

УДК 631.81.095.337

О.Р. ОЧЕРЕТНЮК, М.Д. ВОЛОШИН, А.В. ИВАНЧЕНКО

КІНЕТИЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ЗНЕВОДНЕННЯ ДИСПЕРГОВАНОГО АКТИВНОГО МУЛУ

Дніпродзержинський державний технічний університет

Розглянуті кінетичні закономірності зневоднення диспергованого активного мулу. Встановлено, що при зменшенні вологості активного мулу з 99,2 до 92% зменшується необхідність у великій швидкості диспергатора з 1000 до 400 об./хв та зменшується час відстоювання. Диспергування сприяє підвищенню стійкості суспензії активного мулу до спухання. Виявлено залежність константи швидкості зневоднення диспергованого активного мулу від інтенсивності перемішування.

Вступ

Для очищення стічних вод в наш час найбільш поширеним є біологічний метод з використанням

активного мулу. Щорічно очисні споруди виробляють сотні тисяч тонн осадів надлишкового активного мулу. Накопичення цих відходів поблизу очисних споруд сприяє забрудненню ґрунтів і ат-

© О.Р. Очеретнюк, М.Д. Волошин, А.В. Иванченко, 2012

мосферного повітря, що призводить до погіршення стану здоров'я населення. В той же час активний мул потенційно може використовуватися у виробництві органо-мінеральних добрив [1]. Тому, в сучасних умовах нестачі добрив і природних ресурсів, враховуючи важливість екологічного захисту територій, розробка технології отримання органо-мінеральних добрив з надлишкового активного мулу є актуальним завданням. Незважаючи на те, що питанням використання активного мулу присвячено багато досліджень, обсяг їх використання залишається незначним [2]. Близько 90% осадів, що утворились в процесі біологічного очищення, зневоднюють на традиційних спорудах — мулових майданчиках. Такий метод потребує великих територій, а процес сушіння осаду протікає дуже повільно [3]. Отже, питання зневоднення активного мулу залишається відкритим. Інтенсифікувати процес зневоднення активного мулу можливо при застосуванні диспергатора [4]. Диспергування надлишкового активного мулу перед відстоюванням дозволяє знизити його об'єми, скоротити час відстоювання і збільшити продуктивність відстійників.

Мета даної роботи — скоротити час процесу зневоднення активного мулу після диспергування. Вибирали оптимальні технологічні параметри зневоднення активного мулу, такі як початкова вологість активного мулу, температура, тривалість диспергування і відстоювання, частота обертів ротора диспергатора.

Експериментальна частина

Проби надлишкового активного мулу відбирали на очисних спорудах м. Дніпродзержинська правого та лівого берега. Так, на правобережних очисних спорудах активний мул з ерліфтних колодязів має вологість 99,2%, а з лівобережних очисних споруд із мулових камер — 96%, мулоуцільнивача — 92%.

В дослідженнях використовували лабораторний роторний диспергатор.

Роторний диспергатор поєднує в собі принципи роботи диспергатора та гомогенізатора. Шляхом ударних та інших гідродинамічних впливів, які відбуваються в диспергаторі, змінюються фізико-механічні властивості активного мулу, знижується енергоспоживання за рахунок інтенсифікації технологічних процесів. Лабораторна установка диспергування призначена для тонкого здрібнювання, багаторазового перемішування багатокомпонентних (рідких і сухих) середовищ з метою одержання високодиспергованих емульсій.

Принципова схема лабораторної установки диспергування та зневоднення активного мулу наведена на рис. 1.

