

ОСОБЕННОСТИ СБОРА, ОТВЕДЕНИЯ И ОЧИСТКИ ГАЗОВ ОТ ВОЗДУШНО-КАПЕЛЬНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В УСЛОВИЯХ ПЕРЕКРЫТЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ КАНАЛИЗАЦИИ

© 2023 С.В. Старовойтов¹, Н.В. Кондакова², Н.Б. Бондаренко³, Е.Г. Цурикова³

¹ Ростовский государственный университет путей сообщения, г. Ростов-на-Дону, Россия

² Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск, Россия

³ Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Россия

Статья поступила в редакцию 05.07.2023

Аэрозоли, содержащие микроорганизмы, вирусы и повышенные концентрации загрязняющих веществ, выделяющиеся из сточных вод в атмосферу, представляют серьезную угрозу для здоровья и безопасности людей. Целью данного обзора является детализация процессов генерации, передачи и диффузии аэрозолей от объектов очистки сточных вод. Кроме того, обсуждаются основные факторы, влияющие на передачу аэрозоля, и соответствующие стратегии профилактики борьбы с воздушно-капельными и ингаляционными биоаэрозолями.

Ключевые слова: очистные сооружения канализации, дурнопахнущие вещества, биоаэрозоли, воздух рабочей зоны, очистка газов.

DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-4-163-170

EDN: SNLHFH

ВВЕДЕНИЕ

Очищаемые сточные воды в системах канализации содержат большое количество и разнообразие дурнопахнущих веществ, таких как сероводород, соединения углерода, водорода и серы, летучие органические соединения, а также микроорганизмов – вирусы, бактерии, грибы и простейшие, распространение которых поддерживается наличием водяного аэрозоля и повышенной влажностью [1-3].

Аэрозоли, образующиеся на очистных сооружениях, пагубно влияют на сотрудников, а также на людей, проживающих поблизости. Заболеваниями сотрудников, являющимися последствием нахождения на очистных сооружениях, являются заболевания верхних дыхательных путей, кожного покрова, желудочно-кишечного тракта, слизистых оболочек, глаз, аллергия, а также физический недуг. На фоне физических и химических факторов, оценка биологических рисков затруднена, поскольку требуется комплексная оценка воздействия пагубных факторов, но методики

совокупной оценки воздействия всех факторов и их соотношения в рабочей зоне КОС пока отсутствуют [4]. Ингаляционное воздействие и прямой контакт являются двумя основными путями, которые приводят к возникновению заболеваний, вызванных биоаэрозолем у работников ОСК.

От вредных газообразных компонентов применяется очистка газов полыми распылительными и насадочными адсорберами [5-7], а для очистки вентиляционных выбросов из перекрытых очистных сооружений с учетом простоты эксплуатации применяются насадочные абсорберы (рисунок 1) [8-9].

Ученые Университета Северной Каролины в Чапел-Хилле (штат Северная Каролина, США) провели исследования структуры системы очистки сточных вод [10], а также поведения и живучести найденных вирусов.

Проведенный в работе [11] литературный обзор описывает факторы риска заражения сотрудников КОС гепатитом А.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Главными критериями по определению токсичности биоаэрозолей являются их концентрация, состав и дисперсность. Тяжелые заболевания легких вызываются проникновением через слизистые оболочки дыхательных путей респираторных частиц диаметром менее 5 мкм. Более мелкие частицы биоаэрозолей размером до 0,03 мкм могут включать и грибки, проникающие более глубоко в тело и вызывающие больший риск заболеваний [12].

Старовойтов Сергей Вадимович, кандидат технических наук, доцент кафедры теплоэнергетики на железнодорожном транспорте.

E-mail: se.starovoytov@yandex.ru

Кондакова Надежда Валерьевна, аспирант кафедры водного хозяйства, инженерных сетей и защиты окружающей среды. E-mail: kondakova.nadya.v@yandex.ru

Бондаренко Никита Борисович, аспирант.

Цурикова Елена Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения и водоотведения. E-mail: tsurikova-eg@mail.ru



Рис. 1. Насадочный плёночный абсорбер.

