

Література

1. Захарова М.В. Просторова модель для розрахунків гідрографів паводкового стоку води, хімічних речовин та наносів з малих водозборів Українських Карпат : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук: спец. 11.00.07 – "Гідрологія суші" / М.В. Захарова, Одеський гідрометеорологічний ін-т. – Одеса, 2006. – 20 с.
2. Калущий І.Ф. Стихийні явища в гірсько-лісових умовах Українських Карпат (вітровали, паводки, ерозія ґрунту) : монографія / І.Ф. Калущий, В.С. Олійник. – Львів : Вид-во "Камула", 2007. – 240 с.
3. Кіндюк Б.В. Гідрографічна мережа та зливовий стік річок Українських Карпат : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра геогр. наук: спец. 11.00.07 – "Гідрологія суші" / Б.В. Кіндюк, Київський національний університет ім. Т. Шевченка. – К., 2004. – 30 с.
4. Кхалдун Дж. Трансформаційна структура розрахункової схеми максимального стоку та її реалізація на прикладі річок Карпат : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук: спец. 11.00.07 – "Гідрологія суші" / Дж. Кхалдун, Одеський гідрометеорологічний ін-т. – Одеса, 2000. – 16 с.
5. Чубатий О.В. Водоохоронні гірські ліси / О.В. Чубатий. – Ужгород : Вид-во "Карпати", 1972. – 120 с.
6. Шпак И.С. Влияние леса на водный баланс водосборов / И.С. Шпак. – К. : Вид-во "Наук. думка", 1968. – 284 с.

Козий Н.И. Характеристики стока дождевых паводков с малых водосборов различной лесистости в Украинских Карпатах

Проанализированы характеристики стока 18 одновершинных и 21 многовершинных дождевых паводков из лесистых и безлесных малых водосборов в Украинских Карпатах площадью 39 и 28 га. Установлено, что с лесистого водосбора доля склонового стока одновершинных паводков в 1,19 раза меньше, чем с безлесных, для многовершинных разница отсутствует. Коэффициенты общего и склонового стока с лесистого водосбора в 1,19-1,43 раза меньше. При одинаковых осадках величина склонового стока и максимального модуля стока с лесистых водосбора также меньше.

Ключевые слова: водосбор, лесистость, паводок, осадки, максимальный модуль стока.

Kozii N.I. Characteristics of rain floods runoff from small catchments with different forestation in Ukrainian Carpathians

The runoff characteristics of 18 single-crest and 21 multi-crest rain floods of forested and treeless small catchments in the Ukrainian Carpathians with area of 39 hectares and 28 hectares are analyzed. Found that for forested catchment the proportion of slope runoff floods in single-crest 1.19 times lower than for treeless; for multi-crest no difference. Coefficient of general and slope runoff from forested catchments are 1.19-1.43 times smaller. Under identical rainfall the amount of slope runoff and maximum module runoff from forested catchments are also smaller.

Keywords: catchment, forestation, flood, rainfall, maximum modulus of flow.

УДК 541.18

Аспір. Р.В. Мних; проф. З.О. Знак, д-р техн. наук; студ. А.М. Гусак – НУ "Львівська політехніка"

**КАВИТАЦІЙНЕ АКТИВУВАННЯ ВОДНОЇ СУСПЕНЗІЇ
КАЛЬЦІЮ ГІДРОКСИДУ В ПРОЦЕСАХ РЕАГЕНТНОГО
ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД**

Досліджено фізико-хімічні властивості водного дисперсійного середовища та суспензії кальцію гідроксиду в акустичних полях для інтенсифікації технологічних процесів реагентного очищення стічних вод. Ефективність кавітаційної інтенсифікації процесу очищення стічних вод підтверджено експериментально з використанням імітатів стічних вод на основі натрію стеарату.

Ключові слова: кальцію гідроксид, стічні води, реагентне очищення, акустичні коливання, кавітація.

Вступ. За останні роки в Україні спостерігається поживлення у переробній галузі, зокрема у харчовій. На теперішній час функціонує значна кількість м'ясопереробних підприємств різного розміру і форм власності. Та лише лічені з них обладнані власним комплексом споруд для очищення стічних вод. У кращому випадку підприємства скидають рідкі відходи та стоки в централізовану каналізаційну мережу. Це спричиняє проблеми з їх очищення та роботи очисних споруд через надмірно високий вміст специфічних забруднень.