Диспергування та зневоднення активного мулу виконувалось в лабораторних умовах. У приймальну ємність (1) почергово наливали по 1000 мл проби активного мулу, що мав температуру 15°C та во-

логість 99,2, 96, 92%, відкривали кран (2), зливали по трубопроводу (3) подачі активного мулу та вмикали електродвигун (4) диспергатора регулятором (5) швидкості диспергатора так, щоб кожна проба активного мулу була оброблена на частоті 400, 700 і 1000 обертів ротора (6) за хвилину. Оброблення активного мулу в ємності (7) для диспергування тривало протягом 1 хв. По закінченні часу диспергування вимикали електродвигун диспергатора (4), відкривали кран (8) та по трубопроводу (9) відводу диспергованої суміші спрямовували утворену емульсію у відстійник (10). Відстоювання тривало протягом 3-х годин. Кожні 20 хв вимірювали об'єм прошарку відстоюного активного мулу на дні циліндрів, а через 3 год зливали через кран (11). Освітлену воду після відстоювання також зливали через кран (11) після виведення активного мулу. Для порівняння використовували необроблений активний мул.

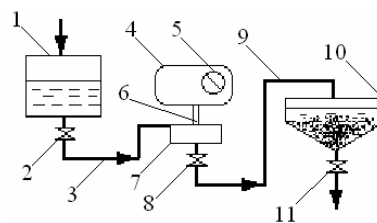


Рис. 1. Принципова схема лабораторної установки диспергування та зневоднення активного мулу: 1 — приймальна ємність; 2, 8, 11 — кран; 3 — трубопровід подачі активного мулу; 4 — електродвигун диспергатора; 5 — регулятор швидкості диспергатора; 6 — ротор; 7 — ємність для диспергування; 9 — трубопровід відводу диспергованої суміші; 10 — відстійник

Для більш повного дослідження закономірностей процесу зневоднення диспергованого активного мулу були проведені досліди із різною тривалістю часу диспергування. В дослідженнях використовували активний мул з вологістю 99,2%. Враховуючи, що 1000 об./хв є найкращою швидкістю диспергатора для активного мулу з підвищеною вологістю, тому саме при цій частоті виконували наступні дослідження. Температура розчину становила 15°C. Диспергування проводили протягом 0,5, 1, 1,5, 2, 3, 4, 5 і 6 хвилин. Об'єм прошарку відстоюного активного мулу вимірювали через 2,5 год.

Також досліджували вплив температури на якість відстоювання диспергованого активного мулу. Для досліджень відбирали проби 92% активного мулу. При температурі розчину 10, 15 і 20°C диспергували активний мул на різних швидкості диспергатора, а саме 400, 700, 1000 об./хв Після диспергування утворену емульсію відстоювали та вимірювали об'єм відстоюного прошарку активного мулу кожні 20 хв. Експеримент тривав 3 год.

Результати та їх обговорення

На рис. 2,а, 2,б і 2,в наведена залежність

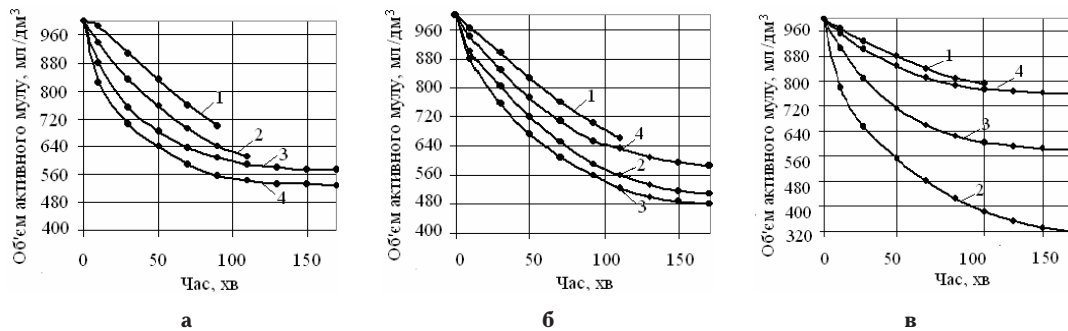


Рис. 2. Залежність об'єму активного мулу вологістю 99,2% (а), 96% (б) і 92% (в) від часу відстоювання при диспергуванні на швидкості, об./хв: 1 – 0; 2 – 400; 3 – 700; 4 – 1000

об'єму активного мулу вологістю 99,2% (а), 96% (б) і 92% (в) від часу відстоювання при диспергуванні на швидкості, об./хв: 400, 700 і 1000.

