

хлорида натрия и максимальная эффективность ингибирования среди исследованных пигментов отмечены для образцов, содержащих фосфаты никеля, цинка, хрома (III), меди (II), которые благодаря своей высокой комплексообразующей способности являются хорошими анодными ингибиторами коррозии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Антикоррозионные неорганические пигменты на основе фосфатов переходных металлов / В.А. Ашуйко, Н.П. Иванова, О.И. Салычиц, О.С. Волынец // Материалы 3-го Респуб. научно-технич. семинара «Создание новых и совершенствование действующих технологий и оборудования нанесения гальванических и их замещающих покрытий», Минск, 5–6 декабря 2013 г. – Минск, 2013. – С. 108–111.

2. Иванова, Н.П. Коррозия и защита металлов: лаб. практикум / Н.П. Иванова, И.М. Жарский. – Минск: БГТУ, 2007. – 94 с.

3. Ашуйко, В.А. Получение никельсодержащих пигментов осаждением из отработанных электролитов никелирования / В.А. Ашуйко, И.Н. Кандидатова, Л.Н. Новикова // Труды БГТУ. Химия и технология неорган. в-в. – 2015. – № 3. – С. 127–131.

4. Изучение антикоррозионных свойств малорастворимых соединений цинка, выделенных из отработанных растворов гальванических производств / И.Н. Кандидатова, Н.П. Иванова, Л.Н. Новикова, В.А. Ашуйко // Труды БГТУ. Химия и технология неорган. в-в. – 2016. – № 3. – С. 69–73.

5. Получение окрашенных соединений меди из отработанных электролитов меднения и изучение возможности их использования в качестве антикоррозионных пигментов / В.А. Ашуйко, Н.Е. Акулич, Н.П. Иванова, И.Н. Кандидатова // Свиридовские чтения; сб. ст. / БГУ; редкол.: О.А. Ивашкевич [и др.] – Минск, 2016. – Вып. 12. – С. 40–46.

УДК 628.38 + 504.064.4: 579.63

О.И. Матус (РУП ЖКХ, г. Сморгонь);

А.В. Игнатенко, доц., канд. биол. наук (БГТУ, г. Минск)

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЯ ОСАДКОВ СТОЧНЫХ ВОД

Обеззараживание является одним из ключевых процессов обработки осадков сточных вод (ОСВ), позволяющим обеспечить их безопасность по санитарно-бактериологическим, паразитологическим показателям и возможность дальнейшего применения в качестве удобрений [1].

Существующие методы контроля эффективности обеззараживания ОСВ отличаются повышенной длительностью и трудоемкостью, что вызывает необходимость их совершенствования.

Целью данной работы является разработка экспресс-метода контроля обеззараживания и безопасности ОСВ.

В работе использовали ОСВ очистных сооружений РУП «ЖКХ» г. Сморгони. Анализ микробиологических и паразитологических показателей выполняли в лаборатории очистных сооружений г. Сморгони. Биокалориметрические измерения проводили на кафедре биотехнологии и биоэкологии БГТУ.

Санитарно микробиологические и паразитологические исследования осадков осуществляли в соответствии с МУК 4.2.1884-04 [2]. Анализировали содержание в осадках яиц гельминтов (ЯГ) по методу Романенко Н.А. [3], общее количество мезофильных аэробных и факультативно анаэробных микроорганизмов (КМАФАнМ), общее количество колиформных (КБ) и термотолерантных колиформных бактерий (ТКБ) методом посева в агаризованные питательные среды [2].

Для паразитологических исследований ОСВ влажностью 99–97% предварительно обезвоживали центрифугированием 5 мин при 1000 об./мин. Надосадочную жидкость сливали и промывали осадок дистиллированной водой 2 раза и один раз 3%-ным раствором щелочи. После промывания к осадку добавляли 3–5 г чистого песка, тщательно перемешивали и анализировали на ЯГ [3].

Для санитарно-микробиологических исследований использовали метод десятикратных разведений образцов в лактозопептонной среде. Посевы инкубировали 24 ч в термостате при $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$. Из образцов, где было отмечено помутнение, образование кислоты и газа, проводили высев на среды Эндо. Посевы инкубировали при $(37 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 16–18 ч и подсчитывали число лактозо (+) колоний. Для идентификации бактерий готовили фиксированные мазки и проводили их микроскопирование, окрашивание по Граму, проверку на оксидазный тест. При оксидазо (+) результате теста вычисляли наиболее вероятное число КБ и ТКБ.

