

УДК 628.336.3

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ОБРАБОТКИ СЫРОГО ОСАДКА ПЕРВИЧНЫХ ОТСТОЙНИКОВ ГОРОДСКОЙ СИСТЕМЫ КАНАЛИЗАЦИИ

И.Э. ГОЛОВНЕВ

(Филиал «Витебскводоканал» УП «Витебсквоблводоканал»)

Рассматривается возможность использования воздействия ультразвуковыми излучателями магнитострикционного и гидродинамического циркуляционного типа на сырой осадок для повышения эффективности очистки сточных вод и снижения нагрузки по загрязняющим веществам на окружающую среду. Выявлено, что фазовый и вещественный состав сырого осадка значительно отличается от активного ила. При сопоставимом содержании загрязняющих веществ в твердой фракции, рост содержания БПК, ХПК для сырого осадка несколько меньше, но вклад растворимых веществ в эти показатели значительно больше. Определено, что воздействие ультразвуковой энергии (колебаний) на сырой осадок в анаэробных условиях способствует извлечению растворимых и легкоокисляемых органических веществ, которые являются ценным и наиболее дефицитным сырьем для питания активного ила.

Ключевые слова: сырой осадок, ультразвуковая обработка, состав фаз, очистка сточных вод.

Введение. В условиях жестких требований к качеству очистки сточных вод возникает необходимость в совершенствовании существующих технологий очистки, решающих задачи снижения эксплуатационных затрат, экономии ресурсов, компактности и простоты конструкций очистных сооружений. Решение этой проблемы лежит в применении технологии очистки, позволяющей использовать недорогое компактное и эффективное оборудование и, как следствие, снижение эксплуатационных затрат. Одним из перспективных, но мало изученных, методов воздействия на вещества для интенсификации технологических процессов является метод, основанный на использовании механических колебаний ультразвукового диапазона [1]. Специфические свойства акустических колебаний способствуют их использованию как экологически безвредного и эффективного метода интенсификации многих технологических процессов, способных, в том числе, оказать значительное влияние на скорость и эффективность очистки сточных вод.

Основная часть. Ультразвуковое воздействие на сырой осадок, как правило, не производилось, и данные по его влиянию на состав фаз осадка отсутствуют. Поэтому интерес представляет оценка возможности использования ультразвукового воздействия для направленного изменения состава жидкой фазы осадка. В первую очередь, важно оценить использование ультразвука с целью извлечения растворимых и легкоокисляемых органических веществ из сырого осадка, которые являются ценным сырьем для питания активного ила.

Компенсировать недостаток легкоокисляемых органических веществ для бактерий активного ила можно добавками химических соединений непосредственно в аэротенки, но это потребует значительных финансовых затрат, в то же время скорость денитрификации при добавках метанола и этанола в несколько раз ниже, чем в присутствии растворимых органических веществ [2].

Подкормив активный ил и тем самым улучшив его свойства и качество очистки, возможно извлечь питательные вещества из сырого осадка методом его *преферментации*.

Преферментацией принято называть процесс образования в анаэробных условиях короткоцепочных летучих жирных кислот (ЛЖК) из комплекса сложных органических соединений, находящихся в сточных водах. Способность к микробному разложению органических соединений непосредственно связана с длиной углеродной цепи, поэтому монокарбоновые кислоты или короткоцепочные ЛЖК с длиной цепи до 8 атомов углерода – идеальный источник органики для бактерий активного ила [3].

Легкоокисляемые органические вещества необходимы для нитрификации и дефосфотации.

Для определения влияния ультразвуковой обработки на состав сырого осадка и на процесс очистки в целом проводились комплексные исследования.

Как уже отмечалось, в частности в работах [2; 3], растворимая часть органических веществ является предпочтительным питанием активного ила и наиболее дефицитным компонентом сточных вод.

Цель исследований состояла в определении использования ультразвуковой энергии на извлечение растворимых и легкоокисляемых органических веществ из сырого осадка первичных отстойников очистных сооружений городской системы канализации. Исследования проводили в период 2015–2018 гг. с использованием сырого осадка очистных сооружений УП «Витебскводоканал», пробы осадка отбирали

батометром из приемка первичного отстойника. Для определения влияния ультразвукового воздействия УЗ-обработку проводили в условиях, описанных в [4], с использованием гидродинамического и магнито-стрикционного излучателей. В качестве входных переменных эксперимента рассматривали плотность ультразвуковой энергии и время обработки. Для оценки влияния ультразвукового воздействия на состав фаз сырого осадка определяли содержание ХПК, БПК₅, ЛЖК и концентрацию твердой фазы [5].

