

УДК 628.336.3

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД И УЛУЧШЕНИЯ СВОЙСТВ СЫРОГО ОСАДКА**И.Э. ГОЛОВНЕВ**

(УП «Витебскводоканал»)

канд. техн. наук, доц. В.Н. МАРЦУЛЬ

(Белорусский государственный технологический университет, Минск)

Представлены результаты моделирования очистных сооружений, позволяющие прогнозировать изменение качественного и количественного состава осадков при использовании обработанного ультразвуком активного ила для осаждения взвешенных веществ в первичных отстойниках, а также для извлечения тяжелых металлов из избыточного активного ила. Проанализированы результаты промышленных испытаний разработанной технологии оптимальной обработки ультразвуком активного ила и сырого осадка в процессе биологической очистки сточных вод. Выявлено, что при использовании методов обработки активного ила и сырого осадка ультразвуком требуется соблюдать определенные условия. В большинстве случаев целесообразно ультразвуковую обработку проводить с использованием гидродинамического излучателя, что позволяет более точно дозировать затраты энергии и время обработки для достижения желаемого результата.

Ключевые слова: избыточный активный ил, сырой осадок, ультразвуковая обработка, очистка сточных вод.

Введение. Повышение эффективности работы очистных сооружений канализации и создание предпосылок для экологически безопасного использования осадков сточных вод на основе интенсификации процессов биологической очистки сточных вод возможно с использованием ультразвуковой обработки активного ила и сырого осадка.

Ультразвуковая обработка при определенных расходах энергии увеличивает флокулирующую способность активного ила. Для улучшения флокулирующих свойств в зависимости от содержания сухих веществ в активном иле может использоваться ультразвуковая обработка с применением гидродинамического и магнитострикционного излучателей при расходе энергии, не превышающем 1500 Дж/г твердой фазы активного ила. При этом целесообразно активный ил перед использованием не разделять на кек и надилую воду. Расход обрабатываемого активного ила подбирается методом пробного коагулирования в зависимости от содержания взвешенных веществ в сточных водах и характеристики образующегося активного ила.

Ультразвуковая обработка активного ила положительно сказывается на его способности к микробному разложению органических соединений, скорости и полноте протекания биологической очистки, так как в очищаемые сточные воды переходят ферменты, низкомолекулярные легко разлагаемые бактериями активного ила органические вещества. В результате ультразвуковой обработки происходит повышение клеточной проницаемости, усиление активности ферментов и целостности флокул активного ила.

Таким образом, ультразвуковая обработка существенно изменяет состав твердой и жидкой фазы активного ила за счет перехода в жидкую фазу тяжелых металлов, фосфатов как в составе дисперсных частиц, так и в раствор. Обработка ультразвуком приводит к увеличению выхода летучих жирных кислот (ЛЖК) и улучшает качественные характеристики жидкой фазы. Растворимая часть органических веществ служит предпочтительным питанием для активного ила и наиболее дефицитным компонентом сточных вод. От 40 до 75% органических веществ, поступающих на очистку, находятся во взвешенном и коллоидном состоянии, они могут быть удалены в первичных отстойниках, что создает дефицит полноценного питания активного ила и ухудшает качество сырого осадка, загрязняя окружающую среду. Органические вещества, находящиеся в сыром осадке, можно частично перевести в растворимые формы в процессе ацидофикации и ультразвуковой обработки сырого осадка.

Основная часть. Схемы очистки сточных вод для повышения эффективности извлечения взвешенных веществ из сточных вод при использовании ультразвуковой установки возможны в двух вариантах: с ультразвуковой обработкой части циркулирующего активного ила (рисунок 1) и с ультразвуковой обработкой избыточного активного ила (рисунок 2).

В первом случае объем обработанного активного ила для обеспечения повышения степени очистки, как и достигаемый эффект, зависит от способа удаления взвешенных веществ – обычное отстаивание сточных вод после дозирования обработанного активного ила или осветление во взвешенном слое осадка. Расход обработанного ультразвуком активного ила, обеспечивающий интенсификацию осаждения взвешенных веществ, составляет 1...5% об, при этом степень очистки повышается на 5...10%.