Химическую обработку ОСВ осуществляли с помощью негашеной извести. Для этого к массе ОСВ влажностью 95–96% добавляли 15% CaO, выдерживали в течение 0,5–1 ч.

СВЧ деконтаминацию ОСВ проводили в закрытой емкости в СВЧ печи Samsung CE935GR при $f = 2450$ МГц, $P = 180\text{--}900$ Вт, $t = 0\text{--}2$ мин, контролируя температуру ОСВ после СВЧ обработки.

Контроль за степенью обеззараживания ОСВ проводили высевом разведений образцов на стерильные питательные среды, с после-

дующим культивированием микроорганизмов в термостате при 30⁰С в течение 3 сут., а также биокалориметрическим методом.

Биокалориметрические измерения ОСВ проводили с помощью микрокалориметра МКМ-Ц [4]. Образцы ОСВ (m = 1 г) заправляли в рабочую ячейку микрокалориметра и измеряли мощность тепловыделения микроорганизмов в стационарном режиме при 30⁰С.

Эффективность обеззараживания ОСВ определяли по формуле:

$$\Xi = \left(1 - \frac{P_t}{P_0} \right) \cdot 100\% , \quad (1)$$

где P₀, P_t – показатели содержания или мощности тепловыделения микроорганизмов до и после обеззараживания, соответственно.

Полученные данные обрабатывали статистически, используя программное обеспечение Microsoft Excel.

Основная задача санитарно-микробиологического и паразитологического исследований на водоочистных сооружениях – проверка эффективности очистки и обеззараживания сточных вод (СВ) и ОСВ. Для этого определяют показатели: КМАФАнМ, КБ и ТКБ [2, 3].

Результаты санитарно-микробиологического анализа ОСВ очистных сооружений г. Сморгони приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Санитарно-микробиологический анализ ОСВ г. Сморгони

Степень разведений для посева	Рост на лактозо-пептонной среде	Рост на среде Эндо	Оксидазный тест	Рост на среде с лактозой		Средние значения показателей, КОЕ/г	
				37 ⁰ С	44 ⁰ С	КБ	ТКБ
0,1	+	+	+	+	+	7000±500	2400±300
0,01	+	+	+	+	+		
0,001	+	+	+	+	-		
0,0001	+	-	-	-	-		

Примечание: (+,-) – наличие и отсутствие роста и цветной реакции

Показатели КБ и ТКБ характеризуют степень фекального загрязнения СВ и ОСВ и обладают индикаторной надежностью в отношении возбудителей бактериальных кишечных инфекций. К преимуществам оценки КБ, ТКБ относится также постоянное выделение их в окружающую среду в больших количествах, относительная простота выявления и стабильность биохимических признаков. Вместе с тем, методы контроля безопасности СВ и ОСВ длительны, трудоемки и требуют большого расхода вспомогательных материалов и дополнительного оборудования. Длительность контроля безопасности СВ и ОСВ по микробиологическим показателям составляет 3-е сут, по показателю содержания ЯГ 4–6 ч. В этой связи актуален поиск более

эффективных методов анализа их безопасности.

Для проверки возможности использования биокалориметрии для контроля обеззараживания и микробиологической безопасности ОСВ была изучена кинетика тепловыделения микроорганизмов при химической и физической обработке ОСВ (рис. 1).

