

очисткой их в пылегазоуловителях, охлаждением в теплый период года в теплоутилизаторе, и рециркуляцией в помещении.

#### Список использованных источников

1. Эльтерман, В. Н. Вентиляция химических производств / В. Н. Эльтерман. – Москва : Химия, 1980. – 288 с.
2. Посохин, В. Н. Расчет местных отсосов от тепло- и газовыделяющегося оборудования / В. Н. Посохин. – Москва : «Машиностроение», 1984. – 160 с.
3. Батурин, В.В. Основы промышленной вентиляции / В. В. Батурин. – Москва : Профиздат, 1990. – 448 с.
4. Луговский, С. И. Совершенствование систем промышленной вентиляции / С. И. Луговский, Г. К. Дымчук. – Москва : Стройиздат, 1991. – 136.: ил.

*Статья поступила в редакцию 12.12.2009 г.*

#### SUMMARY

The questions of control by convective streams in shops with heat & gas emanating equipment with the purpose of effective removal harmfulness and salvaging of heat are considered in the given work. The laws of distribution of a thermal jet above warmed horizontal surface and ways of regulation of air flows in shops with heat emanating are cited. The results of experimental researches of the lateral exhaust activated by intake jets with the purpose of its using are brought by impossibility of installation coaxial with technological furnaces of a local exhaust. Calculation dependences for definition of a source sizes ratio of excretion harmfulness, an exhaust and fitting pipes сдува, and also air consumption are given. Effective schemas for the organization of a local exhaust ventilation in shops with heat emanating are offered.

УДК 628.335.2

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ФЛОКУЛИРУЮЩИХ СВОЙСТВ СУСПЕНЗИИ АКТИВНОГО ИЛА ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ

*В.Н. Марцуль, И.Э. Головнев*

В настоящее время в Беларуси эксплуатируется более 200 сооружений биологической очистки сточных вод, на которых очищается основное количество производственных и хозяйственно-бытовых сточных вод, отводимых в водные объекты. Контакт сточных вод с активной биомассой в процессе биологической очистки предшествует механической очистке от взвешенных веществ, от эффективности которой зависит пропускная способность очистных сооружений.

Использование известных и хорошо апробированных на практике способов интенсификации и повышения степени очистки от взвешенных веществ с помощью минеральных коагулянтов и синтетических флокулянтов применительно к очистным сооружениям канализации затруднено вследствие больших расходов сточных вод, значительных колебаний концентрации загрязняющих веществ. Одним из перспективных и подходящих к условиям работы очистных сооружений канализации является использование для этих целей биофлокулянтов.

Биофлокулянты получают направленным культивированием определенных штаммов микроорганизмов в виде биомассы клеток или отдельных продуктов метаболизма, физико-химической обработкой клеток микроорганизмов. Больше

всего подходящим для практической реализации является получение биомассы клеток микроорганизмов с определенными характеристиками [1]. Такие флокулянты дешевле синтетических, но менее эффективны, поэтому их расход больше. Применительно к очистным сооружениям канализации наибольший интерес представляет использование в качестве флокулянта биомассы активного ила. Известно, что в составе активного ила имеются бактерии, которые выделяют в окружающую их среду биополимерный гель, включающий аминокислоты, полисахариды и обладающий флокулирующими свойствами [2].

Предложен ряд способов обработки биомассы активного ила с целью повышения флокулирующих свойств. Большинство из них основано на различной степени дезинтеграции биомассы с целью выделения в жидкую фазу биополимеров. Известно использование гидродинамического воздействия на микроорганизмы, которое может осуществляться с помощью ультразвука. Режим обработки подбирается таким, чтобы обеспечивалось удаление с поверхностного слоя клеток «чехлов», образованных внеклеточными биополимерами, и стимулирование за счет этого выделения клетками биофлокулянтов [3]. К достоинствам ультразвуковой дезинтеграции биомассы можно отнести сравнительно простое аппаратное оформление, возможность регулирования режима обработки в широких пределах.