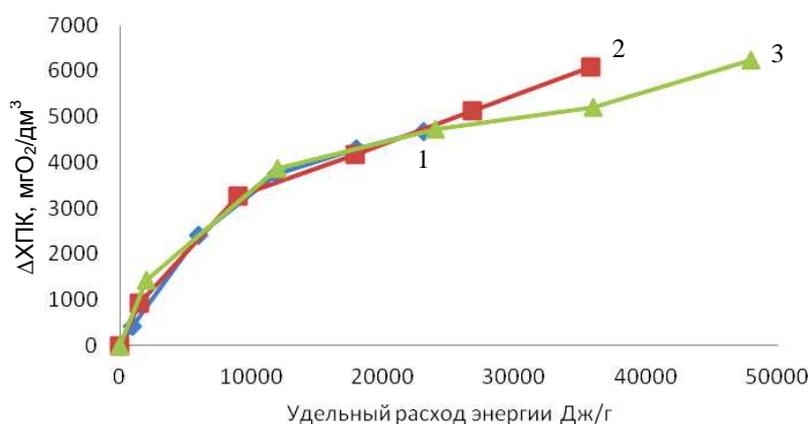
Как видно из результатов, представленных в таблице 1 и на рисунках 1–3, с увеличением плотности ультразвуковой энергии и времени обработки концентрация ЛЖК возрастает, как и содержание БПК₅ и ХПК. При этом отношение БПК₅ к ХПК несколько уменьшается с увеличением удельного расхода энергии на ультразвуковую обработку.

Фазовый и вещественный составы сырого осадка значительно отличаются от активного ила.

При сопоставимом содержании загрязняющих веществ в твердой фазе активного ила и сырого осадка увеличение содержания ХПК, БПК₅ для сырого осадка несколько меньше, но вклад растворенных веществ в эти показатели значительно больше.

Таблица 1. – Результаты исследования фильтрата сырого осадка от удельного расхода энергии на УЗ-обработку (концентрация С составляет 15,7 г/дм³)

Плотность ультразвуковой энергии, Вт/см ³	Время, с	Удельный расход энергии, Дж/г	ΔХПК, мгО ₂ /дм ³	ΔБПК ₅ , мгО ₂ /дм ³	ΔЛЖК мг/дм ³	ΔС, %
3,15	5	998	413	230	180	0,3
	30	5992	2398	1630	366	9,8
	60	11924	3743	1945	580	11,4
	90	17977	4293	2130	762	12
	120	23069	4683	2380	976	13,1
4,70	5	1490	913	800	214	2,3
	30	8941	3263	2320	427	12,5
	60	17882	4163	2480	702	13,4
	19	26823	5123	2890	884	14,4
	120	35764	6083	2830	1128	15,4
6,30	5	1997	1423	1120	274	4,8
	30	11985	3863	2162	518	10,6
	60	23970	4713	2530	945	15,6
	90	35954	5193	2780	1067	15,5
	120	47939	6223	2840	1312	15,6



- 1 – плотность ультразвуковой энергии 3,15 Вт/см³;
 2 – плотность ультразвуковой энергии 4,70 Вт/см³;
 3 – плотность ультразвуковой энергии 6,30 Вт/см³

Рисунок 1. – Зависимость изменения прироста ХПК фильтрата сырого осадка (С – 15,7 г/дм³) от удельного расхода энергии на ультразвуковую обработку