<http://hydrogas.ru/images/pages/nestandartnoe/scrubber/skrubber.jpg>

Исследования по определению качественного и количественного состава биоаэрозолей зоны КОС проводятся достаточно редко – в случае жалоб на здоровье сотрудников, жалоб жильцов рядом расположенных домов, либо в рамках научных проектов [13-16]. Причины ограничений связаны, главным образом, со следующими критериями:

- относительно высокие затраты на инструментальные анализы бактериальных и грибковых токсинов;

- небольшой штат технического персонала со специальным образованием и допуском к лабораторным анализам;

- отсутствие общепринятых критериев оценки воздействия совокупности факторов на здоровье работников;

- очень малое число КОС, заинтересованных (или обязанных осуществлять) комплексный экологический мониторинг загрязняющих воздух веществ и биоаэрозолей в рабочей зоне.

Доля загрязнений и их видовое разнообразие зависит от условий эксплуатации очистных сооружений и рода сточных вод [17-19]. Основными факторами образования аэрозолей на очистных сооружениях являются аэрация и механическое перемешивание очищаемых стоков. Влияние режима аэрации на характеристики аэ-

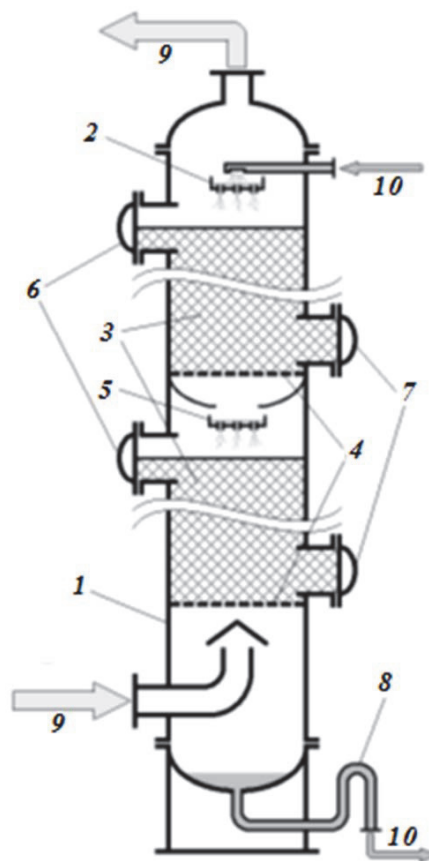


Рис. 2. Схема насадочного плёночного абсорбера:

- 1 – корпус; 2 – распределительная тарелка;
- 3 – сегменты насадки; 4 – опорные решётки;
- 5 – перераспределительные тарелки;
- 6 – люки для загрузки насадки;
- 7 – люки для выгрузки насадки;
- 8 – гидрозатвор; 9 – жидкость; 10 – газ.

<https://studfile.net/preview/6658339/page:9/>

розолья рассмотрено в работе специалистов Научно-исследовательского центра экологических наук Китайской академии наук (Пекин, Китай), где использовались мелкодисперсная пузырьковая аэрация и горизонтальная роторная аэрация на нескольких очистных сооружениях сточных вод для установления влияния на эмиссию, химический и микробиологический состав отходящих газов.

Для бактерий, грибов, *Enterobacteriaceae* и *Pseudomonas aeruginosa* в аэрозолях горизонтальная роторная аэрация имела более высокий вклад в выбросы, чем мелкодисперсная пузырьковая аэрация [20-24]. Горизонтальная аэрация генерировала более крупную фракцию (размер > 7 мкм.). При горизонтальной роторной аэрации образуется больше видов потенциальных патогенов. Наиболее легко аэрозолизуемыми родами, образующимися при горизонтальной роторной аэрации и мелкопузырчатой аэрации, были *Trichosporon* и *Mycobacterium*. Для Cl⁻, SO₄²⁻, NO₃⁻, Zn, Ba, Cd, Sc, V, Rb, Ca, K, Ca, K, Mg,

Na и Si в аэрозолях вклад мелкопузырчатой аэрации был выше, чем вклад горизонтальной роторной аэрации [25].

Для снижения риска воздействия аэрозолей на различных режимах процесса аэрации следует применять целенаправленные технологические манипуляции. В условиях перекрытых очистных сооружений, во избежание распространения аэрозолей и безопасности персонала в рабочей зоне сбор и очистка аэрозолей должны выполняться непосредственно от источника выделения. Удаление загрязненного воздуха осуществляется системой вентиляции через местные отсосы. Данный метод позволяет снизить техногенную нагрузку на воздух населенных мест, однако, здоровье рабочего персонала перекрытых ОСК подвергается риску. Также рекомендуется устанавливать в зоне воздействия газоанализаторы-сигнализаторы для своевременного оповещения персонала в случае повышения концентраций загрязняющих веществ в воздухе [26].