Ультразвуковая обработка (УЗ-обработка) оказывает комплексное воздействие на биомассу. Наряду с дезинтеграцией надклеточных образований и выделением в жидкую фазу внеклеточных биополимеров, наблюдается изменение состава фаз за счет деструкции клеток биомассы, изменяются характеристики мембран и др. Известно использование УЗ-обработки для повышения выхода биогаза и увеличения скорости процесса при анаэробном сбраживании осадков [4,5], для интенсификации аэробной биологической очистки.

Достижение требуемого эффекта при УЗ-обработке требует подбора определенных условий ее проведения. Однако закономерности изменения состава и свойств фаз суспензии активного ила в зависимости от условий УЗ-обработки в настоящее время не установлены. В связи с этим цель работы состояла в установлении закономерностей изменения состава и свойств фаз суспензии активного ила при УЗ-обработке и выбора условий обработки, обеспечивающих увеличение флокулирующих свойств.

Ультразвуковую обработку суспензии активного ила ( $100 \text{ см}^3$ ) проводили на установке ИЛ100-6 при частоте 22 кГц. Амплитуда колебаний изменялась в диапазоне 20-80 мкм, мощность излучателя – в диапазоне 215-630 Вт. Иловый индекс определяли как объем осадка, образующегося при отстаивании иловой суспензии в течение 30 минут в пересчете на концентрацию  $1 \text{ г/дм}^3$  и объем суспензии  $1 \text{ дм}^3$ . ХПК определяли стандартным методом [6 с. 37–40]. Зета-потенциал частиц активного ила ( $5 \pm 0,5 \text{ мкм}$ ) определяли методом микроэлектрофореза по электрофоретической подвижности [7]. Определение содержания углерода, азота, серы, водорода в органическом веществе проводили путем сжигания и последующего анализа продуктов окисления методом газовой хроматографии на анализаторе CHNS фирмы Elementar vario EL III с детектором по теплопроводности. Определение общего содержания углеводов в жидкой фазе суспензии активного ила проводили фенол-серноокислотным методом [8]. Содержание индивидуальных сахаров определяли методом газовой хроматографии и виде триметилсилильных производных, которые получали по методу [9]. Оценку флокулирующих свойств обработанной биомассы активного ила проводили: методом пробного коагулирования на модельных сточных водах с содержанием взвешенных веществ (глина) 200, 500 и  $1000 \text{ мг/дм}^3$ ; по содержанию взвешенных веществ в фугате после центрифугирования в течение 5 минут при  $5000 \text{ мин}^{-1}$  обработанных проб активного ила. Содержание взвешенных частиц (мутность) оценивали по оптической плотности при длине волны 540 нм на КФК-2МП.

Объектом исследования была суспензия активного ила, отобранная после вторичных отстойников (содержание сухого вещества 5,98 г/дм<sup>3</sup>) и после илоуплотнителей (содержание сухого вещества 25,92 г/дм<sup>3</sup>) на Минской очистной станции азрации в период март-апрель 2009 г.

Для оценки влияния продолжительности УЗ-обработки, мощности излучателя и амплитуды его колебаний на состав жидкой фазы, ее отделяли от обработанной иловой суспензии центрифугированием (фугат) и анализировали на содержание углеводов, ХПК, С, Н, N, S. Для фугата определяли мутность.

Как видно из данных, представленных в таблице 1, количество компонентов дисперсной фазы иловой суспензии, которое переходит в водную фазу при УЗ-обработке, зависит от энергозатрат на диспергирование, обработку и амплитуды колебаний. При амплитуде колебаний 20 мкм наблюдается более «мягкое» воздействие на биомассу. Зависимость мутности фугата от энергозатрат на диспергирование носит экстремальный характер с минимумом, положение которого зависит от амплитуды колебаний. Наибольший эффект достигается при энергозатратах 10 Дж/см<sup>3</sup> суспензии и амплитуде 20 мкм.