Во втором случае изъятие взвешенных веществ во взвешенном слое осадка обеспечивает повышенные степени очистки на 30...40%. Расход активного ила при этом составляет до 7% от объема циркулирующего ила, возвращаемого на биологическую очистку после вторичных отстойников.

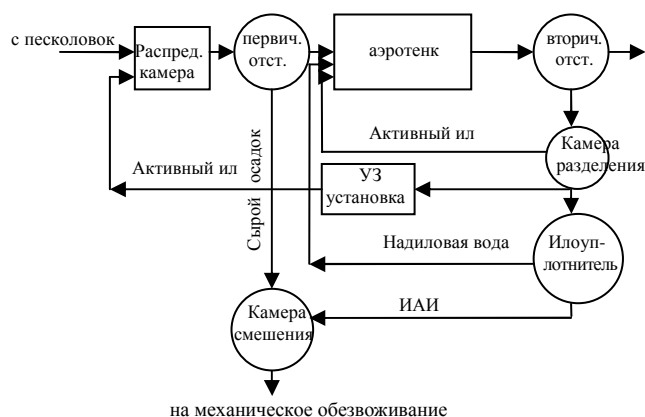


Рисунок 1. – Схема очистки сточных вод с использованием ультразвуковой обработки части циркулирующего активного ила для повышения эффективности удаления взвешенных веществ из сточных вод на стадии их отстаивания в первичных отстойниках

Для условий очистных сооружений УП «Витебскводоканал» при расходе сточных вод, поступающих в первичные отстойники 70 тыс. м³/сутки, требуется обработать ультразвуком и подать в сточные воды 3500 м³/сутки активного ила. Это составляет 5,1...9,6% от объема циркулирующего активного ила. При этом увеличится расход сточных вод, поступающих в отстойники, на 5%. При концентрации 7 г/дм³ активного ила, подаваемого на ультразвуковую обработку, содержание ХПК увеличится на 40...42 мг О₂/дм³.

Активный ил, обработанный на ультразвуковой установке с магнитострикционным излучателем, подается в распределительную камеру первичных отстойников. Для обработки 700 м³ в сутки активного ила требуется установить ультразвуковые излучатели с суммарной мощностью 25,2 кВт. Объем камеры, в которой установлены излучатели, обеспечивающей требуемый режим обработки, составляет 0,12 м³.

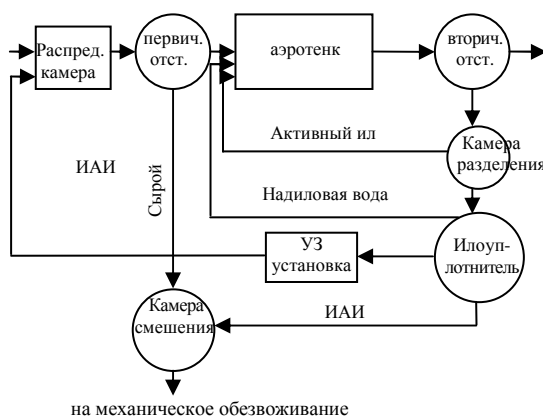


Рисунок 2. – Схема очистки сточных вод с использованием ультразвуковой обработки избыточного активного ила для повышения эффективности удаления взвешенных веществ

При использовании избыточного активного ила для интенсификации процесса отстаивания в первичных отстойниках в условиях УП «Витебскводоканал» обрабатывается ультразвуком 200...250 м³ в сутки. При этом объем сточных вод, поступающих на отстаивание, увеличится на 0,3%, а ХПК возрастет на 10%.

Схема очистки сточных вод с использованием ультразвуковой обработки активного ила для интенсификации биологической очистки сточных вод приведена на рисунке 3.

Для интенсификации процессов биологической очистки необходимо обработать до 10% объема циркулирующего в системе очистки активного ила с интенсивностью обработки 3,15 Вт/см³ в течение 5...15 секунд для условий УП «Витебскводоканал». С учетом расхода циркулирующего активного ила обрабатываемый объем должен составлять до 6350 м³/сутки. Прирост показателя ХПК, который вносится в аэротенк с циркулирующим активным илом, составит до 10%. Гидравлическая нагрузка на аэротенки при этом не возрастает, так как обрабатывается часть возвратного циркулирующего ила. В результате

наблюдается увеличение ферментативной активности ила на 20...27% и, как следствие, улучшение седиментационных характеристик, снижение илового индекса, увеличение скорости осаждения и уменьшение избыточного выноса взвешенных веществ из вторичных отстойников.

