

## Влияние очистных сооружений сточных вод на окружающую среду в результате выброса вредных веществ в атмосферу

*Н.В. Кондакова*

*Южно-Российский Государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И.Платова г. Новочеркасск*

**Аннотация:** Эмиссия загрязняющих веществ от объектов систем водоотведения стала темой повышенного интереса, учитывая ее значительное влияние на общий климатический след очистных сооружений. В данной работе изложены сравнительные данные в области мониторинга качества воздуха на территории станций очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод за рубежом и в России. Рассмотрен вопрос влияния запахов на здоровье человека. Предлагаются практические примеры контроля дурнопахнущих выбросов. Представлен краткий обзор научных трудов по темам, связанным с газообразными выбросами от систем водоотведения. Приведены экспериментальные исследования количеств конкретных компонентов газовой смеси над поверхностью сточной жидкости аэротенков канализационных очистных сооружений (КОС) города Новошахтинск, Ростовской области. На основе анализа полученных результатов рассмотрены технологии снижения количеств выбросов от объектов КОС.

**Ключевые слова:** мониторинг загрязнений воздуха, эмиссия, дурнопахнущие выбросы, диоксид серы, аэротенк.

За последние 30 лет проблемы предотвращения выбросов в атмосферу опасных и дурнопахнущих летучих веществ от объектов водоотведения активно обсуждаются на научно-практических конференциях.

Воздушно-капельные загрязняющие вещества, образующиеся при очистке сточных вод, могут оказывать неблагоприятное воздействие на здоровье работников и население близлежащих районов. При этом запахи также являются серьезной экологической проблемой, и вопрос об их негативном влиянии на здоровье человека по-прежнему является широко изучаемой и обсуждаемой темой. Некоторые исследования доказывают, что воздействие запахов может оказывать различное влияние на человека, начиная от эмоциональных стрессов, таких, как состояние тревоги, беспокойства или депрессии, и заканчивая физическими симптомами – раздражение носа, глаз и горла, головные боли, тошнота, диарея, рвота, кашель, нарушения сна и потеря аппетита [1, 2].

---

Определение влияния запаха является сложным процессом, поскольку потенциал запаха соединения зависит как от объективных аспектов, таких как летучесть и растворимость, так и от субъективных, таких как физиологические и психологические особенности рецептора. Кроме того, на интенсивность запахов существенно влияют такие условия окружающей среды, как температура, давление, относительная влажность воздуха, скорость и направление ветра.

Измерение выбросов запаха затруднено как на этапе отбора проб из-за большого количества производимых компонентов, так и во время анализа, поскольку данный вид загрязнения часто образуется смесью соединений, концентрация которых может быть меньше аналитического предела обнаружения [3]. Основные методы контроля над выбросом запаха осуществляется динамической ольфактометрией, электронным «носом» и отбором проб на абсорбирующих картриджах (с насосом или диффузионным). Их цель - объективировать субъективное ощущение и количественно оценить запах, выделяемый источником [4]. Европейский стандарт EN 13725 (2002) регламентирует, что динамическая ольфактометрия является эталонным методом для установления концентрации, интенсивности и качества запаха. Этот метод измеряет общее воздействие дурнопахнущих выбросов в европейских единицах измерения запаха ( $ouE/m^3$ ) и не идентифицирует конкретные химические вещества, ответственные за этот запах. В Российской Федерации действует ГОСТ Р 58578-2019, разработанный акционерным обществом "Научно-исследовательский институт охраны атмосферного воздуха" (АО "НИИ Атмосфера"), который соответствует европейскому стандарту.

В присутствии микроорганизмов в сточных водах происходят многочисленные метаболические процессы путем оксигенации или восстановления органических соединений до органических или

---

неорганических производных этих веществ. Эти процессы протекают в различных анаэробных и аэробных условиях, что приводит к снижению уровня питательных веществ в сточных водах путем интеграции соединений фосфора в структуру осадка. Из-за очень высокой биологической изменчивости активного ила различные метаболические превращения, происходящие в иле, могут привести к образованию весьма разнообразных вторичных смесей загрязняющих веществ, которые впоследствии выделяются из сточных вод в виде загрязненного газа.

В работе [5] представлен обширный обзор литературы по темам, связанным с газообразными выбросами от систем водоотведения. Рассмотрены основные загрязнители воздуха, образующиеся на различных стадиях технологии очистки сточных вод, включая микроорганизмы (бактерии и грибы), углекислый газ, оксид углерода,  $H_2S$ , аммиак, формальдегид, ароматические углеводороды (бензол, толуол и ксилол).

Значительное внимание уделяется вопросу выбросов парниковых газов (ПГ) – оксид азота ( $N_2O$ ), метан ( $CH_4$ ) и диоксид углерода ( $CO_2$ ) [6]. Исследование в области контроля над объемом выбросов ПГ в атмосферу на различных этапах очистки сточных вод описано в работах [7, 8]. Эксплуатация очистных сооружений канализации приводит к прямым выбросам ПГ в результате биологических процессов, а также косвенным выбросам в результате выработки энергии. В исследовании [9] обсуждаются и анализируются три возможных способа снижения выбросов: минимизация за счет изменения условий эксплуатации канализационных очистных сооружений (КОС), обработка газовых потоков и предотвращение путем применения новых конфигураций и процессов для удаления как органических веществ в сточной воде, так и загрязняющих атмосферу веществ.