В процессе абсорбции обрабатываемый газ соприкасается с потоком жидкости, и газовые компоненты переходят в жидкую (растворяющую) фазу, в которой они растворимы. Физическое поглощение газа или компонентов газовой смеси в жидком растворителе включает массоперенос на границе раздела газ – жидкость и массоперенос внутри фаз. Это зависит от растворимости газа и условий эксплуатации (например, давления и температуры).

Насадочные пленочные абсорберы имеют корпус в виде колонны круглого сечения, заполненной насадкой - твердыми телами различной формы, размещенной слоями на опорных решетках. Между слоями установлены перераспределительные тарелки. Газ поступает в нижнюю часть корпуса и движется вверх через насадки, омываемые тонким слоем жидкости, таким образом, что фазы протекают встречно [27].

Эффективное управление потоками жидкого растворителя с помощью насадочных элементов в насадочных колоннах важно для увеличения площади межфазной границы газ-жидкость и скорости массопереноса между газом и жидкостью. Управление межфазными потоками с помощью насадочных элементов является одним из ключевых конструктивных факторов в насадочных колоннах [28].

Насадки распределяют пленки жидкости, создавая при этом более развитую поверхность контакта фаз. Подбор насадочных элементов осуществляется с учетом условий применения, однако они должны отвечать ряду критериев: иметь достаточную поверхность для смачивания, малый удельный вес и сохранять при этом прочность; быть химически стойкими к воздействию газа и жидкого растворителя; обладать низкой себестоимостью.

По способу заполнения колонны загрузкой различают: в укладку, то есть располагают правильными рядами; навалом (произвольно насыпают). Загруженные в укладку насадки (регулярные) обладают меньшим гидравлическим сопротивлением, однако имеют более высокие требования в техническом обслуживании.

При расчете абсорберов обычно задаются следующие параметры: расход газа, его начальная и конечная концентрация (или задается степень извлечения σ), начальная концентрация абсорбента. Основные величины, которые необходимо определить, – расход абсорбента, диаметр и высота абсорбера, его гидравлическое сопротивление [29].

В качестве примера, для оценки эффективности, рассмотрены очистные сооружения хозяйственно-бытовых сточных вод «Суворовские», проектная производительность которых составляет 10 000 м³/сут, которые обслуживают жилой микрорайон в северной части города Ростов-на-Дону (рисунок 2).

Технологическая схема очистки воды соответствует современным требованиям и включает следующие этапы: первая ступень – механическая очистка; вторая – биологическая очистка воды с нитри-денитрификацией. Биологически очищенные сточные воды подвергаются двухступенчатой доочистке в процессе улавливания мелких частиц микроситами и песчаными фильтрами. На заключительном этапе производится УФ обеззараживание очищенных сточных вод, затем выпуск их в реку Темерник, водоем рыбохозяйственного назначения.

Сравнительный технико-экономический расчет удаления загрязнений газовой воздушной смеси перекрытых КОС выполнен для двух вариантов: 1 – удаление загрязнений газами осуществляется системой вентиляции; 2 – сбор и очистка газов осуществляется через адсорбер; 3 – сбор и очистка газов осуществляется в биофильтре с загрузкой из смеси биогумуса и коры лиственницы.

Исходные данные для проектирования:

Проектируемый объект: аэротенк очистных сооружений канализации.

- Район строительства – город Ростов-на-Дону.
- Широта - 47°

- Источником теплоснабжения для системы вентиляционной установки проектируемого объекта являются наружные тепловые сети. Теплоноситель – вода с параметрами 90-70 °С.

1. Площадь аэротенка, 100 м²

2. Объем аэротенка, 500 м³,

3. Интенсивность аэрации в аэротенках, 5 м³/м²*час в соответствии с допустимыми пределами интенсивности аэрации, таблицы 42 и 43 СНиП /1/: 5-20 м³/м²*час. Объем газов за 1 час аэрации $W = 5 \times 100 = 500 \text{ м}^3$. ПДК в рабочей зоне

очистных сооружений по SO_2 (менее $10,0 \text{ мг/м}^3$) и формальдегиду (менее $0,5 \text{ мг/м}^3$) были достигнуты через 30 минут очистки газа в биофилт্রে, т. е., время пребывания газов в биофилт্রে составляет 30 минут. Установленные закономерности очистки газов сохраняются в течение двух месяцев наблюдений, то есть их можно считать достоверными и принимать в создании производственных установок. За 30 минут (0,5 часа) пребывания выделяющихся газов из аэротенка и поступающих в биофилтър при контакте с загрузкой составит $(500/2) - 250 \text{ м}^3/\text{час}$.