Для організації належного очищення стічних вод на цих підприємствах доцільно застосовувати комплексну технологію, що забезпечить показники очищених стоків на рівні нормативних. Такими є комбіновані технології очищення зазначених стоків, що поєднують різні принципи – механічні, хімічні (реагентні) та біологічні методи [1, 2]. Виконані авторами дослідження дали змогу стверджувати, що реагентне очищення стоків є ефективним попереднім, а у багатьох випадках і єдиним методом очищення. Досягнуті показники якості очищених стічних вод дають змогу скидати їх у природні водойми [3, 4].

Суть реагентних методів полягає у використанні речовин, що вибірково взаємодіють з речовинами-забруднювачами води з подальшим їх осадженням у вигляді малорозчинних сполук або окисненням до кінцевих нетоксичних, нешкідливих продуктів. З економічної точки зору, в ролі реагентів вигідно використовувати відносно дешеві кальцієві сполуки (кальцію оксид та гідроксид), а також натрію гіпохлорит та хлорне вапно. Разом з тим їх застосування пов'язане з низкою проблем. Головною з них є невисокий ступінь використання реагентів, зумовлений низькою розчинністю реагентів. Тому виникає гальмна потреба в активації твердофазних реагентів з метою інтенсифікації хіміко-технологічних процесів.

Для інтенсифікації реагентного очищення стічних вод від органічних сполук, запропоновано використовувати активаційне оброблення малорозчинного кальцію гідроксиду в акустичних полях, які збуджують ультразвуковими коливаннями або гідродинамічним способом. Внаслідок виникнення явища кавітації реакційна активність реагентів істотно зростає.

Мета роботи – дослідження впливу оброблення водного дисперсійного середовища та суспензії кальцію гідроксиду в кавітаційних полях на їх властивості, а також прогнозування й експериментальне дослідження їх активності в технологічному процесі очищення стічних вод.

Постановка задачі досліджень. Активація неорганічних реагентів, зокрема кальцію гідроксиду, в технологіях очищення стічних вод полягає в їх обробленні в акустичних (кавітаційних) полях. Енергія, що виділяється під час кавітаційних та супутніх їм явищ, діє не лише на реагенти, але й на саме дисперсійне середовище – воду. Відтак варто очікувати, що під час процесу активації реагентів відбуватимуться зміни фізико-хімічних властивостей усіх компонентів суспензії, зокрема води та дисперсних частинок, які можуть сприяти перебігу процесу очищення стічних вод.

Зміну фізико-хімічних властивостей води під дією акустичних випромінювань, зокрема, в кавітаційних полях, досліджено у багатьох наукових працях. Очевидно, що зміна властивостей води як дисперсійного середовища впливатиме і на властивості розчинених і диспергованих речовин, а, в підсумку, впливатиме на перебіг фізико-хімічних процесів у системі. Проте наведені дані часто є суперечливими, оскільки дослідження автори виконували із застосуванням різних середовищ (водопровідна та дистильована, дегазована і не дегазована вода, бідистилат, тала вода тощо). Відтак це зумовило необхідність виконання дослідження зміни рН, окисно-відновного потенціалу (ОВП), кінематичної в'язкості води як дисперсійного середовища під дією акустичних випромінювань, що спричиняють виникнення кавітаційних полів. Важливим також було встановлення відповідності фізико-хімічних процесів у водних середовищах у кавітаційних полях, які збуджують різними способами: під дією УЗ-коливань, що генеруються на установці магнітострикційного типу, та в гідродинамічному кавітаторі струменевого типу. Ще однією з причин виконання цих досліджень була перевірка ефективності запропонованої конструкції генератора кавітації гідродинамічного типу.

Прикладні дослідження з визначення стану та характеристик мінеральних тонкодисперсних сумішей, полімерних колоїдних систем були виконано чимало дослідників [5, 6]. Зокрема, було встановлено вплив на ці системи акустичних випромінювань різних частотних діапазонів. Зазвичай, ці роботи стосувались окремих вузьких галузей і конкретних питань, наприклад агрегативної стійкості висококонцентрованих водовугільних і доглинистих суспензій, латексів, органомінеральних комплексів тощо. Дослідження ультразвукової активації суспензій кальцію оксиду та гідроксиду як реагентів у гетерогенних системах головним охоплювали вплив динамічних коливань на їх диспергування. Однак відомості про електрокінетичні властивості кальцію гідроксиду, обробленого акустичними випромінюваннями ультразвукового діапазону, і як наслідок, його фізико-хімічні властивості у наявних джерелах інформації практично відсутні.