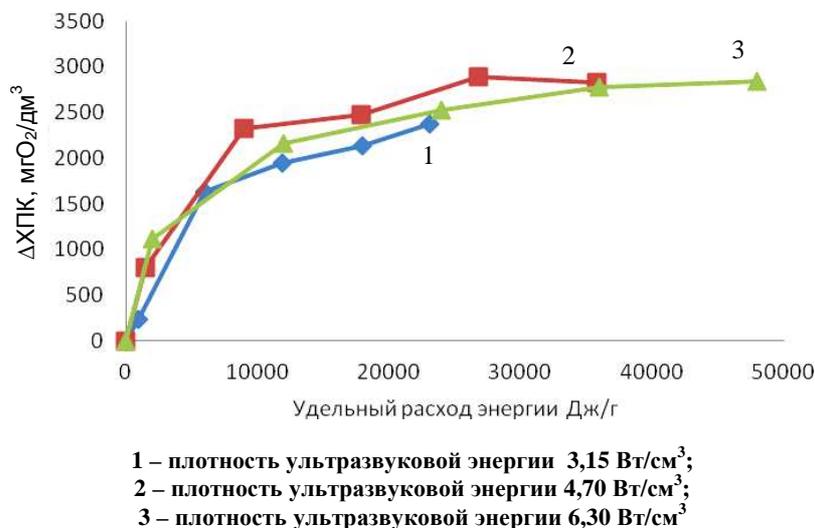


Рисунок 2. – Зависимость прироста БПК фильтрата сырого осадка ($C = 15,7 \text{ г/дм}^3$) от удельного расхода энергии на ультразвуковую обработку

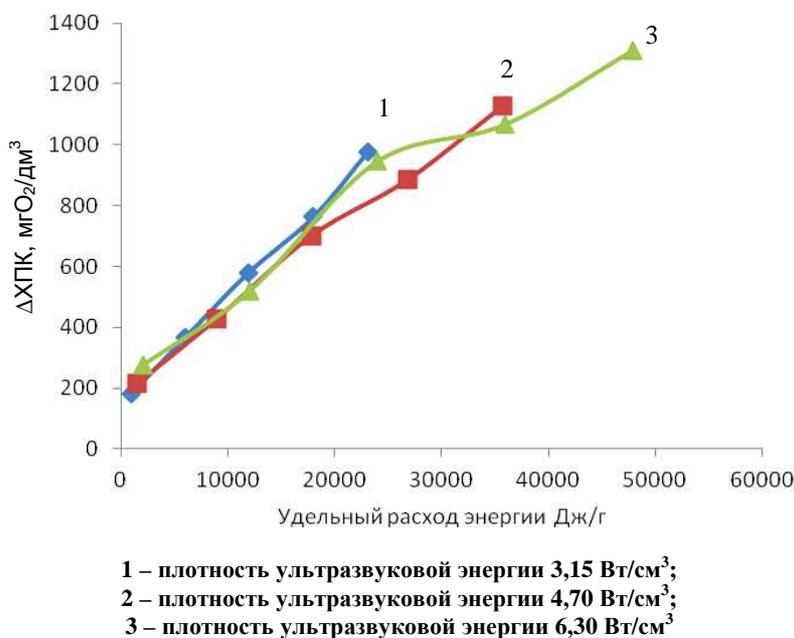


Рисунок 3. – Зависимость прироста ЛЖК фильтрата сырого осадка ($C = 15,7 \text{ г/дм}^3$) от удельного расхода энергии на ультразвуковую обработку

Увеличение содержания ЛЖК в жидкой фазе сырого осадка пропорционально увеличению удельного расхода энергии на обработку (рисунок 3), которое коррелирует с показателем БПК₅, особенно на начальном этапе обработки.