4. Поглощение O_2 в аэротенке (за 7 часов) - 2450 г. При $p(\text{O}_2) = 0,00142897 \text{ г/см}^3$, объем поглощаемого O_2 в аэротенке $V(\text{O}_2) = 0,24 \text{ м}^3/\text{ч}$. Данная величина мала, в дальнейших расчетах ей можно пренебречь.

Удаление газовой смеси системой вентиляции

Для расчета системы вентиляции, расход воздуха определяется по избыткам теплоты, влаги и массе выделяемых вредных веществ. Объем влаги, выбрасываемой в виде аэрозолей с поверхности аэрируемых бассейнов, определяют по формуле.

$$H_{\text{исп}} = 11,6 \times (E_1 - e_o) \times B \times t, \quad (1)$$

где $H_{\text{исп}}$ - слой испарения за месяц, мм;

11,6 - коэффициент, учитывающий удельную всасывающую атмосферу в мм/мбар × мес;
 E_1 - максимальная упругость водяных паров при заданной температуре поверхности воды, мбар;
 e_o - парциальное давление водяного пара в воздухе, определяемое по формуле

$$e_o = \mu \times E_1 / 100, \quad (2)$$

где μ - относительная влажность воздуха, %;
 B - коэффициент, учитывающий силу ветра, $B = 1 + 0,134V_b$;
 V_b - средняя скорость ветра, м/с (за месяц);
 t - расчетное время испарения, мес.

Расчет проведен с условием отсутствия ветра ($V_b < 0,05$).

$$H_{\text{исп}} = 11,6 \times (39,7 - 29,8) \times 1 \times 1 = 0,115 \text{ м},$$

$$e_o = 75 \times 39,7 / 100 = 29,78 \text{ мбар}$$

Таким образом, выброс влаги равен $0,016 \text{ м}^3/\text{ч}$. Расход воздуха рассчитывается по формуле (3):

$$L = \frac{m}{\rho \times (d_{\text{yx}} - d_{\text{пр}})}, \quad (3)$$

m - избыток влаги в помещении, г/ч,

ρ - плотность воздуха, $1,2 \text{ кг/м}^3$;

d_{yx} - влагосодержание удаляемого воздуха, (г/кг);

$d_{\text{пр}}$ - влагосодержание приточного воздуха, (г/кг).

$$m = V \times \rho = 0,016 \times 995,68 = 15930 \text{ г/ч};$$

$$L = \frac{15993}{1,2 \times (21,7 - 16,9)} = 2776,6 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$L_{\text{общ}} = L + L_{\text{аэрац}} = 2776,6 + 250 = 3026,6 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

В рабочей зоне участка производственного помещения принята механическая приточно-вытяжная система вентиляции. Воздухообмен организуется таким образом, что исключает распространение воздушных масс из рабочей зоны по помещению. Для исключения возможности поступления загрязненного воздуха в соседние помещения, рекомендуется обеспечивать подпор воздуха. Воздухораспределительные устройства системы вытяжной вентиляции располагается на высоте 3 метров от поверхности аэротенка. Забор вытяжного и распространение приточного воздуха осуществляется при помощи воздухораспределительных диффузоров и решеток.

Сбор и очистка газов осуществляется через адсорбер

Рассмотрена возможность использования адсорбера для сбора и очистки газов для сокращения затрат на систему вентиляции. Диаметр аппарата можно определить из выражения:

$$D = \sqrt{\frac{4V}{\pi w_o}} = \sqrt{\frac{V}{0,785 w_o}}, \quad (4)$$

где w_o - фиктивная скорость газа при абсорбции, т.е. скорость, отнесенная к полному сечению аппарата, м/с; w_o - при высоте 3 м и времени пребывания 30 минут $w_o = 3/30 \times 60 = 0,0017 \text{ м/с}$, V - объемный расход газа через аппарат, $\text{м}^3/\text{с}$.



Рис. 3. Фото очистных сооружений хозяйственно-бытовых сточных вод «Суворовские»

$$V = 500 \text{ м}^3/\text{час} = 0,139 = 0.14 \text{ м}^3/\text{с}; (5)$$

$$D = \frac{\sqrt{0.14}}{0.785} * 0.017 = \sqrt{10,5} = 3,24 \text{ м.}$$

Таким образом, для очистки газовых выбросов от вентиляции перекрытых очистных сооружений сточных вод приняты два абсорбера (один – резервный) размерами – диаметр D = 3,5 м, высота H = 3 м. Подачу газа в абсорбер ведется системой вентиляционных местных отсосов, работающей круглосуточно в течение года.

