

Введение Как известно, сбалансированное содержание субстрата и биогенных элементов – обязательное условие стабильной и эффективной работы биологических очистных сооружений [1, 2]. Согласно нормативной документации [3], требуемое соотношение C:N:P составляет 100:5:1. При недостатке биогенных элементов невозможно обеспечить рост новых активных клеток и, как следствие, наблюдается снижение окислительной мощности аэротенков. Поэтому, при необходимости предусматривается их ввод в виде солей (суперфосфат, соли аммония [4]) в загрязненные стоки перед узлом биологической очистки. Учитывая, что избыточный активный ил, образующийся в процессе водоочистки, может являться источником биогенных элементов в форме, необходимой для ассимиляции, целью настоящей работы являлось изучение процесса деструкции активной биомассы в поле ультразвуковых волн. Экспериментальная часть Объект исследования – избыточный активный ил очистных сооружений ОАО "Казаньоргсинтез", отобранный из узла III очереди действующей биостанции. Ультразвуковую обработку (УЗО) иловой суспензии осуществляли в мембрано-кавитационных реакторах (МКР) стационарного типа при частотах 24, 40 и 70 КГц (рис. 1), представленных компанией «Дерманика», г. Москва. а б в Рис. 1 - Экспериментальные МКР: а – 24кГц; б – 40 кГц; в – 70 кГц Продолжительность ультразвукового воздействия составляла 1-5 минут. Обязательным условием проведения экспериментальных исследований являлось строгое фиксирование объема озвучиваемой пробы, начальной и конечной температур иловой суспензии для корректного анализа и сопоставления полученных результатов. В ходе эксперимента определяли содержание аммонийного и нитритного азота, а также фосфатов в исходной и озвученной пробах надилловой жидкости в соответствии со стандартными методами анализа [5-7]. Результаты и их обсуждение В настоящей работе обобщены и систематизированы результаты собственных исследований с последующей их математической обработкой с целью выявления влияния продолжительности ультразвуковой обработки на выход из клетки в среду биогенных элементов. Получение биогенных элементов на основе активного ила, подвергнутого жесткому ультразвуковому воздействию, позволит: • использовать избыточный ил в качестве вторичного сырья для получения биогенных элементов в легко усвояемой для клетки форме; • уменьшить объемы бишлама, идущего на захоронение; • снизить затраты на закупку соответствующих солей и выплаты за складирование избыточного активного ила, что обуславливает необходимость и целесообразность проводимых исследований. Для получения достоверной информации была проведена серия экспериментов с обязательным дублированием аналитических определений для каждой пробы надилловой жидкости (табл. 1). Для описания процесса деструкции активного ила было использовано уравнение регрессии в виде полиномиальной зависимости второго порядка функции двух переменных [8]: Таблица 1 – Концентрация биогенных