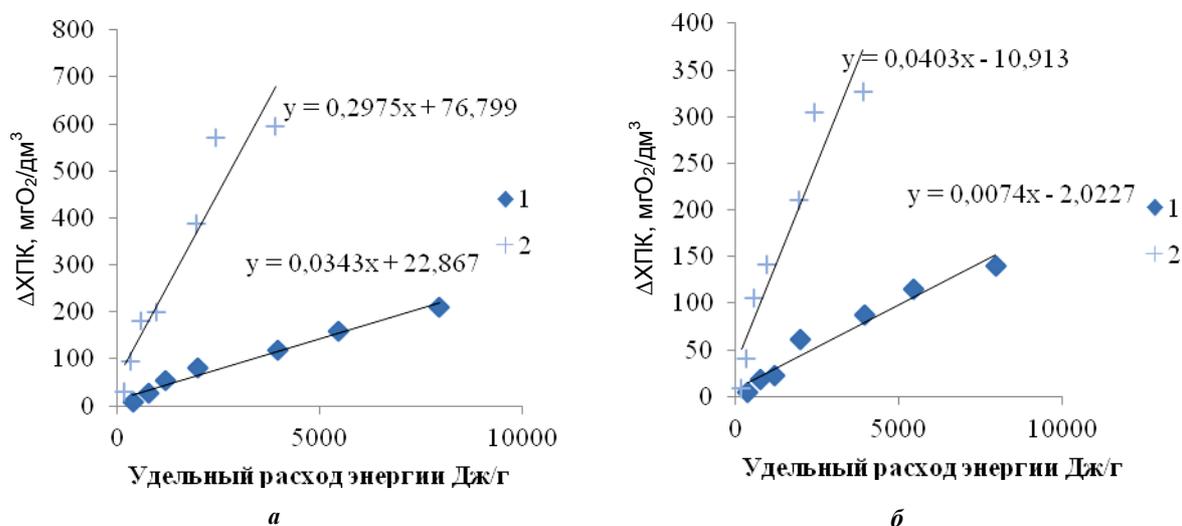
При воздействии на активный ил и сырой осадок ультразвуком в большинстве случаев целесообразно использовать акустические колебания с использованием гидродинамического излучателя, что позволяет более точно дозировать затраты энергии и время обработки для достижения желаемого результата. Гидродинамический излучатель способен излучать акустические колебания в частотном диапазоне от 3 до 35 кГц с интенсивностью 1,5–10 Вт/см².

Преимущества магнестрикционного и гидродинамического излучателей:

- низкая стоимость получаемой акустической энергии;
- простота конструкции и эксплуатации;
- струя жидкости приводит к интенсивному перемешиванию осадка.

Обработка сырого осадка на установке с гидродинамическим излучателем проводилась с использованием образцов осадков с содержанием сухих веществ 15,7 и 31,8 г/дм³.

Зависимость прироста ХПК жидкой фазы от удельного расхода энергии при обработке сырого осадка в исследуемом диапазоне концентраций носит линейный характер, что видно из рисунка 4.



1 – концентрация сырого осадка 15,7 г/дм³; 2 – концентрация сырого осадка 31,8 г/дм³

Рисунок 4. – Зависимость прироста ХПК фильтрата сырого осадка С – 31,8 г/дм³(а), С – 15,7 г/дм³(б) от удельного расхода энергии на ультразвуковую обработку на установке циркуляционного типа с гидродинамическим излучателем

УЗ-обработка сырого осадка с использованием гидродинамического излучателя циркуляционного типа также обеспечивает увеличение содержания ЛЖК в жидкой фазе, которое составило для осадка концентрацией 15,7 г/дм³ до 1312 мг/дм³ и концентрацией 31,8 г/дм³ до 2150 мг/дм³. При использовании гидродинамического излучателя в режиме циркуляции сырого осадка увеличивается содержание в жидкой фазе летучих жирных кислот, эквивалентное выдержке сырого осадка в течение 2–4 суток в анаэробных условиях.

Кроме выхода растворимых органических веществ из осадка в воду, сырой осадок уплотняется, уменьшается содержание органических веществ, уменьшается влажность, значительно снижается интенсивность запаха.

Сравнение результатов ультразвукового воздействия на сырой осадок и на уплотненный (избыточный) активный ил при одинаковых удельных энергозатратах с увеличением концентрации как избыточного активного ила, так и сырого осадка наблюдается прирост содержания ХПК, БПК₅. Для фильтрата избыточного активного ила с использованием магнитоотрицательного излучателя во всем диапазоне концентраций прирост ХПК носит линейный характер. Для фильтрата сырого осадка наблюдается значительное увеличение прироста ХПК с увеличением плотности ультразвуковой энергии и продолжительности обработки. Так, при плотности ультразвуковой энергии 6,30 Вт/см³ и концентрации избыточного активного ила 16,3 г/дм³, сырого осадка 15,7 г/дм³ в фильтрат переходит 6,4% и 15,5% твердой фазы избыточного активного ила и сырого осадка соответственно. С использованием плотности ультразвуковой энергии 3,15 Вт/см³ для тех же концентраций в фильтрат переходит 2% твердой фазы избыточного активного ила и 13,1% твердой фазы сырого осадка.