Сбор и очистка газов осуществляется в биофильтре с загрузкой из смеси биогумуса и коры лиственницы

Рассмотрена альтернативная возможность очистки удаляемых газов путем использования биофильтра с биогумусом для очистки выбросов диоксида серы и формальдегида из аэротенка перекрытых КОС. Экспериментально установлено удаление до норм ПДК диоксида серы и формальдегида из газовой смеси перекрытых очистных сооружений сточных вод с аэротенками на модели биофильтра с фракционированной загрузкой из смеси коры мелкой фракции и биогумуса.

С учетом специфики монтажа и эксплуатации разработана производственная установка [30]. Поскольку конструктивно установка представляет биофильтр с загрузкой из биогумуса, требуется обоснование и дополнение существующей методики расчета применительно к газовой фазе перекрытых очистных сооружений сточных вод. Основным отличием от известных технологических и технических решений биофильтров является «рабочий» материал загрузки и место размещения установки.

Интенсивность вентиляции биофильтров также зависит от высоты слоя фильтрующей загрузки, размеров ее зерен и высоты междудонного пространства. Чем мельче загрузка, тем хуже условия вентиляции.

Анализ полученных результатов позволяет получить характеристические показатели биофильтров для режима очистки газов:

- тип загрузки – смесь из коры («маленькая» 10 – 20 мм (объем пор – 57,1 %) и биогумуса;
- процентное соотношение загрузки: кора 55%; биогумус 45%;
- скорость воздушного потока в биофильтре 0,1 м/с.
- режим увлажнения загрузки: 1 раз в неделю в объеме 2 м³ (при Q = 80 л/ мин в течение 25 минут),

Исходя из установленной удельной скорости окисления, высота слоя загрузки биофильтра – 2 м. Размеры биофильтра в плане принимаются в зависимости от компоновки очистных сооружений. Принят круглый в плане. Таким образом диаметр биофильтра равен $D = ((62, 5^*4)/3.14)^{1/2} = 8.9 \text{ м}$. Исходя из удобств эксплуатации и резервирования приняты 2 рабочих биофильтра диаметром 4,5 м каждый. На высоте 0,2 м от дна по периметру устраиваются вентиляционные окна для забора выделяющихся газов 200x400мм. через 400мм., которые оборудуются зонтичными направляющими [31].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Помимо достижения нормативов по диоксиду серы и формальдегиду к преимуществам применения данного биофильтра можно отнести:

- отсутствие образование отходов, требующих специальной обработки;
- биомасса по истечению срока эксплуатации подвергается компостированию вместе с фильтрующим материалом;
- низкая себестоимость инвестиций, а также низкие эксплуатационные расходы.

Для определения экономических показателей был произведен расчет экономической эффективности удаления загрязнений газовой смеси рабочей зоны перекрытых КОС с использованием биофильтра.

1. Суммарное годовое потребление электроэнергии на систему вентиляции на КОС составит (14892 + 79920) 94812 кВт.

Таблица 1. Баланс затрат, связанных с удалением загрязнений газовой смеси рабочей зоны перекрытых КОС

Название продукта	Цена	Источник
Биогумус	10 рублей/литр	https://metarhizin.ru/biohumus/
Кора лиственницы мелкой фракции	245 рублей/60 литров	https://rostov-na-donu.kopa.pf/
Стоимость двух биофильтров - 200000 рублей.		
Стоимость двух абсорберов (с учетом средств на систему вентиляции)	300000 рублей	https://izhevsk.tiu.ru/c1393458-npo-tsentr-shv.html

2. При стоимости 1 кВт электроэнергии для промышленности в 2022 г. в г. Ростове - на - Дону 5, 95 руб/кВт расходы на КОС составят (94812 x 5.5) 564131 рубль.

3. Итого суммарные затраты на систему вентиляции газоздушную смеси от перекрытых сооружений равны (300000 + 521 466) 864131 рубль.