Видно, що найкращою швидкістю диспергатора для диспергування активного мулу при температурі розчину 15°C і його вологості 99,2% є 1000 об./хв, для активного мулу, що має вологість 96% – 700 об./хв, а для оброблення активного мулу вологістю 92% достатньою буде швидкість – 400 об./хв. Отже, при зменшенні вологості активного мулу з 99,2 до 92% зменшується необхідність у збільшенні швидкості диспергатора з 1000 до 400 об./хв та знижується час відстоювання, зростає якість зневоднення.

В порівнянні з активним мулом, що відстоювали без диспергування (рис. 2, а, б, в – крива 1) видно, що майже через 1,5 год дослідів активний мул почав спухати, в той час, як диспергований активний мул спухав через 3,5–4,0 год. Отже, диспергування сприяє підвищенню стійкості суспензії активного мулу до спухання. При цьому прискорюється процес відстоювання.

На рис. 3 зображена залежність об'єму активного мулу вологістю 99,2% від часу диспергування на швидкості диспергатора 1000 об./хв після 1,5 год відстоювання при температурі розчину 15°C.

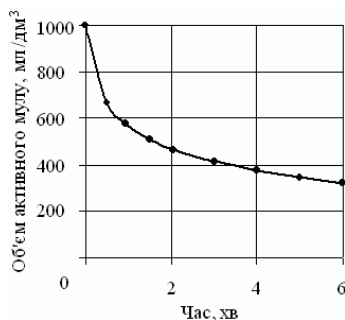


Рис. 3. Залежність об'єму активного мулу вологістю 99,2% від часу диспергування при швидкості диспергатора 1000 об./хв після 1,5 години відстоювання при температурі розчину 15°C

Зі збільшенням часу диспергування зменшується час відстоювання. При збільшенні тривалості диспергування до 6 хвилин можливо зменшувати об'єм активного мулу з 1000 до 320 мл.

Отже, 4–6 хв є оптимальним часом для диспергування активного мулу вологістю 99,2%. Тобто, при збільшенні часу диспергування можливо виключити з технологічної схеми мулоуцілювач і заощадити кошти на витрати електроенергії.

Залежність об'єму диспергованого активного мулу вологістю 92% від часу відстоювання зображена на рис. 4 при диспергуванні протягом 1 хв.

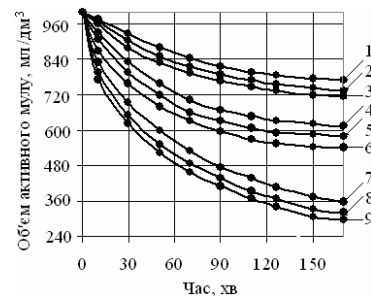


Рис. 4. Залежність об'єму диспергованого активного мулу вологістю 92% від часу відстоювання при швидкості диспергатора, об./хв: 1,2,3 – 1000; 4,5,6 – 700; 7,8,9 – 400; та температурі розчину активного мулу, °C: 1,4,7 – 10; 2,5,8 – 15; 3,6,9 – 20

Незалежно від швидкості диспергатора та коливань температури розчину активного мулу з 10 до 20°C об'єм активного мулу значно не змінюється після відстоювання протягом 3-х годин. Так, при диспергуванні активного мулу на швидкості 400 об./хв після 3-х годинного відстоювання при температурі розчину 10°C об'єм активного мулу становив 768 мл, а при 20°C – 712 мл; на швидкості 700 об./хв – 616 і 540 мл, а при диспергуванні з увімкненою швидкістю 1000 об./хв – 356 і 296 мл відповідно. Зрозуміло, що зниження та зростання температури на 10°C значно не впливає на якість відстоювання активного мулу.