Анализ фильтрата избыточного активного ила после ультразвуковой обработки на установке с гидродинамическим излучателем свидетельствует о том, что при сравнимых удельных энергозатратах переход в жидкую фазу твердых частиц в виде растворенных соединений менее выражен.

Зависимость прироста содержания ХПК и ЛЖК жидкой фазы от удельных энергозатрат при ультразвуковой обработке сырого осадка на установке с гидродинамическим излучателем в исследуемом диапазоне концентраций носит линейный характер и оказывает более «мягкое» воздействие.

Заключение. Фазовый и вещественный состав сырого осадка значительно отличается от активного ила. При сопоставимом содержании загрязняющих веществ в твердой фракции рост содержания ХПК, БПК₅ для сырого осадка несколько меньше, но вклад растворенных веществ в эти показатели значительно больше.

Увеличение содержания ЛЖК в жидкой фазе сырого осадка пропорционально увеличению удельного расхода энергии, которое коррелирует с содержанием БПК₅, особенно на начальном этапе обработки. При использовании гидродинамического излучателя в режиме циркуляции сырого осадка увеличивается содержание в жидкой фазе летучих жирных кислот, эквивалентное выдержке сырого осадка в течение 2–4 суток. Легкоокисляемые органические вещества, извлеченные в процессе ультразвукового воз-

действия на сырой осадок, выделяющиеся в жидкую фазу и добавленные в очищаемые сточные воды, поступающие в аэротенки, улучшают окислительные свойства активного ила, следовательно, улучшают процессы денитрификации и дефосфотации, способствуют улучшению флокулирующих свойств (иловый индекс уменьшается на 20–27%).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ультразвук. Маленькая энциклопедия / И.П. Голямина [и др.] ; под ред. И.П. Голямина. – М. : Сов. энцикл., 1979. – 400 с.
2. Жмур, Н.С. Технологические и биохимические процессы очистки сточных вод на сооружениях с аэротенками / Н.С. Жмур. – М. : АКВАРОС, 2003. – 507 с.
3. Жмур, Н.С. Преферментация как метод улучшения свойств активного ила и интенсификации процесса глубокого извлечения из сточных вод соединений азота и фосфора / Н.С. Жмур. – М. : АКВАРОС, 2014. – 24 с.
4. Головнёв, И.Э. Влияние концентрации иловых суспензий на результаты ультразвуковой обработки осадка / И.Э. Головнёв, В.Н. Марцуль // Вестник Полоц. гос. ун-та. Серия F, Строительство. Прикладные науки. – 2019. – № 8.
5. Головнёв, И.Э. Использование ультразвуковой обработки для интенсификации и повышения эффективности биологической очистки сточных вод и улучшения свойств сырого осадка / И.Э. Головнёв, В.Н. Марцуль // Вестник Полоцкого гос. ун-та. Серия В, Промышленность. Прикладные науки. – 2019. – № 3. – С. 129–136.

Поступила 10.10.2019

THE POSSIBILITY OF USING THE ULTRASONIC TREATMENT OF RAW DEPOSIT OF THE PRIMARY RESERVOIRS OF THE URBAN SEWAGE SYSTEM

I. GOLOVNEV

Studies have been carried out on the possibility of using ultrasonic effects on raw sludge to increase the efficiency of wastewater treatment and reduce the environmental load of pollutants. We used ultrasonic emitters: magnetostrictive and hydrodynamic circulation type. The phase and material composition of the raw sludge is significantly different from activated sludge. With a comparable content of pollutants in the solid fraction, the increase in the content of BOD, COD for crude sludge is slightly less, but the contribution of soluble substances to these indicators is much larger. It was determined that the influence of ultrasonic energy (vibrations) on the raw sludge under anaerobic conditions promotes the extraction of soluble and easily oxidizable organic substances, which are the most valuable and scarce raw materials for feeding activated sludge. The increase in the content of readily oxidized fatty acids in the liquid phase of the crude sludge is proportional to the increase in specific energy consumption, which correlates with BOD, especially at the initial stage of processing.

Keywords: *crude sludge, ultrasonic treatment, phase composition, wastewater treatment.*