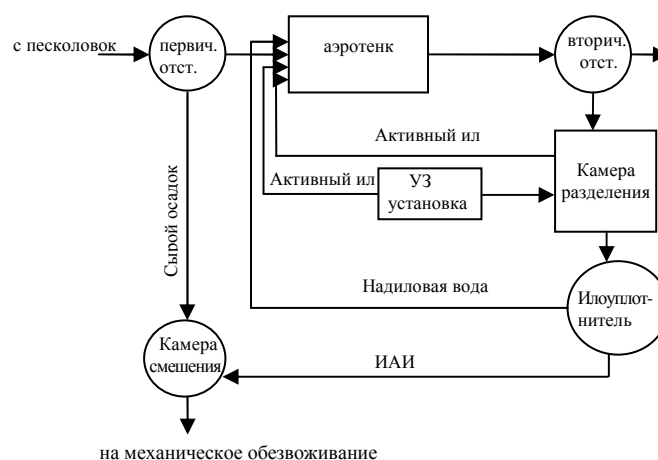


Рисунок 3. – Схема очистки сточных вод с использованием ультразвуковой обработки активного ила для интенсификации биологической очистки сточных вод

В данном технологическом процессе возможно использование как магнитострикционного, так и гидродинамического излучателей. Учитывая обстоятельство, что время пребывания иловой смеси в аэротенке может составлять от 4-х до 8-ми и более часов, необходимо обработку циркулирующего активного ила проводить периодически, согласовав ее продолжительность со временем пребывания иловой смеси в аэротенках. Для условий Витебскводоканала время пребывания иловой смеси в аэротенках составляет 8 часов, поэтому рекомендуется, чтобы продолжительность обработки один час через два часа отстаивания. В этом случае суммарный объем обрабатываемого циркулирующего активного ила составит до 2120 м³/сутки.

О переходе металлов в жидкую фазу судили по их содержанию в активном иле после центрифугирования. Установлено, что содержание цинка, никеля, свинца, меди и кадмия уменьшается в твердой фазе активного ила во всем исследуемом диапазоне его концентраций. Наибольшее снижение концентраций металлов в твердой фазе активного ила наблюдается для цинка 42...71%, свинца – 39...67%; наименьшее для меди – 5...19%, кадмия – 4...16%. До 70% указанных тяжелых металлов переходят в жидкую фазу в составе частиц с размером менее 15 мкм.

Удельный расход энергии на обработку активного ила магнитострикционным излучателем составил от 240 до 4300 Дж/г, а гидродинамическим – не более 1200 Дж/г. Для достижения сравнимых показателей снижения содержания тяжелых металлов в твердой фазе активного ила расход энергии на ультразвуковую обработку при использовании гидродинамического излучателя в условиях эксперимента был ниже в 1,5 раза.

Учитывая важность проблемы использования осадков сточных вод на очистных сооружениях канализации в условиях Витебскводоканала, проведены работы по определению содержания тяжелых металлов в осадках, размещенных на 32 картах иловых площадок и отводимых для подсушки (свежие осадки). Цель исследования состояла в определении возможности регулирования содержания металлов в твердой фазе осадков в целях доведения их до нормативных значений. Проведены исследования осадков сточных вод, отобранных очистных сооружений УП «Витебскводоканал, которые накапливались с 1969 года (таблица 1).