Результати досліджень. Дослідження виконували з використанням УЗ-випромінювача "Ultrasonic UD-20" (об'єм реакційної суміші 100 см³, частота випромінювання – 20 кГц, потужність – 12,67 Вт), та гідродинамічного кавітатора оригінальної конструкції, розробленого на кафедрі хімії і технології неорганічних речовин НУ "Львівська політехніка" (об'єм реакційної суміші 10 дм³, потужність 1100 Вт). Для досліджень використовували водопровідну воду, оскільки саме її використовують для приготування реагентів в технології очищення стічних вод. Кожен раз перед виконанням досліджень для отримання достовірних результатів воду аналізували на вміст головних іонів; склад води та відхилення показників наведено в табл. 1.

Табл. 1. Головні показники води водопровідної

Показник, од. вимір.	Твердість загальна, мекв/дм ³	Твердість карбонатна, мекв/дм ³	Вміст Ca ²⁺ , мг/дм ³	Вміст Cl ⁻ , мг/дм ³	Вміст SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	pH
Значення	4,4 ^{±0,1}	3,4 ^{±0,1}	64,0 ^{±4,0}	22,5 ^{±2,5}	35,0 ^{±5,0}	6,7 ^{±0,2}

Перед та під час виконання досліджень щодо зміни рН і ОВП досліджуване середовище термостатували. Установлено, що із збільшенням тривалості оброблення на обох типах установок (УЗ-випромінювач (УЗВ) та гідродинамічний кавітатор (ГДК)) спостерігається практично монотонне зростання рН води (рис. 1).

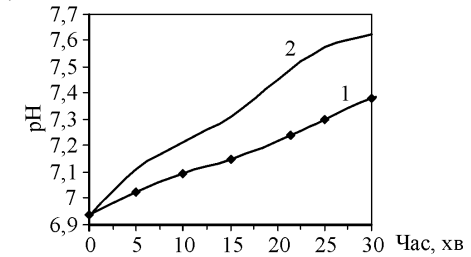


Рис. 1. Залежність рН від часу оброблення води УЗ-випромінювачем (1) та в гідродинамічному кавітаторі (2)

Зростання рН води під час оброблення можна пояснити, всебічно розглянувши процеси, які відбуваються в системі під дією акустичних випромінювань, передусім, внаслідок перебігу процесу кавітації. Як відомо, за умов виникнення кавітації відбувається, насамперед, дегазація водного середовища. Тому збільшення значення рН до 7, що спостерігається в перші ж хвилини "озвучення", можна було б пояснити виділенням карбону (IV) оксиду. Це, зокрема, узгоджується з даними, наведеними в роботах [7, 8], де показано, що зі зміною складу газового середовища, в якому проводили оброблення води, характер зміни рН відрізняється: в атмосфері азоту збільшення величини водневого показника незначне.

Натомість подальший ріст рН можна пояснити лише хімічними процесами, що відбуваються в умовах кавітації. Відомо, що внаслідок сонолізу води зростає концентрація молекулярних продуктів рекомбінації утворених радикалів, та їх взаємодії з розчиненими газами O₂, CO₂, N₂ та H₂. Утворення водню внаслідок кавітаційних явищ у водному середовищі підтверджено хроматографічним аналізом газової фази, що виділялась у сепараторі, встановленому на виході з гідродинамічного кавітатора. Зазначені гази, по-перше, беруть участь у реакціях трансформування радикалів; по-друге, беруть участь у передачі енергії електронного збудження молекулам води та речовинам, які знаходяться в розчині, що також буде впливати на зміну рН. Так, в розчині може утворюватися певна кількість H₂CO₃, HNO₂, HNO₃, що буде сповільнювати ріст рН [7], але переважаючими будуть реакції з утворенням гідроксильних груп і молекулярного водню – у підсумку, зміна рН буде відбуватись у лужну область.

Збільшення рН середовища сприятиме очищенню стічних вод від органічних кислот, які зазвичай присутні в стоках м'ясопереробних підприємств. Викладене вище певною мірою пояснює і зміну ОВП (рис. 2). Оброблення води в УЗВ та ГДК також спричиняє практично монотонне зменшення величини ОВП системи. Це можна пояснити зменшенням концентрації розчиненого у воді молекулярного кисню та радикалів. Як відомо, на окисно-відновні властивості середовища істотно впливає його величина рН.