ВЫВОДЫ

Таким образом, для КОС с расходом 4800 м³/сут экономический эффект от применения био-фильтров в сравнении с абсорберами составляет (821466 – 200000) – 621 466 рублей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ринчинова, О.Ж. Урбоэкологические особенности планировочной структуры города / О.Ж. Ринчинова // Вестник Бурятского государственного университета. Биология. География. – 2010. – № 4 - С. 60 – 66. DOI 10.18101.
2. Holm N. C. Diversity and Structure of Nephromicrobium Populations in a Sewage Treatment Plant and Its Adjacent Receiving Lake / N. C. Holm, C. G. Gliesche, P. Hirsch // Applied and Environmental Microbiology. – 1996. – Vol. 62, N 2. – P. 522–528. DOI 10.1128.
3. Horaginamani, S., & Ravichandran, M. Ambient air quality in an urban area and its effects on plants and human beings: a case study of Tiruchirappalli, India. Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology, 6(2), - p. 13-19.
4. Iriti M., Faoro F. Chemical diversity and defence metabolism: how plants cope with pathogens and ozone pollution // International journal of molecular sciences. – 2009. – Т. 10. – №. 8. – P. 3371-3399.
5. Biggs, A.R. & Davis, D.D. (1980). Stomatal response of three birch species Exposed to varying acute doses of SO₂ [Электронный ресурс]. <https://library.umac.mo/ebooks/b28109740.pdf> (дата обращения 10.01.2023).
6. Law Y. et al. Nitrous oxide emissions from wastewater treatment processes // Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2012. – Т. 367. – №. 1593. – P. 1265-1277.
7. Widiana D. R. et al. Source apportionment of air pollution and characteristics of volatile organic compounds in a municipal wastewater treatment plant, North Taiwan // Aerosol and Air Quality Research. – 2017. – Т. 17. – №. 11. – P. 2878-2890.
8. Lin S. et al. Biological sulfur oxidation in wastewater treatment: a review of emerging opportunities // Water research. – 2018. – Т. 143. – P. 399-415. DOI: 10.1016/j.watres.2018.06.051
9. Kyung D. et al. Estimation of greenhouse gas emissions from a hybrid wastewater treatment plant // Journal of Cleaner Production. – 2015. – Т. 95. – P. 117-123.
10. Daelman M. R. J. et al. Influence of sampling strategies on the estimated nitrous oxide emission from wastewater treatment plants // Water research. – 2013. – Т. 47. – №. 9. – P. 3120-3130.
11. Daelman M. R. J. et al. Seasonal and diurnal variability of N₂O emissions from a full-scale municipal wastewater treatment plant // Science of the Total Environment. – 2015. – Т. 536. – P. 1-11.
12. Yang K. et al. Airborne bacteria in a wastewater treatment plant: emission characterization, source analysis and health risk assessment // Water research. – 2019. – Т. 149. – P. 596-606.
13. Carlos Augusto de Lemos Chermicharo, Richard Michael Stuetz, Cláudio Leite Souza, Gilberto Caldeira Bandeira de Melo Alternatives for the control of odorous emissions in anaerobic reactors treating domestic wastewater // Eng Sanit Ambient. - jul/set 2010. - № v.15 n.3. - P. 229-236.
14. Европейский стандарт EN 13725 «Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry».
15. Brancher M. et al. A review of odour impact criteria in selected countries around the world // Chemosphere. – 2017. – Т. 168. – P. 1531-1570.
16. Sánchez-Monedero M. A. et al. Effect of the aeration system on the levels of airborne microorganisms generated at wastewater treatment plants // Water Research. – 2008. – Т. 42. – №. 14. – С. 3739-3744.
17. Iwasaki, Y., Odor Pollution Control for Various Odor Emission Sources in Japan. Japan: East Asia Workshop on Odor Measurement and Control Review, 2004, pp: 145-152.
18. Byliński H., Gębicki J., Namieśnik J. Evaluation of health hazard due to emission of volatile organic compounds from various processing units of wastewater treatment plant // International journal of environmental research and public health. – 2019. – Т. 16. – №. 10. – P. 1712.
19. Teixeira J. V. et al. Multidrug-resistant Enterobacteriaceae from indoor air of an urban wastewater treatment plant // Environmental monitoring and assessment. – 2016. – Т. 188. – № 7. – P. 1-7.
20. Дубинин, С.В. Применение мягких оболочечных конструкций для очистки сточных вод с точки зрения геоэкологической безопасности / С.В. Дубинин, Т.В. Михайлова // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2017. – № 6. – С.149-153. – DOI: 10.26730/1999-4125-2017-6-157-161.
21. Патент № 2102106 С1 Российская Федерация, МПК В01D 3/22. Массообменная колонна с плавающей насадкой: № 96117802/25: заявл. 09.09.1996: опубл. 20.01.1998 / И. П. Слободяник.
22. Yildirim Ö. et al. Reactive absorption in chemical process industry: A review on current activities // Chemical engineering journal. – 2012. – Т. 213. – P. 371-391. DOI: 10.1016/j.cej.2012.09.121.
23. Ветошкин, А.Г. Процессы инженерной защиты окружающей среды (теоретические основы) / А.Г. Ветошкин. – Пенза. Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2004. – 325 с.
24. Пат. 202794 Российская Федерация, МПК В01D 53/84 (2006.01). Биофильтр для очистки воздуха от загрязняющих и неприятно пахнущих летучих веществ [Текст] / Серпокрылов Н.С., Кондакова Н.В., Мозгунова А.А., Белоусова В.Ю., Гаврилина Ю.А., – № 2020138622, заявл. 25.10.2020; опубл. 05.03.2021, бюл. № 7.
25. Kadir ULUTAŞ, Hakan PEKEY, Selami DEMİR, Faruk DİNÇER. Determination of odor levels in wastewater treatment plants by olfactometric method // Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi. – 2017. – №19. – P. 867-877.