Таблица 1. – Сравнение содержания металлов в избыточно активном иле, осадках сточных вод иловых площадок очистных сооружений города Витебска с допустимым их содержанием

Результаты исследований осадков УП «Витебскводоканал»			Требования ТУ		
			концентрация, мг/кг, сухого вещества, не более, для осадков группы		
Наименование металлов	Избыточный активный ил, мг/кг	Осадок с иловых площадок, мг/кг	УОСВ-1	УОСВ-2	УОСВ-3
Свинец	17,9...42,1	74...216	200	250	500
Кадмий	1,5...2,8	3,92...12,7	5	15	30
Никель	67...68	83...280	100	200	400
Хром	140...680	420...1190	300	500	100
Цинк	620...1900	682...3855	500	1750	3500
Медь	24...1200	032...1650	300	750	1500
Ртуть	0,01...0,02	0,05...0,06	7,5	7,5	15
Мышьяк	0,28...0,86	0,95...4,65	10	10	20

Как видно из приведенных данных (см. таблицу 1), в осадках сточных вод УП «Витебскводоканал», в том числе в избыточном активном иле, наблюдается превышение содержания металлов по меди и цинку по сравнению с допустимыми концентрациями при использовании осадков сточных вод в качестве удобрений, отнесённых к марке УОСВ-1.

При согласовании ТУ для исследования в РНПЦ гигиены были использованы образцы осадков, обработанные и необработанные ультразвуком после механического обезвоживания (центрифугирования). Результаты испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Содержание металлов (мг/кг) в избыточном активном иле до и после обработки ультразвуком

Наименование металлов	До обработки, мг/кг	После УЗ обработки, мг/кг	Степень извлечения, %
Свинец	28,6	16,5	42
Кадмий	1,65	1,46	12
Никель	67,4	50,6	25
Хром	154	120	22
Цинк	620	358	42
Медь	48,2	39,4	18

Как видно из таблицы 2, ультразвуковая обработка и центрифугирование избыточного активного ила позволяет снизить в нём содержание цинка и меди до значений, соответствующих требованиям ТУ для удобрений марки УОСВ-1. Так, ультразвуковая обработка позволяет регулировать содержание тяжёлых металлов в твёрдой фазе избыточного активного ила. Металлы, перешедшие в жидкую фазу, находятся в составе взвешенных частиц в растворе. При возврате надиловой воды в сточные воды, поступающие на очистку, они частично удаляются в составе сырого осадка, а частично поступают на биологическую очистку. Это происходит, если они не извлекаются из жидкой фазы. При этом содержание тяжёлых металлов в сыром осадке увеличивается на 0,1...0,4%. Следует отметить, что для достижения требуемого эффекта при расходе избыточного активного ила 700 м³/сутки и используемой мощности УЗ-излучателей 25 кВт объем камеры обработки должен составлять не менее 0,24 м³.

Из жидкой фазы иловой суспензии, обработанной ультразвуком, тяжелые металлы могут быть извлечены с помощью сорбционных материалов. Это обеспечивает извлечение тяжелых металлов из возвратных потоков сточных вод, поступающих на очистные сооружения, и предотвращает превышение их содержания в осадках сточных вод. На рисунках 4 и 5 представлены два варианта использования ультразвуковой обработки для регулирования содержания тяжёлых металлов в избыточном активном иле.

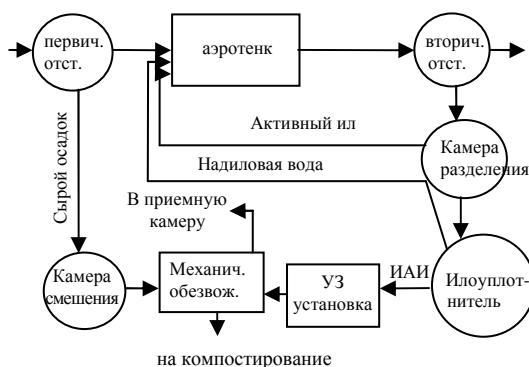


Рисунок 4. – Схема очистки сточных вод с использованием ультразвуковой обработки избыточного активного ила для регулирования содержания тяжелых металлов

Для подготовки осадков к использованию в качестве удобрений разработан технологический регламент, который устанавливает основные требования и условия, соблюдение которых обеспечит безопасное для окружающей среды использование осадков сточных вод, длительное время находящихся на картах иловых площадок очистных сооружений коммунальных сточных вод. Подготовка для использования осадков сточных вод включает ультразвуковую обработку избыточного активного ила (если в осадках превышаются нормы содержания тяжелых металлов) и компостирование.