У цьому випадку зменшення концентрації іонів H^+ сприятиме зменшенню окисних властивостей системи. Закономірно, що за більшої зміни величини рН у випадку застосування ГДК відбувається більша зміна величини ОВП.

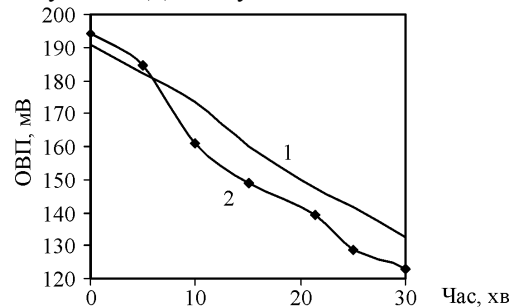


Рис. 2. Залежність ОВП від часу оброблення води УЗ-випромінювачем (1) та в гідродинамічному кавітаторі (2)

Виділення водню, як встановлено під час виконання експериментальних досліджень з очищення імітацій стічних вод кальцію гідроксидом, зумовлює позитивний ефект флотації. Унаслідок цього малорозчинні продукти взаємодії реагенту із речовинами-забруднювачами спливають на поверхню води, яка при цьому швидко освітлюється, а ступінь її забруднення відповідно зменшується. Акустичні коливання та кавітаційні явища у водних середовищах вносять в систему певну кількість енергії, яка послаблює слабкі водневі зв'язки між молекулами води, що повинно впливати на такі її реологічні властивості, як в'язкість. Дослідження впливу кавітаційних явищ на в'язкість водного середовища виконували в адіабатичному режимі.

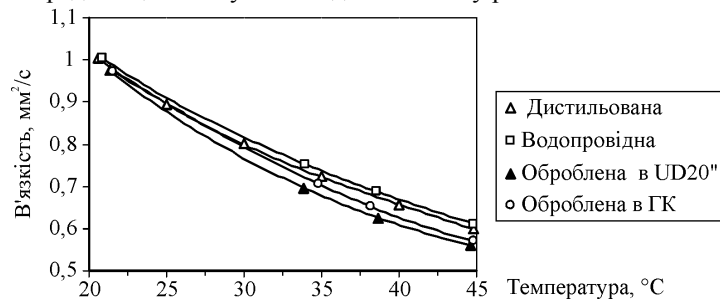


Рис. 3. Залежність в'язкості води від температури

Залежність в'язкості води як найбільш чутливого параметру до зміни структури розчину з ростом температури наведено на рис. 3. Як і очікували, за певних значень температури в'язкість обробленої в УЗВ та ГДК води є меншою, ніж необробленої. Для порівняння, на рис. 3 наведено залежність в'язкості дистильованої води від температури. Отримані дані дають змогу припустити, що у воді відбуваються структурні зміни, пов'язані з дією акустичного випромінювання. Найбільш значне зменшення в'язкості води, порівняно з необробленою, спостерігається за температури вище 37 °C, що відповідає тривалості оброблення 45 і 25 хв для УЗ- та ГД-генерування кавітації відповідно.

За цих умов величина в'язкості обробленої за допомогою магнітострикційного (УЗ) генератора зменшилася на 8,5 %, а оброблена у ГДК – на 6,7 %.

Зменшення в'язкості води як середовища сприятиме збільшенню швидкості дифузії реагуючих речовин в процесі очищення стічних вод вказаними вище реагентами, який належить до гетерогенного, а отже, і його пришвидшенню. Тривалість оброблення води пов'язана із різною швидкістю нагрівання води цими пристроями. Так, для нагрівання води до температури 37-40 °C у разі застосування УЗ-генератора потрібно майже вдвічі більше часу, ніж у гідродинамічному кавітаторі. Відомо, що в розчині молекули води мають здатність об'єднуватися в агрегати – кластери з різною кількістю молекул води. Можливо, енергія акустичних випромінювань витрачається на руйнування цих структур (кластерів), внаслідок інтенсифікується тепловий рух молекул. Оскільки в'язкість рідин обумовлена силами міжмолекулярної взаємодії, то, зрозуміло, послаблення цих сил призводить до зменшення в'язкості середовища. На відміну від чіткої зміни таких параметрів дисперсійного водного середовища як рН, ОВП і в'язкість якоїсь певної закономірної зміни провідності водного середовища не зафіксовано, хоча можна було б очікувати монотонного її збільшення.

