичними

показниками (запах, присмак, мутність, цвітність), вмістом заліза, нітратів та інших солей металів поліпшується. Так, вміст заліза зменшився в залежності від режиму фільтрування у 2÷9 разів, мутність – у 4 рази, нітрати – у 1,5÷4 рази, органічні домішки – на 80%. Крім того, після проходження води через фільтр її рН зростає від 7,2 до 8,3 одиниць. Встановлено, що при загальному об'ємі наповнювачів фільтру в 1000 см<sup>3</sup> ресурс його до регенерації сорбентів перевищує 3600 л. Експериментальні випробування побутового варіанту фільтру показали високу ефективність фільтрації води і експлуатаційну перевагу даного пристрою у порівнянні з відомими зразками.

#### Висновки

Описаний пристрій для обробки і очищення води у порівнянні з відомими фільтрами має переваги як в ефективності обробки води і в ефективності вилучення шкідливих домішок, так і в терміні використання наповнювачів фільтру до їх заміни. Фільтраційні системи із полідисперсним ферромагнітним наповнювачем, розміщеним у магнітному полі, можна застосовувати для очищення не тільки води, а й інших рідин. Попередні дослідження, проведені нами на Качанівському газопереробному заводі, показали спроможність таких систем підвищувати якість нафтопродуктів, що пройшли обробку і очищення подібними фільтрами. В заключеннях організацій, що проводили випробування фільтру, відзначено, що даний пристрій є досить простим в експлуатації, але потребує удосконалення в напрямку збільшення тривалості роботи фільтру до регенерації наповнювачів, над чим зараз автори і працюють.

#### Список використаної літератури:

1. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. – М.: Наука, 1977. – 356 с.
2. Кульский Л.А., Душкин С.С. Магнитное поле и процессы водообработки. – Киев: Наукова думка, 1988. – 244 с.
3. Бесков К.В., Тарасова А.С. Способ очистки сточных вод. А.С.№854889, кл. С02F1/48.
4. Кузема О.С., Миронюк І.Ф., Помазановський О.С., Огенко В.М., Чуйко О.О. Спосіб очищення води і пристрій для його реалізації. – Заявка на винахід впатенту №9702070.
5. Ярошевская Н.В., Андриевская М.Д., Сотскова Т.З. Анализ влияния различных факторов на эффективность работы водоочистных фильтров // Химия и технология воды 15(4) 1993, С. 294-303.
6. Сандуляк А.В. Магнито-фильтрационная очистка жидкостей и газов. – М.: Химия, 1988. – 136 с.
7. Палий Г.К., Чеснокова А.А. Исследование взаимодействий микроорганизмов с дисперсным кремнеземом.-Сб. Кремнеземы в медицине и биологии под редакцией академика Чуйко О.О.-Киев.:ИКП.-с.206-213.

#### **Кузема А.С., Кузема П.А., Никоноров С.Г. Применение полидисперсных частиц феррита бария для фильтрации воды**

*В статье рассмотрены функциональные особенности бытового фильтра для очистки воды. В устройстве использованы магнитные поля и новые сорбционные материалы. Анализ существующих в настоящее время технологий свидетельствует о том, что в сельскохозяйственной деятельности, помимо определения состояния земельных и водных ресурсов, которые используются в производстве, не менее важным показателем такой деятельности есть наличие и использование фильтрационных систем для очистки и обработки воды. Передовые технологии извлечения из воды взвешенных частиц и коллоидных примесей базируются на введении в воду железосодержащего коагулянта с последующим отделением осадка магнитным полем. В качестве такого коагулянта, в частности, предложена смесь из двух веществ  $FeSO_4$  и  $Fe_2(SO_4)_3$  в равном моля-*

**Вісник Сумського національного аграрного університету**

рному соотношении, и процесс фильтрации осуществляют при  $pH = 7 \div 10$ , для чего в воду добавляют щелочь. В результате протекающих химических реакций образуются гидроксилы, которые сорбируют загрязнения, а потом образуют магнетит. В осадок вместе с магнетитом попадают и загрязнения, которые извлекают из воды магнитной сепарацией. При таких технологиях в воду попадают дополнительные соединения, изменяя ее физико-химические свойства. Кроме этого, из воды не извлекаются ионы тяжелых металлов и микрофлора.

Цель работы состоит в расширении функциональных возможностей известного метода. Она достигается за счет усовершенствования процесса обработки воды и фильтрации. При этом обработку и предварительную очистку воды проводили пропусканием ее через слои полидисперсных частиц феррита бария, расположенных в магнитном поле индукции  $0,1 \div 0,2$  Тл, а фильтрацию осуществляли пропусканием воды через последовательно расположенные слои гранулированных сорбентов из кремнезема и активированного угля.

**Ключевые слова:** кремнезем, активированный уголь, феррит бария, магнитное поле, магнетит.

#### **Kuzema O., Kuzema P., Nikonorov S. Use of polydispersed barium ferrite particles for water filtration**

The article describes the functional characteristics of household filter for water purification. Magnetic fields and novel sorption materials are used in the device. An analysis of currently existing technology shows that in agricultural activities, in addition to determining the state of land and water resources that are used in the production, not less important indicator of such activity is the availability and use of filtration systems for the purification and treatment of water. The advanced technology of the suspended solids and colloidal impurities removal from water are based on the introduction of iron-coagulant into water followed by separating the precipitate by a magnetic field. In particular, such a coagulant was proposed to be a mixture of the two substances  $FeSO_4$  and  $Fe_2(SO_4)_3$  in an equal molar ratio, and the filtering process is carried out at  $pH = 7 \div 10$ , for which alkali is added into water. As a result of the chemical reactions hydroxyls are generated that adsorb impurities, and then form magnetite. The precipitate deposits together with magnetite and contaminants which are removed from water by magnetic separation. In such technologies the additional compounds are placed into the water modifying its physicochemical properties. In addition, water is not purified from heavy metal ions and microflora.

The purpose of this work is to extend the functionality of the known method. This is achieved by improving the water treatment and filtration process. Upon this, the water pre-treatment was carried out by passing it through the beds of polydispersed particles of barium ferrite, arranged in the magnetic field with induction  $0.1 \div 0.2$  T, and the filtration was carried out by passing water through the successive layers of the granulated silica and activated carbon sorbents.

**Keywords:** silica, activated carbon, barium ferrite, magnetic field, magnetite.

Дата надходження до редакції: 07.09.2017

Рецензент: д.т.н., проф. Кундера Ч.

УДК 664.8.047

#### **РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕРОБКИ ПІСЛЯСПИРТОВОЇ БАРДИ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ ЇЇ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

**Д. Д. Казаков**, ст.викладач

**Ю. П. Рожевський**, ст.викладач

Сумський національний аграрний університет

У статті проаналізовано сучасний стан та перспективність переробки післяспиртової барди. Наведено харчовий потенціал продукту. Для проведення науково-дослідних робіт із сушіння післяспиртової барди було розроблено технологічний процес та машинно-апаратну схему виробництва.

**Ключові слова:** післяспиртова барда, сушіння, технологічна схема, вологовміст продукту, центрифуга, апарат.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Останнім часом у світі все більше уваги приділяється збільшенню ресурсів харчового білка, удосконаленню техніки і технології переробки традиційних і нетрадиційних сировинних ресурсів у різних галузях харчової промисловості,

розширенню асортименту повноцінних продуктів харчування.

Одним із способів вирішення проблеми збільшення ресурсів білка є використання вторинних сировинних ресурсів.

Останнім часом в Україні використання