Для математичного описання кінетики зневоднення активного мулу застосували рівняння

$$w = -\frac{dc}{dt} = k \cdot c^n,$$

де k – константа швидкості процесу зневоднення;

n — порядок процесу за даною речовиною; c — концентрація активного мулу, моль/дм³.

При математичному описанні кінетики зневоднення диспергованого активного мулу встановлено, що процес протікає за реакцією першого порядку: $n=1$. Для процесу першого порядку залежність початкового об'єму активного мулу від часу експоненціальна, період напівперетворення не залежить від початкового об'єму активного мулу. Крім того, величина енергії активації $E_a=8,31$ кДж/моль свідчить про дифузійний характер процесу зневоднення диспергованого активного мулу, тобто процес зневоднення залежить від інтенсивності перемішування. Отже, для прискорення процесу зневоднення активного мулу необхідно збільшити інтенсивність перемішування.

Одержані результати можуть бути використані в технології отримання органо-мінеральних добрив. Використання диспергованого активного мулу в технології органо-мінерального добрива дозволить зменшити обсяг відходів біля очисних споруд, що приведе до зменшення забруднення довкілля та надасть змогу користуватися очищеними земельними площами.

Висновки

1. Встановлено, що найкращою частотою обертів ротора диспергатора для диспергування активного мулу вологістю 99,2% протягом 1 хв при температурі розчину 15°C є 1000 об./хв, для активного мулу, що має вологість 96% — 700 об./хв, а для обробки активного мулу вологістю 92% достатньою буде частота обертів ротора диспергатора — 400 об./хв. Отже, при зменшенні вологості активного мулу з 99,2 до 92% зменшується необхідність у великій швидкості диспергатора з 1000 до 400 об./хв та зменшується час відстоювання.

2. Диспергування сприяє підвищенню стійкості суспензії активного мулу до спухання. Через 1,5 год досліджується спухання активного мулу, що не диспергували, в той час, як диспергований активний мул спухає через 3,5–4,0 год.

3. Зі збільшенням часу диспергування зменшується час відстоювання. При збільшенні тривалості диспергування до 6 хв можливо зменшувати

об'єм активного мулу з 1000 до 320 мл. Отже, 4–6 хв є оптимальним часом для диспергування активного мулу вологістю 99,2%. Тобто, при збільшенні часу диспергування можливо виключити з технологічної схеми мулоушільнювач та заощадити кошти на витрати електроенергії.

4. Незалежно від частоти обертів ротора диспергатора та коливань температури розчину активного мулу з 10 до 20°C об'єм активного мулу після відстоювання значно не змінюється. Зниження та зростання температури на 10°C значно не впливає на зневоднення активного мулу.

5. При зневодненні диспергованого активного мулу встановлено, що величина енергії активації $E_a=8,31$ кДж/моль. Невеликі значення енергії активації свідчать про дифузійний характер процесу зневоднення диспергованого активного мулу, тобто процес зневоднення залежить від інтенсивності перемішування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сало Т. Л., Димлюк В. Є., Чернокозинський А. В. Агроекологічні та технологічні аспекти застосування у сільському господарстві осадів стічних вод міських очисних споруд // Агроекологічний журн. — 2001. — № 2. — С.38-43.
2. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води. — К.: Вища шк., 2005. — 671 с.
3. Волошин М.Д., Іванченко А.В., Корнієнко І.М. Обстеження очисних споруд з рекомендаціями по удосконаленню їх роботи // Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: Збірка наукових статей IV Міжнар. науково-практичної конф. Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем. — Харків: Райдер, 2008. — С.309-314.
4. Сергеев А.М. Использование в строительстве отходов энергетической промышленности. — К.: Будівельник, 1984. — 120 с.
5. Сиденко П.М. Измельчение в химической промышленности. — М.: Химия, 1968. — 455 с.
6. Аввакумов Е. Г. Механические методы активации химических процессов. — Новосибирск: Наука, 1986. — 306 с.

Надійшла до редакції 17.05.2012