Виконаними дослідженнями встановлено, що характер зміни деяких властивостей води як дисперсійного середовища під час її оброблення УЗ-випромінювачем та в гідродинамічному кавітаторі є дуже схожим, хоча величина окремих параметрів середовищ дещо відрізняється за абсолютними показниками. Це можна пояснити різною ефективністю внесення енергії у разі застосування кожного із пристроїв генерування акустичних коливань. Проте важливим висновком є той, що обидві установки можна застосовувати для вивчення процесів у кавітаційних полях, а отримані результати можна надалі використати для масштабування відповідних технологічних процесів і використовувати їх для проектування установок промислового масштабу.

Стічні води м'ясопереробних підприємств характеризуються багатокомпонентністю щодо забруднювальних речовин та непостійністю складу. Це зумовлено різною вихідною сировиною, асортиментом продукції, організацією виробництва тощо. Характерними забруднювачами є жири, солі жирних кислот, білкові речовини, зокрема кров. Саме перелічені речовини і зумовлюють високі значення хімічного споживання кисню (ХСК) – показника, за яким можна судити про рівень забруднення стоків. Для ґрунтового вивчення процесу очищення потрібно дослідити як впливає на рівень забруднення окремі компоненти. Тому першим етапом було дослідження щодо вилучення жирів. Для цього готували модельні води на основі натрію стеарату.

Солі жирних кислот, переважно натрієві, утворюються на м'ясопереробних підприємствах внаслідок миття обладнання розчинами лугів. Зазвичай, використовують каустичну соду або її суміш із їдким калі. При цьому внаслідок омилення жирів та взаємодії з практично нерозчинними жирними кислотами утворюються водорозчинні солі – мила. Розчинні солі жирних кислот залишаються в складі стоків, зумовлюючи високі значення ХСК, яке може сягати 20 і більше тисяч (мг O_2)/дм³. Ту частину жирів, які не омили-

лись, видаляють із стоків у жировловлювачах, на фільтрах або за допомогою напірних флотаторів.

Під час кавітаційного оброблення реакційної суміші продукти реакції спливали на поверхню рідини у вигляді стійкої щільної піни, тобто супутнім процесом була флотація. Флотації сприяє виділення газів (карбону (IV) оксид, водень) під час кавітації. Під час флотування продуктів візуально спостерігали освітлення суміші – кінцевим результатом процесу стала практично прозора рідина. У плані очищення стічних вод це дасть змогу істотно оптимізувати процес – сумістити в одному апараті кавітатор і флотатор тощо. Високий ступінь взаємодії та повнота перебігу реакції підтверджується результатами аналізів імітату стоків та утвореного продукту (табл. 2).

Табл. 2. Залежність маси утвореної піни як продукту реакції та величини ХСК під час оброблення реакційної суміші в гідродинамічному кавітаторі

№ з/п	Тривалість оброблення, хв	Маса утвореної піни, г	Хімічне споживання кисню, мг О ₂ /дм ³
1	0	0	1450
2	2	0	1289
3	15	1,14	500
4	30	3,84	302
5	45	5,96	280
6	55	6,93	250

Відбір піни проводили в міру її утворення з паралельним аналізом рідкої фази на визначення прозорості (візуально) та величини ХСК. Різке зниження величини хімічного споживання кисню щодо маси утвореної піни пояснюється специфікою перебігу процесу та методикою проведення досліду: на час відбору проби в реакційному об'ємі вже утворились продукти реакції у вигляді пластівців, але їхнього агрегування і флотації ще не відбулось, водночас пробу рідкої фази для визначення величини ХСК, згідно з методикою визначення цього показника, фільтрували. Вже після 15 хв оброблення величина ХСК реакційної суміші зменшилась майже втричі й становила 500 мг О₂/дм³. У реальних умовах стічні води з таким значенням ХСК можна подавати на аеробне біологічне очищення без шкоди для біоценозу очисних споруд. Після 30 хв оброблення зменшення величини ХСК становило 7,3- 10,7 % від початкового. Така динаміка зменшення ХСК дає підстави для вибору оптимальної тривалості оброблення, а саме: для конкретних стоків – близько 15 хв.

Висновки. Під дією акустичних випромінювань відбувається збільшення величини рН, зменшення ОВП, в'язкості води – дисперсійного середовища, а також активування дисперсного середовища – кальцію гідроксиду. Результати виконаних досліджень дають підстави стверджувати, що кавітаційні технології є ефективними для очищення стічних вод.

