

УДК 574.635 + 574.64

А.К. Гулидова<sup>1</sup>, доц. канд. биол. наук А.В. Игнатенко<sup>2</sup> Ignatenko\_av@tut.by (<sup>1</sup>КУП ВКХ «Оршаводоканал», <sup>2</sup>БГТУ, г. Минск)

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕТОКСИКАЦИИ СТОЧНЫХ ВОД Г. ОРШИ ИЗБЫТОЧНЫМ АКТИВНЫМ ИЛОМ**

Повышение эффективности очистки сточных вод и использование осадков очистных сооружений являются актуальными эколого-биотехнологическими задачами, решение которых позволяет не только защитить окружающую среду от загрязнений, но и получить биологически ценные удобрения [1].

Очистные сооружения г. Орши занимают площадь 48 га и имеют проектную мощность 57 тыс. м<sup>3</sup> /сутки. Ежегодно образуется порядка 12 600 т осадков, которые в настоящее время не используются. Одной из причин этого является присутствие в сточных водах повышенных концентраций тяжелых металлов (ТМ) и их накопление в активном иле (АИ), что приводит с одной стороны к его гибели и снижению эффективности работы очистных сооружений, а с другой стороны не позволяет использовать избыточный АИ в качестве удобрений.

Для снижения уровня загрязненности избыточного активного ила ТМ нами был предложен биосорбционно-биокоагуляционный способ детоксикации сточных вод путем использования части АИ для удаления ТМ из сточных вод в первичном отстойнике [2].

Цель данной работы – проверка эффективности удаления ТМ из сточных вод очистных сооружений г. Орши при их биосорбционно-биокоагуляционной детоксикации.

В работе использовали: анализатор «Флюорат -02-3М», спектрофотометр СФ-16, рН-метр Hanna 211, центрифугу Hettich модель ЕВА-2, микроскоп ЛОМО ЕС Р11, аналитические весы Sartorius CPA225D, мембранную установку Ключ-М и мембранные фильтры.

Объектами исследования служили сточные воды (СВ) и осадки (ОСВ) очистных сооружений г. Орши.

Отбор проб СВ и ОСВ проводили в соответствии с НВН 33-5.3.01-85, ПНД Ф 12.1;2;2.2;2.3.2-03.

Определение содержания взвешенных веществ осуществляли гравиметрическим методом, путем их выделения из пробы фильтрованием воды через мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм и взвешиванием ОСВ на фильтре после его высушивания до постоянной массы.

БПК и ХПК сточных вод измеряли по ПНД Ф 14.1;2;3;4.123-97 и ПНД Ф 14.1:2:4.190-03.

Определение содержания ТМ в СВ и ОСВ проводили флуориметрическим методом. Для анализа растворимых форм ТМ усредненные пробы воды фильтровали через мембранный фильтр (0,45 мкм). Подготовку проб СВ и ОСВ к мокрому озолению и измерение содержания цинка, меди, никеля, железа, хрома проводили в соответствии с МВИ «Флюорат-02-3М».

При анализе ОСВ усредненные пробы делили на три части: одну часть использовали для определения влажности, вторую – для оценки содержания ТМ, третью – для биотестирования проб.

Образцы высушивали до воздушно-сухого состояния. После этого готовили из них вытяжку при соотношении твердая фаза : водная среда 1:4–1:10. В качестве водной фазы использовали среду Лозино-Лозинского (для биотестирования) или азотную кислоту (для определения ионов ТМ). Смесь перемешивали на мешалке в течение 7–8 ч и оставляли на ночь для отстаивания, после чего определяли содержание ТМ в надосадочной жидкости флуориметрическим методом.

Суммарный индекс токсичности СВ оценивали параметром  $X_{токс}$ , определяемым суммой отношений концентраций ТМ ( $C_i$ ) к их ПДК<sub>*i*</sub>:

$$X_{токс} = \sum C_i / ПДК_i \quad (1)$$

Для биосорбционно-биокоагуляционной детоксикации СВ первичного отстойника в нее добавляли АИ в соотношении АИ : СВ = 1:50 – 1:4 и после седиментации частиц пробы СВ фильтровали через мембранный фильтр 0,45 мкм и анализировали методом биотестирования.

В качестве тест-культуры при оценке токсичности СВ и ОСВ использовали микроводоросль *Euglena gracilis* из коллекции кафедры биотехнологии и биоэкологии БГТУ.

Влияние токсичных веществ на тест-культуру клеток *E. gracilis* характеризовали индексом токсичности (ИТ) сточных вод, определяемым по изменению относительной скорости движения клеток:

$$ИТ = \left(1 - \frac{V}{V_k}\right) \cdot 100 (\%), \quad (2)$$

где  $V$ ,  $V_k$  – средние скорости движения клеток в анализируемом и контрольном образцах [3].

На первом этапе работы был проведен анализ показателей загрязненности СВ на входе и выходе очистных сооружений г. Орши. Полученные результаты приведены в табл. 1. Как видно из табл. 1, в СВ г. Орши на входе очистных сооружений наблюдается высокое содержание взвешенных веществ, нефтепродуктов, отдельных ТМ, а на выходе – повышенное содержание нефтепродуктов.