Для извлечения тяжелых металлов из жидкой фазы сорбент добавляется в обработанный ультразвуком избыточный активный ил с последующим его отделением в гидроциклоне (рисунок 5). Данная схема позволяет интенсифицировать процесс очистки сточных вод и решить проблему утилизации как избыточного активного ила, так и сырого осадка после первичных отстойников.

Идея использования ультразвука для обработки сырого осадка с целью извлечения из нерастворимой части легкоокисляемых органических веществ возникла вследствие получения положительных результатов исследований по ацидофикации сырого осадка, проводимых ООО «АКВАРОС» при непосред-

ственном участии академика РАЕН, доктора биологических наук Н.С. Жмур, и лабораторных испытаний, включающих использование обработанных ультразвуком активного ила и сырого осадка. Для определения влияния ультразвуковой обработки сырого осадка на состав осадков и процесс очистки в целом проводились комплексные исследования в условиях УП «Витебскводоканал».

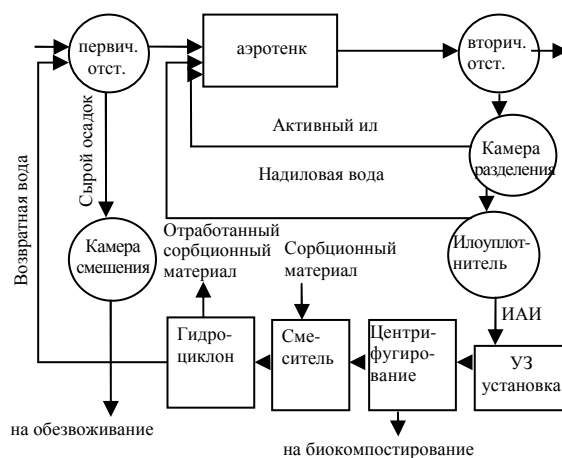
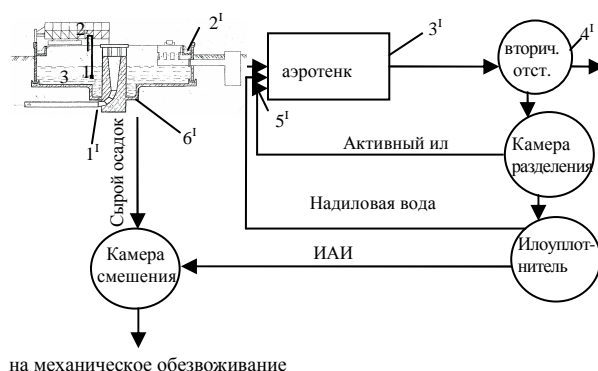


Рисунок 5. – Схема очистки сточных вод с ультразвуковой обработкой всего избыточного активного ила после илоуплотнителя и сорбционным извлечением тяжелых металлов из фугата

Исследования по ультразвуковой обработке сырого осадка из первичных отстойников выполнены на установке с гидродинамическим излучателем в производственных условиях. В ходе исследований объектами контроля служили: сточные воды, поступающие в первичный отстойник, осветленные сточные воды, очищенные сточные воды после вторичных отстойников, активный ил в аэротенках, сырой осадок. В ходе исследований контролировали: содержание ХПК_{фильтр}, БПК₅, азота аммонийного, азота нитратов, азота нитритов, фосфора общего; сухой остаток; ЛЖК; влажность; зольность; концентрацию ила; иловой индекс; окислительно-восстановительный потенциал (ОВП); взвешенные вещества. Расход сточных вод, поступающих в отстойник, составлял 840...1380 м³/ч.

Сырой осадок из приемка первичного отстойника забирается насосом и подается после ультразвуковой обработки в сточную воду того же первичного отстойника 6 раз в сутки продолжительностью по два часа. Отгрузка избыточного осадка осуществляется один раз через 2...4 суток. Периодичность отгрузки зависит от концентрации и объема осадка, накопившегося в приемке отстойника. Осадок из приемка удаляется не полностью (75...80% от накопившегося), что обеспечивает сохранение части анаэробного ила в первичном отстойнике, адаптированного к воздействию токсикантов. Важным условием, которое необходимо соблюдать в первичных отстойниках, служит предотвращение насыщения сточных вод кислородом. Для выполнения этого условия сырой осадок по трубопроводу от ультразвуковой установки подается непосредственно в осветленную воду на определенную глубину, при этом содержание кислорода в осадках не должно превышать 0,5...0,7 мг/дм³, что позволяет поддерживать аноксидный процесс. Технологическая схема ультразвуковой установки первичного отстойника показана на рисунке 6.