FEATURES OF COLLECTION, REMOVAL AND PURIFICATION OF GASES FROM AIRBORNE POLLUTANTS IN THE CONDITIONS OF BLOCKED SEWAGE TREATMENT PLANTS

© 2023 S.V. Starovoytov¹, N.V. Kondakova², N.B. Bondarenko³, E.G. Tsurikova³

¹ Rostov State Transport University (RSTU), Rostov-On-Don, Russia

² Platov South Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk, Russia

³ Don State Technical University, Rostov-On-Don, Russia

Aerosols containing microorganisms, viruses and elevated concentrations of pollutants released from wastewater into the atmosphere pose a serious threat to human health and safety. The purpose of this review is to detail the processes of generation, transmission and diffusion of aerosols from wastewater treatment facilities. In addition, the main factors affecting aerosol transmission and the corresponding prevention strategies for combating airborne and inhaled bioaerosols are discussed.

Keywords: sewage treatment plants, foul-smelling substances, bioaerosols, working area air, gas purification.

DOI: 10.37313/1990-5378-2023-25-4-163-170

EDN: SNLHFH

REFERENCES

1. *Rinchinova, O.Zh.* Urboekologicheskie osobennosti planirovochnoj struktury goroda/O.Zh. Rinchinova// Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya. Geografiya. – 2010. – №. 4 - S. 60 – 66. DOI 10.18101.
2. *Holm N. C.* Diversity and Structure of Hyphomicrobium Populations in a Sewage Treatment Plant and Its Adjacent Receiving Lake / N. C. Holm, C. G. Gliesche, P. Hirsch// Applied and Environmental Microbiology. – 1996. – Vol. 62, N 2. – P. 522–528. DOI 10.1128.
3. *Horaginamani, S., & Ravichandran, M.* Ambient air quality in an urban area and its effects on plants and human beings: a case study of Tiruchirappalli, India. Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology, 6(2), – s. 13-19.
4. *Iriti M., Faoro F.* Chemical diversity and defence metabolism: how plants cope with pathogens and ozone pollution //International journal of molecular sciences. – 2009. – T. 10. – №. 8. – S. 3371-3399.
5. *Biggs, A.R. & Davis, D.D.* (1980). Stomatal response of three birth species Exposed to varying acute doses of SO₂ [Elektronnyj resurs]. <https://library.umac.mo/ebooks/b28109740.pdf> (data obrashcheniya: 10.01.2019).
6. *Law Y. et al.* Nitrous oxide emissions from wastewater treatment processes //Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences. – 2012. – T. 367. – №. 1593. – S. 1265-1277.
7. *Widiana D. R. et al.* Source apportionment of air pollution and characteristics of volatile organic compounds in a municipal wastewater treatment plant, North Taiwan //Aerosol and Air Quality Research. – 2017. – T. 17. – №. 11. – S. 2878-2890.
8. *Lin S. et al.* Biological sulfur oxidation in wastewater treatment: a review of emerging opportunities // Water research. – 2018. – T. 143. – S. 399-415. DOI: 10.1016/j.watres.2018.06.051
9. *Kyung D. et al.* Estimation of greenhouse gas emissions from a hybrid wastewater treatment plant //Journal of Cleaner Production. – 2015. – T. 95. – S. 117-123.
10. *Daelman M. R. J. et al.* Influence of sampling strategies on the estimated nitrous oxide emission from wastewater treatment plants //Water research. – 2013. – T. 47. – №. 9. – S. 3120-3130.
11. *Daelman M. R. J. et al.* Seasonal and diurnal variability of N₂O emissions from a full-scale municipal wastewater treatment plant //Science of the Total Environment. – 2015. – T. 536. – S. 1-11.