Література

1. Ткаченко Т.Л. Утилізація стічних вод підприємств харчової промисловості / Т.Л. Ткаченко, О.І. Семенова, Н.О. Бублик // Наукові праці національного університету харчових технологій. – К. : Вид-во НУХТ. – 2010. – № 2. – С. 79-82.

2. Ковальчук В.А. Попереднє очищення стічних вод забійного цеху птахофабрики / В.А. Ковальчук // Ринок інсталяцій. – 2005. – № 1. – С. 11.

3. Савчук Л.В. Дослідження процесу очищення стічних вод м'ясопереробного підприємства / Л.В. Савчук, З.О. Знак, Р.В. Мних // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Хімія, технологія речовин та їх застосування. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2009. – № 664. – С. 25-28.

4. Мних Р.В. Вплив акустичних коливань ультразвукового діапазону на вилучення із стічних вод м'ясопереробних підприємств окремих компонентів / Р.В. Мних // Вола: проблеми і шляхи вирішення : матер. III-ї Всеукра. наук.-практ. конф. (21-22 грудня 2010 р.), м. Житомир. – Житомир : Вид-во ЖДУ ім. Івана Франка, 2010. – С. 66.

5. Круть О.А. Аналіз енергетичного стану твердої фази водо вугільної суспензії з позиції теорії ДЛФО / О.А. Круть, В.С. Білецький, П.В. Сергеев // Збагачення корисних копалин : зб. наук. статей. – Дніпропетровськ : Вид-во Нац. гірничого ун-ту. – 2006. – № 24 (65). – С. 14-19.

6. Круть О.А. Фізикохімічні аспекти технології водо вугільного палива / О.А. Круть, В.С. Білецький, П.В. Сергеев // Збагачення корисних копалин : зб. наук. статей. – Дніпропетровськ : Вид-во Нац. гірничого ун-ту. – 2010. – Вип. 43 (84). – С. 98-106.

7. Вітенько Т.М. Гідродинамічна кавітація у масообмінних, хімічних і біологічних процесах : монографія / Т.М. Вітенько. – Тернопіль : Вид-во ТДТУ ім. Івана Пулюя, 2009. – 224 с.

8. Есиков С.А. Гідродинаміческие характеристики суперкавитирующих реакторов для кавитационной обработки питательных вод диффузионных аппаратов свеклосахарного производства : автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. техн. наук / С.А. Есиков. – К., 1987. – 17 с.

Мных Р.В., Знак З.О., Гусяк А.М. Кавитационная активация водной суспензии кальция гидроокиси в процессах реагентной очистки сточных вод

Исследованы физико-химические свойства водной дисперсионной среды и суспензии кальция гидроксида в акустических полях с целью их применения для интенсификации технологических процессов реагентной очистки сточных вод. Эффективность кавитационной интенсификации процесса очистки сточных вод подтверждена экспериментально с использованием имитатов сточных вод на основе натрия стеарата.

Ключевые слова: кальция гидроокись, сточные воды, реагентная очистка, акустические колебания, кавитация.

Mnykh R.W., Znak Z.O., Gusiak A.M. The cavitation activation of an aqueous suspension of calcium hydroxide in the processes of wastewater cleaning by reagent treatment

Physical and chemical properties of aqua dispersible medium and suspension of calcium of hydroxide were investigated in acoustic fields with purpose of their application for technological processes of reagent purification of sewages. Efficiency of cavitation intensification process of sewages purification was confirmed experimentally with use of imitative sewages based on sodium stearate.

Keywords: calcium hydroxide, wastewater, acoustic vibrations, cavitation.

УДК 504.581:631.635 *Аспір. Г.М. Якименко; наук. співроб. І.К. Швиденко; зав. сектором Л.А. Райчук; наук. співроб. Г.П. Паньковська, канд. с.-г. наук – Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ*

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ БУЛЬБ КАРТОПЛІ, ВИРОЩЕНОЇ В УМОВАХ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

Визначено радіологічні та агрохімічні характеристики ґрунту с. Грозино та с. Нові Петрівці. Встановлено вміст ¹³⁷Cs у бульбах картоплі, вирощеної на радіоактивно забруднених ґрунтах Полісся. З'ясовано, що вирощена продукція за вмістом ¹³⁷Cs відповідає вимогам державних гігієнічних нормативів (ДР-2006). Розраховано