1 – насос; 2 – уз-установка; 3 – зона осаждения осадка

Рисунок 6. – Схема очистки сточных вод с ультразвуковой обработкой сырого осадка в первичном отстойнике

Ультразвуковая установка с гидродинамическим излучателем смонтирована на вращающейся ферме илоскреба радиального первичного отстойника с погружным насосом ($Q - 0,3 \dots 5,6$ л/с; $H - 9,7$ м; $P - 0,55$ кВт). Забор осадка производится на глубине 3 м. Точки отбора проб (см. рисунок 6): 1¹ – поступающая сточная вода; 2¹ – осветленная сточная вода; 3¹ – иловая суспензия после аэротенка; 4¹ – сточная вода после вторичного отстойника; 5¹ – циркулирующий активный ил; 6¹ – сырой осадок. Установку включают в работу во время движения илоскреба. Объем накопившегося осадка составляет 80 м³/сутки; гидравлическая глубина отстойника – 3,395 м; объем – 2398,6 м³. Время пребывания воды в отстойнике – 1,5...2,8 часа.

Предложенный способ обработки сырого осадка применяется на УП «Витебскводоканал» с 2015 года. Результаты средних значений проведенных испытаний с ультразвуковой обработкой сырого осадка приведены в таблицах 3–9.

Таблица 3. – Сравнительная характеристика основных показателей сырого осадка исходного и с ультразвуковой обработкой

Объект испытаний	ХПК, мг О ₂ /дм ³	БПК ₅ , мг О ₂ /дм ³	ЛЖК, мг/дм ³	Сухой остаток, мг/дм ³	Концентрация, г/дм ³	Влажность, %	Зольность, %
Сырой осадок	1134	735	366	1220	32,2	96,8	23,8
Сырой осадок с УЗО	3929	1860	686	2480	42,4	95,5	28,0

Таблица 4. – Сравнительная характеристика основных показателей осветленных сточных вод с ультразвуковой обработкой сырого осадка и без обработки

Объект испытаний	ХПК, мг О ₂ /дм ³	БПК ₅ , мг О ₂ /дм ³	ЛЖК, мг/дм ³	Сухой остаток, мг/дм ³	Азот аммонийный, мг/дм ³	Фосфор общий, мг/дм ³	Взвешенные вещества, мг/дм ³
Сточная вода исходная	478	265	140	826	44,4	4,9	326
Осветленная сточная вода с УЗО	849	512	342	1450	48,1	4,7	200
Осветленная сточная вода в обычном режиме	411	236	146	796	43,8	4,8	210

Таблица 5. – Сравнительная характеристика основных показателей работы аэротенков в обычном режиме и с добавлением осветлённых вод с ультразвуковой обработкой сырого осадка

Объект испытаний	ХПК, мг О ₂ /дм ³	БПК ₅ , мг О ₂ /дм ³	ЛЖК, мг/дм ³	Азот аммонийный, мг/дм ³	Фосфор общий, мг/дм ³	Азот нитритный, мг/дм ³	Азот нитратный, мг/дм ³
Аэротенк в обычном режиме	48	15	11,4	6,2	3,9	0,202	1,6
Аэротенк с УЗ обработкой	46	12	11,1	4,3	4,1	0,760	6,8

Таблица 6. – Сравнительная характеристика основных показателей работы вторичных отстойников в обычном режиме и с ультразвуковой обработкой сырого осадка

Объект испытаний	ХПК, мг О ₂ /дм ³	БПК ₅ , мг О ₂ /дм ³	Азот аммонийный, мг/дм ³	Фосфор общий, мг/дм ³	Азот нитритный, мг/дм ³	Азот нитратный, мг/дм ³	Взвешенные вещества, мг/дм ³
Вторичный отстойник в обычном режиме	46	12	5,2	2,6	0,360	2,6	22,8
Вторичный отстойник с УЗ обработкой	33	8,4	3,2	2,3	0,280	1,9	16,2