элементов в надилловой жидкости до и после УЗО (в качестве примера) Проба

Условия УЗО С, мг/дм³ т, мин NO₂ NH₄⁺ PO₄³⁻ 24 кГц 1 0 0,13±0,02 0,15±0,05 0,05 1 0,12±0,02 0,15±0,05 0,05 1 2 3 4 5 2 0,14±0,02 0,24±0,08 0,45±0,07 5 0,29±0,04 0,56±0,20 0,05±0,01 2 0 0,12±0,02 0,05 0,05 1 0,07±0,01 0,11±0,04 0,05 2 0,47±0,07 0,33±0,12 0,06±0,01 5 0,30±0,04 0,58±0,21 0,05 3 0 0,30±0,04 0,11±0,04 0,05 1 0,34±0,05 0,24±0,08 0,05 2 0,65±0,09 0,47±0,16 0,05±0,01 5 0,47±0,07 0,74±0,26 0,06±0,01 40 кГц 1 0 0,13±0,02 0,15±0,05 0,05 1 0,39±0,05 0,74±0,26 0,17±0,03 2 0,66±0,09 0,96±0,34 0,40±0,06 5 0,52±0,07 1,28±0,27 0,60±0,08 2 0 0,12±0,02 0,05 0,05 1 0,52±0,07 0,64±0,22 0,07±0,01 2 0,79±0,11 0,87±0,30 0,13±0,02 5 0,47±0,07 1,10±0,23 0,66±0,09 3 0 0,30±0,04 0,11±0,04 0,05 1 0,66±0,09 0,74±0,26 0,18±0,03 2 0,97±0,14 1,01±0,21 0,19±0,03 5 0,92±0,13 1,32±0,28 0,54±0,08 70 кГц 1 0 0,13±0,02 0,15±0,05 0,05 1 0,03±0,01 0,29±0,10 0,05 2 0,25±0,04 0,56±0,20 0,05±0,01 5 0,29±0,04 0,96±0,34 0,11±0,02 2 0 0,12±0,02 0,05 0,05 1 0,01±0,002 0,20±0,07 0,05 2 0,34±0,05 0,47±0,16 0,05 5 0,25±0,04 0,78±0,27 0,07±0,01 3 0 0,30±0,04 0,11±0,04 0,05 1 0,16±0,02 0,33±0,12 0,05 2 0,57±0,08 0,60±0,21 0,06±0,01 5 0,74±0,10 1,01±0,24 0,11±0,02

В результате математической обработки экспериментальных данных получено регрессионное уравнение вида: $y = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_{11} \cdot x_1^2 + b_{22} \cdot x_2^2 + b_{12} \cdot x_1 \cdot x_2$ где y – концентрация биогенного элемента; x_1 – частота, кГц; x_2 – продолжительность УЗО, мин. Коэффициенты полученного регрессионного уравнения приведены в таблице 2. Полученные значения коэффициентов детерминации свидетельствуют о достаточно хорошей сходимости расчетных и экспериментальных данных (рис. 2).

Таблица 2 - Коэффициенты регрессионного уравнения

Коэффициенты регрессии	Значения
1 2 PO ₄ ³⁻ b ₀	-5,74580
b ₁	2,22351
b ₂	0,12481
b ₁₁	-0,24375
b ₂₂	-0,00704
b ₁₂	-0,00705
R ²	85,641332
NO ₂ - b ₀	11,51383
b ₁	-5,61783
b ₂	0,03451
b ₁₁	0,63498
b ₂₂	-0,03334
b ₁₂	0,04022
1 2 R ²	79,277261
NH ₄ ⁺ b ₀	18,39956
b ₁	-7,77964
b ₂	2,11219
b ₁₁	0,78565
b ₂₂	0,00526
b ₁₂	-0,35161
R ²	83,290295

Из представленного материала следует:

- полученные зависимости имеют экстремальный характер, максимум которых однозначно соответствует частоте озвучивания 40 кГц для всех исследованных показателей. При этом максимальная концентрация биогенных элементов достигает 0,97 мг/дм³ для нитритов, 0,57 мг/дм³ для аммонийного азота, 0,45 мг/дм³ для фосфатов, при продолжительности ультразвуковой обработки соответственно 2; 2,5 и 3 мин;
- сопоставление экспериментальных результатов, полученных при частотах 24 и 70 кГц, свидетельствует о неэффективности последних для деструкции активной биомассы с целью выделения в надилловую жидкость биогенных элементов;
- изученные режимы ультразвукового воздействия не позволяют полностью исключить затраты на приобретение солей аммония и суперфосфата, используемых в производственных условиях в качестве биогенных элементов, так как для достижения необходимого соотношения БПК:N:P = 100:5:1 (соотношение для сточных вод производств органического синтеза

168,2:1,34:0,17 = 100:0,8:0,1) требуются большие объемы избыточной биомассы. а б в Рис. 1 – Изменение выхода биогенных элементов в динамике при разных режимах УЗО: а аммоний; б - нитриты; в – фосфаты Таким образом, проведенные исследования подтвердили возможность использования низкочастотного ультразвука для получения биогенных элементов и показали необходимость изыскания оптимальных условий, обеспечивающих максимальное деструктурирование активного ила