12. *Yang K. et al.* Airborne bacteria in a wastewater treatment plant: emission characterization, source analysis and health risk assessment //Water research. – 2019. – T. 149. – S. 596-606.
13. *Carlos Augusto de Lemos Chernicharo, Richard Michael Stuetz, Claudio Leite Souza, Gilberto Caldeira Bandeira de Melo* Alternatives for the control of odor emissions in anaerobic reactors treating domestic wastewater // Eng Sanit Ambient. - jul/set 2010. - № v.15 n.3. - S. 229-236.
14. *Evropejskij standart EN 13725 «Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry».*
15. *Brancher M. et al.* A review of odour impact criteria in selected countries around the world //Chemosphere. – 2017. – T. 168. – S. 1531-1570.
16. *Sanchez-Monedero M. A. et al.* Effect of the aeration system on the levels of airborne microorganisms generated at wastewater treatment plants //Water Research. – 2008. – T. 42. – №. 14. – S. 3739-3744.
17. *Iwasaki, Y.,* Odor Pollution Control for Various Odor Emission Sources in Japan. Japan: East Asia Workshop on Odor Measurement and Control Review, 2004, pp: 145-152.
18. *Bylinski H., Gebicki J., Namiesnik J.* Evaluation of health hazard due to emission of volatile organic compounds from various processing units of wastewater treatment plant //International journal of environmental research and public health. – 2019. – T. 16. – №. 10. – S. 1712.
19. *Teixeira J. V. et al.* Multidrug-resistant Enterobacteriaceae from indoor air of an urban wastewater treatment plant //Environmental monitoring and assessment. – 2016. – T. 188. – №. 7. – S. 1-7.
20. *Dubinin, S.V.* Primenenie myagkih obolochechnyh konstrukcij dlya ochistki stochnyh vod s tochki zreniya geoekologicheskoy bezopasnosti / S.V.

- Dubinin, T.V. Mihajlova // Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2017. – № 6. – S.149-153. –DOI: 10.26730/1999-4125-2017-6-157-161.
21. Patent № 2102106 C1 Rossijskaya Federaciya, MPK B01D 3/22. Massoobmennaya kolonna s plavayushchej nasadkoj: № 96117802/25: zayavl. 09.09.1996: opubl. 20.01.1998 / I. P. Slobodyanik.
22. *Yildirim O. et al.* Reactive absorption in chemical process industry: A review on current activities // Chemical engineering journal. – 2012. – T. 213. – S. 371-391. DOI: 10.1016/j.cej.2012.09.121.
23. *Vetoshkin, A.G.* Processy inzhenernoj zashchity okruzhayushchej sredy (teoreticheskie osnovy) / A.G. Vetoshkin. – Penza. Izd-vo Penz. gos. un-ta, 2004. – 325 s.
24. Pat. 202794 Rossijskaya Federaciya, MPK B01D 53/84 (2006.01). Biofil'tr dlya ochistki vozduha ot zagryaznyayushchih i nepriyatno pahnushchih letuchih veshchestv [Tekst]/ Serpokrylov N.S., Kondakova N.V., Mozgunova A.A., Belousova V.YU., Gavrilina YU.A., –№ 2020138622, zayavl. 25.10.2020; opubl. 05.03.2021, byul. № 7.
25. *Kadir ULUTAS, Hakan PEKEY, Selami DEMIR, Faruk DINCER.* Determination of odor levels in wastewater treatment plants by olfactometric method // Dokuz Eylul Universitesi Muhendislik Fakultesi Fen ve Muhendislik Dergisi. - 2017. - №19. - S. 867 – 877.

Sergey Starovoytov, Candidate of Technics, Thermal Power Engineering in Railway Transport.

E-mail: se.starovoytov@yandex.ru

Nadezhda Kondakova, Graduate Student, Water Management, Engineering Networks and Environmental Protection. E-mail: kondakova.nadya.v@yandex.ru

Nikita Bondarenko, Graduate Student.

Elena Tsurikova, Candidate of Technics, Water supply and Sanitation. E-mail: tsurikova-eg@mail.ru