Таблица 7. – Сравнительная характеристика извлечения из сырого осадка ЛЖК и легкоокисляемых органических веществ с ультразвуковой обработкой и без обработки

Дата испытаний	ЛЖК, мг/дм ³		ХПК фильтр, мг О ₂ /дм ³		Сухой остаток, мг/дм ³	
	с УЗО	без обработки	с УЗО	без обработки	с УЗО	без обработки
15.02.18	278	278	1138	1138	1161	1161
18.02.18	494	386	1910	1428	1460	1435
19.02.18	689	432	2260	1740	1508	1500
20.02.18	1054	454	2586	1864	1540	1440
21.02.18	1104	480	2565	1918	1620	1432
22.02.18	986	454	2650	1896	1820	1418
23.02.18	882	446	2542	1868	1710	1364
26.02.18	812	437	2592	1848	1760	1364
27.02.18	796	430	2548	1824	1750	1337

Таблица 8. – Прослеживаемость изменения ОВП в процессе очистки сточных вод в обычном режиме и с ультразвуковой обработкой сырого осадка

Объект испытаний	Окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), мВ					
	в обычном режиме			с УЗО сырого осадка		
	min	max	среднее	min	max	среднее
Поступающие сточные воды в первичный отстойник	-133	-143	-138	-	-	-
Осветленные сточные воды после первичного отстойника	-132	-198	-165	-212	-228	-220
Поступающие сточные воды в аэротенк	-132	-176	-154	-202	-218	-210
Очищенные сточные воды после аэротенков	+75	+97	+86	+70	+150	+110
Очищенные сточные воды после вторичного отстойника	+100	+120	+110	+150	+210	+180

Результаты проведенных испытаний с ультразвуковой обработкой сырого осадка, способствующей извлечению растворимых легкоокисляемых органических веществ, показали увеличение окислительной способности активного ила, что привело к интенсификации процессов нитрификации и денитрификации, повышению эффективности удаления биогенных элементов: азота аммонийного с 87 до 92%; БПК₅ с 95 до 97%; ХПК с 90 до 96%; фосфора общего с 55 до 58, а также к повышению эффективности извлечения взвешенных веществ с 92 до 95%. Для более глубокого удаления фосфора необходимо предусмотреть аноксидную зону в аэротенках, оснатив ее тихходными мешалками.

Легкоокисляемые органические вещества способствуют накоплению биомассы флокулообразующих микроорганизмов, формирующих седиментационные и защитные свойства активного ила. Седиментационные характеристики активного ила в обычном режиме и после ультразвуковой обработки приведены в таблице 9.

Таблица 9. – Седиментационные характеристики активного ила в обычном режиме и с УЗ-обработкой сырого осадка

Время осаждения, t, мин	V = 1000 мл исходной иловой смеси	V = 1000 мл иловой суспензии с УЗ-обработкой
0	1000	1000
5	850	780
10	710	620
15	570	440
20	490	340
25	450	320
30	390	308
C ила = 2,8 г/дм ³		
Иловой индекс	139	110

Как видно из таблицы 9, наблюдается снижение илового индекса при добавлении растворимых легкоокисляемых веществ, поступающих с осветленными водами из первичного отстойника в процессе ультразвуковой обработки сырого осадка, на 21%.

Основываясь на результатах проведенных исследований обработанного ультразвуком сырого осадка первичных отстойников в анаэробных условиях, можно сделать вывод, что ультразвуковая обработка сырого осадка в первичных отстойниках позволяет извлечь растворимые легкоокисляемые органические вещества, которые способствуют образованию полимерного геля, улучшающего седиментационные и окислительные характеристики активного ила, обеспечивая тем самым интенсификацию технологических процессов биологической очистки сточных вод. Процесс анаэробного сбразивания сырого осадка в первичных отстойниках в сочетании с УЗ-обработкой улучшает свойства осадка. Сырой осадок после ультразвуковой обработки, претерпевший ферментацию, быстрее приобретает функции первичного анаэробного ила с более высокой концентрацией и меньшей влажностью.

Заключение. Применительно к очистным сооружениям канализации определены условия ультразвуковой обработки, обеспечивающие повышение эффективности механической очистки. Для очистных сооружений производительностью 70 тыс. м³/сутки объем активного ила, обрабатываемого ультразвуком, составил 700 м³ при суммарной мощности излучателя 25,2 кВт.