Таблица 1 – Зависимость ХПК и мутности жидкой фазы иловой суспензии от условий УЗ-обработки

Показатель	Условия обработки																								
	Мощность излучателя 215 Вт, амплитуда 20 мкм						Мощность излучателя 630 Вт, амплитуда 20 мкм						Мощность излучателя 215 Вт, амплитуда 80 мкм						Мощность излучателя 630 Вт, амплитуда 80 мкм						
	Продолжительность обработки, с																								
	1	5	10	15	30	60	90	5	10	15	30	60	90	5	10	15	30	60	90	5	10	15	30	60	90
ХПК, мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	320	400	576	536	506	776	936	420	530	560	1168	1156	1170	350	402	486	720	1080	1420	402	510	600	680	1024	1672
Мутность	0,81	0,34	0,42	0,57	0,68	0,85	0,89	0,47	0,64	0,68	0,85	0,93	1,02	0,66	0,48	0,53	0,88	0,96	1,20	0,61	0,45	0,53	0,89	1,06	1,46

При таком режиме обработки, вероятно, наблюдается максимальный переход в водную фазу внеклеточных биополимеров в виде геля, который хорошо флокулирует частицы дисперсной фазы, обеспечивая формирование более плотной структуры осадка (кека) при центрифугировании. Дальнейшее увеличение продолжительности обработки приводит к измельчению дисперсной фазы и биополимерного геля, способствуя его растворению. Это приводит к увеличению ХПК и мутности фугата.

В составе жидкой фазы обработанной ультразвуком суспензии активного ила возрастает содержание азотсодержащих соединений (полипептидов, аминокислот) и углеводов, о чем свидетельствуют результаты, представленные в таблицах 2,3.

Таблица 2 – Элементный состав фаз суспензии активного ила после УЗ-обработки (мощность 215 Вт, амплитуда 20мкм)

Фаза	Продолжительность обработки иловой суспензии, с	содержание элемента, %			
		N	C	S	H
Фугат	0	0,923	3,729	0,515	2,317
Фугат	90	3,577	18,82	0,508	4,215
Кек	0	6,725	37,28	0,960	8,155
Кек	30	6,555	37,77	0,875	5,623
Кек	60	6,343	36,00	0,889	7,932
Кек	90	6,189	36,13	0,883	7,119

Таблица 3 – Содержание полисахаридов в жидкой фазе активного ила после УЗ-обработки (амплитуда 80 мкм, мощность 630 Вт)

Продолжительность обработки, с	Содержание полисахаридов в фугате суспензии активного ила, мг/дм <sup>3</sup>	
	после илоуплотнителей	после вторичного отстойника
5 <sup>1</sup>	8,4	12,3
15 <sup>1</sup>	9,0	11,0
30 <sup>1</sup>	6,5	8,0
90 <sup>1</sup>	8,5	8,0
5 <sup>2</sup>	7,0	5,0
15 <sup>2</sup>	10,0	8,5
60 <sup>2</sup>	11,5	7,0
90 <sup>2</sup>	25,0	20,0

<sup>1</sup> амплитуда 20мкм, мощность 215 Вт; <sup>2</sup> амплитуда 80мкм, мощность 630 Вт

Несмотря на значительные различия в концентрациях сухого вещества в суспензии активного ила, отобранной после вторичных отстойников и после илоуплотнителей (5,98 г/дм<sup>3</sup> и 25,92 г/дм<sup>3</sup> соответственно), содержание полисахаридов после УЗ-обработки в активном иле после вторичного отстойника выше, чем в активном иле после уплотнителей. Анализ состава полисахаридов показал, что в них представлены арабиноза, фруктоза и глюкоза в соотношении 13,3:1,0:3,0 для активного ила после вторичных отстойников и 10:1:3 для уплотненного избыточного активного ила.

Зависимость дзета-потенциала и илового индекса иловой суспензии от продолжительности УЗ-обработки, которая приведена в табл.4, свидетельствует об изменении свойств поверхности частиц дисперсной фазы. Несмотря на увеличение абсолютной величины дзета-потенциала при осаждении частицы суспензии дают более плотный осадок.