**Таблица 1 – Среднегодовые показатели загрязнения СВ очистных сооружений г. Орши**

№ пп	Наименование загрязняющих веществ	Концентрация, мг/дм <sup>3</sup>						ПДК для о/с
		вход на очистные сооружения			выход с очистных сооружений			
		мин.	средняя	макс.	мин.	средняя	макс.	
1	рН	7,22	7,73	8,14	6,52	7,58	7,80	6,5-8,5
2	БПК <sub>5</sub>	150,2	178,4	202,0	10,6	16,4	20,0	20,0
3	ХПК	247,8	282,4	343,4	20,6	33,5	44,4	80,0
4	Взвешенные вещества	218,0	302,1	420,0	12,1	20,0	24,8	25,0
5	Нефтепродукты	3,16	4,78	6,14	0,24	0,30	0,35	0,12
6	Хром общий	<0,001	0,007	0,048	<0,001	<0,001	<0,001	0,005
7	Медь	0,197	0,238	0,302	0,004	0,007	0,009	0,012
8	Цинк	0,214	0,288	0,340	0,017	0,021	0,025	0,026
9	Железо	2,92	3,83	5,17	0,29	0,42	0,47	1,0
10	Никель	0,147	0,175	0,211	0,003	0,006	0,010	0,01

В табл. 2 приведены результаты анализа содержания ТМ и биотестирования токсичности СВ г. Орши на разных стадиях их очистки.

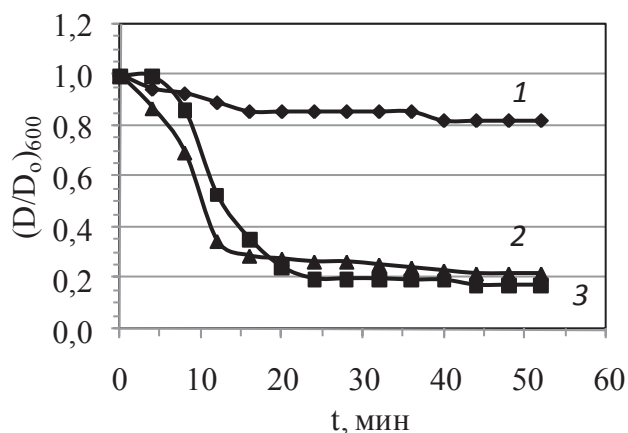
**Таблица 2 – Концентрации ТМ и индексы токсичности СВ г. Орши на разных стадиях их очистки**

Место отбора проб	Концентрация, мг/дм <sup>3</sup>				$X_{токс.}$ ед. ПДК	ИТ, %
	Медь	Никель	Цинк	Хром общий		
Вход на о/с	0,225 ±0,032	0,178 ±0,016	0,311 ±0,023	0,017 ±0,002	65,5 ± 7,2	42,6 ± 3,2
Выход из первичного отстойника	0,010 ±0,003	0,114 ±0,034	0,129 ±0,022	0,009 ±0,002	26,2 ± 4,5	37,4 ± 2,1
Выход из аэротенка	0,008 ±0,002	0,006 ±0,003	0,033 ±0,005	<0,001	2,6 ± 0,9	22,1 ± 1,2
Выход со вторичного отстойника	0,007 ±0,002	0,006 ±0,003	0,021 ±0,004	<0,001	2,0 ± 0,8	9,8 ± 0,7

Из полученных результатов следует, что значительная доля ТМ находится в связанном состоянии и удаляется после 2 ч седиментации в первичных отстойниках. Вместе с тем индекс токсичности СВ по данным метода биотестирования меняется незначительно, что указывает на то, что токсичность СВ связана с водорастворимой фракцией ТМ. В соответствии с [2] СВ, поступающие на очистные сооружения г. Орши относятся к среднетоксичным. Для повышения эффективности очистки СВ от ТМ был использован способ их биосорбционно-биокоагуляционной детоксикации [2].

На рис. 1 приведены результаты анализа влияния АИ на осаждение частиц СВ первичного отстойника. Как видно из рис. 1, седиментация частиц лучше протекает при добавлении АИ в соотношении

1:9. ОСВ хорошо уплотняется и улучшается процесс гравитационного отстаивания взвешенных частиц.



1 – вода из первичного отстойника без АИ; 2 – вода из первичного отстойника с АИ (1:4); 3 – вода из первичного отстойника с АИ (1:9)

**Рисунок 1 – Кинетика изменения  $(D/D_0)_{600}$  сточных вод от времени осаждения частиц**

Результаты анализа токсичности СВ после их детоксикации АИ приведены в табл. 3. Как видно из табл. 3, добавка АИ снижает токсичность СВ с 42,9 % до 15,2% ,что характеризует их как низкотоксичные.

**Таблица 3 – Характеристика детоксикации СВ активным илом в первичном отстойнике**

Наименования показателей	Значения показателей			
	0:1	1:50	1:9	1:4
Соотношение АИ:СВ				
Индекс токсичности СВ, %	42,9 ± 3,1	37,4 ± 2,9	17,6 ± 1,8	15,2 ± 1,3

Таким образом, использование избыточного АИ в первичном отстойнике снижает токсичность СВ, поступающих в аэротенк, в 2–3 раза, что позволяет повысить эффективность их очистки и уменьшить загрязненность избыточного АИ тяжелыми металлами.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Пахненко, Е. П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения. Учебное пособие / Е. П. Пахненко. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. – 311 с.

2 Игнатенко, А.В. Биосорбционно-биокоагуляционная детоксикация сточных вод микроорганизмами активного ила // Труды БГТУ. № 4. Химия, технология орган. в-в и биотехн. 2015. С. 262–266.

3 Сазановец, М. А., Игнатенко, А. В. Анализ детоксикации водных сред методом биотестирования // Труды БГТУ. № 4. Химия, технология орган. в-в и биотехн. 2014. С. 179–182.