Повышение ферментативной активности биомассы в условиях очистных сооружений обеспечивается обработкой до 10% циркулирующего активного ила продолжительностью один час в течение каждых трех часов.

Ультразвуковая обработка и последующее центрифугирование активного ила способствует снижению концентрации тяжелых металлов в кеке до показателей, позволяющих использовать его для получения удобрений и/или почвоулучшающей добавки.

Обработка сырого осадка, накапливаемого в первичном отстойнике с использованием установки циркуляционного типа с гидродинамическим излучателем, обеспечивает значительное увеличение содержания летучих жирных кислот и легкоокисляемой органики, что позволяет повысить степень очистки сточных вод по комплексу показателей: азота аммонийного с 87 до 92%; БПК₅ с 95 до 97%; ХПК с 90 до 96%; фосфора общего с 55 до 58%; взвешенных веществ с 92 до 95%.

В процессе анаэробного сбраживания сырого осадка в первичных отстойниках в сочетании с ультразвуковой обработкой улучшаются свойства осадка по показателям: массовая доля влаги снизилась с 98 до 96%; органических веществ – с 78 до 67...76%, что приводит к уплотнению и повышению концентрации осадка в 2...4 раза.

В результате экспериментальных исследований установлено, что ультразвуковая обработка активного ила и сырого осадка способствует:

- повышению флокулирующих свойств активного ила и влагоотдающих свойств сырого осадка;
- регулированию в определенных пределах содержания тяжелых металлов в избыточном активном иле и сыром осадке;
- повышению ферментативной активности биомассы ила;
- ускорению процесса накопления летучих жирных кислот и легкоокисляемой органики в процессе анаэробного сбраживания сырого осадка в первичном отстойнике усиленного ультразвуковой обработкой.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения : СанПиН 2.17.573-96.
2. Охрана природы. Почвы. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений : ГОСТ Р 17.4.3.07.
3. О требованиях в области охраны окружающей среды при размещении и эксплуатации объектов, осуществляющих сортировку и переработку коммунальных отходов : постановление М-ва природных ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь и М-ва жилищно-коммунального хозяйства Респ. Беларусь от 20 дек. 2004 г. № 38/37.
4. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест : Методические указания МУ 2.1.7.730-99 : утв. Главным государственным санитарным врачом Рос. Федерации 7 февр. 1999 г.
5. Санитарно-эпидемиологические требования к качеству почвы : СанПиН 2.1.7.1287-03 : утв. Главным государственным санитарным врачом Рос. Федерации 16 апр. 2003 г. – Введ. 15.06.2003 ; с изм. и доп. на 25 апр. 2007 г.
6. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продуктов растениеводства. – М. : ЦИНАО, 1989. – 61с.
7. Экспресс-методы санитарно-паразитологического исследования объектов окружающей среды : Инструкция по применению : утв. заместителем министра здравоохранения, главным санитарным врачом Респ. Беларусь М.И. Римжа от 13.06.2005. – Регистр. № 65-0605.

Поступила 22.02.2019

USING ULTRASOUND TREATMENT TO INTENSIFY AND IMPROVE THE EFFICIENCY OF BIOLOGICAL CLEANING OF WASTE WATER AND IMPROVE THE PROPERTIES OF RAW SUCTION

I. GOLOVNEV, V. MARZUL

The results of modeling of sewage treatment plants are presented, which make it possible to predict changes in the qualitative and quantitative composition of precipitation when using activated sludge for ultrasound to precipitate suspended solids in primary sedimentation tanks, as well as to extract heavy metals from excess activated sludge. The results of industrial tests of the developed technology of optimal treatment with ultrasound of activated sludge and wet sludge in the process of biological wastewater treatment are analyzed. When using methods for treating activated sludge and wet sludge with ultrasound, certain conditions must be met. In most cases, it is advisable to carry out ultrasonic processing using a hydrodynamic emitter, which allows you to more accurately dose energy costs and processing time to achieve the desired result.

Keywords: *excess activated sludge, sludge water, wastewater treatment.*