Проверка флокулирующих свойств обработанной суспензии активного ила на модельных сточных водах, содержащих 200, 500 и 1000мг/дм<sup>3</sup> взвешенных веществ, показала, что скорость совместного осаждения взвешенных частиц обработанной суспензии активного ила и сточных вод при расходе обработанной суспензии активного ила 1 % об. на 17 – 20 % выше, чем для активного ила и сточных вод в отдельности. Скорость осаждения и степень очистки при отстаивании в течение 60 мин. зависит от концентрации взвешенных веществ в сточных водах и уменьшается с ее увеличением. Эффективность использования обработанной ультразвуком суспензии активного ила подтверждена на сточных водах, поступающих на Минскую очистную станцию азрации.

Таблица 4 – Зависимость дзета-потенциала и илового индекса суспензии активного ила от продолжительности УЗ-обработки

Объект исследования	Продолжительность УЗ-обработки, с	Дзета-потенциал, мВ	Иловый индекс, см <sup>3</sup> /г
Необработанная иловая суспензия	0	-30,5	81
Активный ил после УЗ-обработки (амплитуда 20 мкм, мощность 215 Вт)	10	-40,2	35
	30	-35,9	50
	60	-40,0	63
	90	-39,0	71

Результаты исследований свидетельствуют о том, что ультразвуковая обработка при определенной мощности излучателя и амплитуде колебаний позволяет получить из суспензии активного ила биофлокулянт, который целесообразно использовать на очистных сооружениях канализации для увеличения степени очистки от взвешенных веществ и производительности оборудования механической очистки сточных вод.

#### Список использованных источников

1. Гвоздев, В. Д. Очистка производственных сточных вод и утилизация осадков / В. Д. Гвоздев, Б. С. Ксенофонтов. – Москва : Химия, 1988. – 112 с.
2. Жмур, Н. С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н. С. Жмур. – Москва : АКВАРОС, 2003. – 512 с.
3. Способ отделения взвешенных веществ от исходной сточной жидкости при аэробной очистке сточных вод: пат. 1958 Респ. Беларусь / А. А. Денисов, А. В. Семижон ; заявитель Белорусс. гос. технолог. ун-т. – № МПК С02F 3/12; опубл. 30.12.1997 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 1997. – № 8(55). – С. 85–86.
4. Clark, P.B. Ultrasonic sludge pretreatment for enhanced sludge digestion / P.B. Clark // Water and Environ. Manag. 2000. – 14. – № 1. – P. 66–71.
5. Zielewicz-Madej, E. Zastosowanie dezintegracji ultradźwiękowej do intensyfikowania produkcji lotnych kwasów tłuszczowych z osadu wtórnego / E. Zielewicz-Madej // Inz. i ochr. srod.2001. – 4. – №2. – P. 231–237.
6. Лурье, Ю. Ю. Химический анализ производственных сточных вод / Ю. Ю. Лурье, А. И. Рыбникова. – Москва : Химия, 1974. – 336 с.
7. Баранова, В. И. Практикум по коллоидной химии : учебное пособие для хим.-технол. спец. вузов / В. И. Баранова [и др.] ; под ред. И. С. Лаврова. – Москва : Высш. школа, 1983. – 216 с.
8. Арончик, Б. М. Химия древесины / Б. М. Арончик, З. Н. Крейцберг // Рига: «Зинатне». – 1975. – № 15. – С.37.
9. Методы исследования углеводов / А. Я. Хорлина [и др.], под ред. А. Я. Хорлиной. – Москва : Мир, 1975. – с. 9–13.

*Статья поступила в редакцию 12.12.2009 г.*

#### SUMMARY

More than 200 constructions of bioscrubbing of sewage are operating now in Belarus, which refine the basic quantity of the Industrial and household sewage draining to the water objects. One of perspective ways of increasing of sewage treatment and sewage disposal plants of the water drain suitable to operating conditions is using for these purposes of bioflocculants. With reference to sewage disposal plants of the water drain the greatest interest represents using as flocculant of active silt of cell material. Results of researches testify that ultrasonic processing at the certain capacity of a radiator and amplitude of fluctuations allows to receive bioflocculant which is expedient for using on sewage disposal plants of the water drain for increasing in the purification efficiency from suspended matters and productivity of the equipment for the mechanical cleaning of sewage.