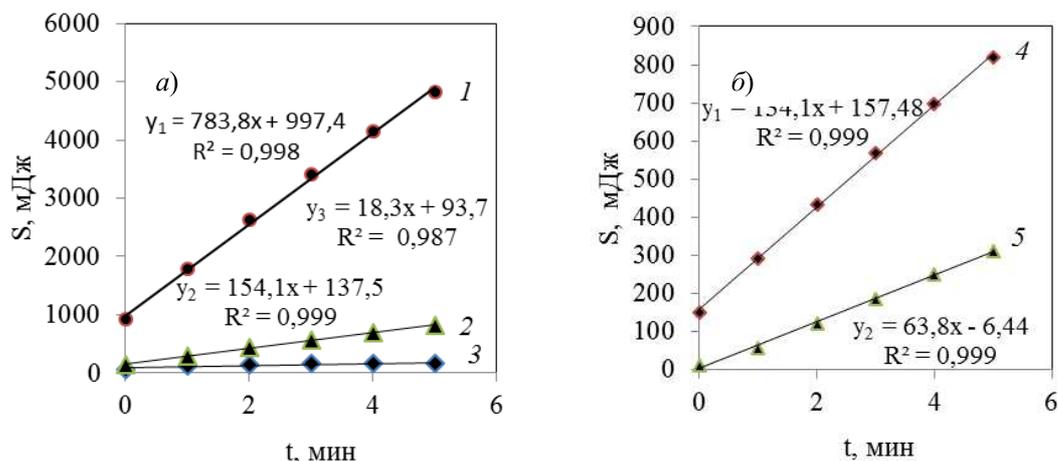


Рисунок 1 – Кинетика тепловыделения микроорганизмов в осадках сточных вод: а) 1 – без обработки; 2, 3 – СВЧ (P = 9 кВт/кг, t = 30 с и 60 с); б) 4 – CaO (15%, t = 30 мин), 5 – СВЧ (6 кВт/кг, 60 с).

Как видно из рисунка 1 а, б, после химической и СВЧ обработки мощность тепловыделения клеток в ОСВ значительно снижается, что указывает на их гибель.

Эффективность обеззараживания ОСВ по данным биокалориметрии составила для 15% CaO $\Theta = 82,8 \pm 3,0\%$, а для СВЧ (6 кВт/кг, 1 мин) – $91,8 \pm 2,4\%$. При увеличении удельной мощности СВЧ излучения до 9 кВт/кг – $\Theta = 97,7 \pm 2,8\%$.

В табл. 2 приведены результаты оценки показателей КМАФАнМ, ЯГ в ОСВ очистных сооружений г. Сморгони до и после СВЧ обработки по данным арбитражных методов и метода биокалориметрии.

Паразитологическим критерием оценки эффективности обеззараживания ОСВ является гибель ЯГ, достигаемая при 70°C. При СВЧ обработке 0,01 кВт·ч/кг температура нагрева ОСВ составляла 82°C, что обеспечивало полную гибель ЯГ и снижение КМАФАнМ на 79,8% по данным метода посева и на 82,1% по результатам биокалориметрии. Показания КМАФАнМ и биокалориметрии хорошо коррелируют между собой. Учитывая более высокую устойчивость КМАФАнМ к термообработке по сравнению с ЯГ, это позволяет контролировать безопасность ОСВ методом биокалориметрии и сократить длительность анализов с 3-х сут. до 30 мин.

**Таблица 2 - Показатели безопасности ОСВ г. Сморгони
до и после СВЧ обработки**

Показатели	Средние значения показателей		
	до СВЧ обработки	после СВЧ обработки, кВт·ч/кг	
		0,05	0,10
КМАФАнМ, КОЕ·10 ⁵ /г	104 ± 31	60 ± 20	21 ± 3
Мощность тепловыделения, мкВт/г	780,5 ± 24,3	346,3 ± 29,1	139,6±9,2
Яйца гельминтов, экз. на 1 кг	10 ± 2	7±1	отсутствие

В результате выполненной работы установлено, что СВЧ обработка является эффективным способом обеззараживания ОСВ, а метод биокалориметрии является быстрым, точным методом анализа жизнеспособности микроорганизмов, позволяющим в течение 30 минут провести анализ эффективности обеззараживания ОСВ и оценить их микробиологическую и паразитологическую безопасность при низких трудозатратах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пахненко, Е. П. Осадки сточных вод и другие нетрадиционные органические удобрения: учебн. пособие / Е. П. Пахненко. – М.: БИНОМ: Лаборатория знаний, 2013. – 311 с.
2. МУК 4.2.1884-04. Методы контроля. Биологические и микробиологические факторы. Санитарно-микробиологический и санитарно-паразитологический анализ воды поверхностных водных объектов. Методические указания" (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 03.03.2004) (ред. от 23.12.2010).
3. МУК 4.2.796-99. Методы санитарно-паразитологических исследований. Методические указания. (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 22.12.1999).
4. Игнатенко, А. В. Микробиологические, органолептические и визуальные методы контроля качества пищевых товаров. Микрокалориметрия: Лабораторный практикум / А. В. Игнатенко, Н. В. Гриц. – Минск: БГТУ, 2003. – 114 с.