---

Вид и количество загрязняющих веществ в воздухе варьируются в зависимости от типа сточных вод, эксплуатационных характеристиках и условий окружающей среды. Аэрация и механическое перемешивание являются основными движущими силами генерации аэрозолей на очистных сооружениях сточных вод. В связи с этим объектом для исследования являлся аппарат биохимической очистки сточной воды – аэротенк (табл. 1).

Экспериментальные исследования проводились в городе Новошахтинск, Ростовской области на станции по очистке сточных вод (рис. 1): - рыбохозяйственного комбината; - городской, хозяйственно-бытовой.

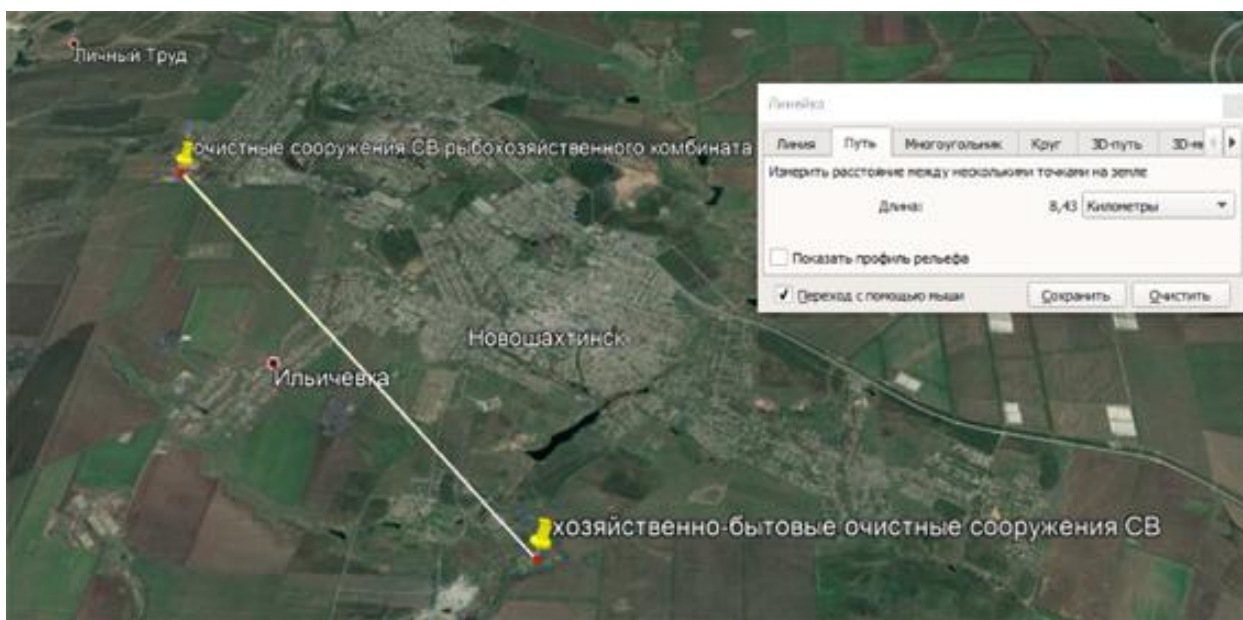


Рис. 1. Месторасположение объектов исследования относительно друг друга

Таблица 1

Основные параметры работы исследуемых объектов (аэротенков)

Станции по очистке сточных вод	Производительность, м <sup>3</sup> /сутки	Полезный объем сооружения (две секции), м <sup>3</sup>	Доза ила, г/л	Интенсивность аэрации, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> *ч
КОС рыбохозяйственного комбината	140	192	2,5	13
КОС городские, хозяйственно-бытового назначения	14800	6000	2,7	1,8

В основе эксперимента приведенная в методических рекомендациях по расчету количества загрязняющих веществ, выделяющихся в атмосферный воздух, от неорганизованных источников загрязнения станций аэрации сточных вод, типовая программа проведения инструментальных измерений содержания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе вблизи неорганизованных источников станции аэрации сточных вод (НИИ «Атмосфера»). Измерения осуществлялись над поверхностью водной глади аэротенков (в воздухе) на высоте 100 мм. Исследования проводились в летний период (июль), светлое время суток (12 часов дня) и при соблюдении схожих метеоусловий. За один цикл измерений анализировалось не менее 3 проб.

Измерения количеств конкретных компонентов газовой смеси осуществлялось при помощи газоанализатора «Геолан-1П» согласно его руководству по эксплуатации. Показатели параметров условия окружающей среды фиксировались прибором «Метеоскоп-М».

Измерения фоновых концентраций проводились на каждом объекте на границе санитарно-защитной зоны с подветренной стороны относительно аэротенков. Полученные фоновые значения ниже предельно допустимых концентраций в атмосферном воздухе.

На первом этапе исследования были зафиксированы параметры условий окружающей среды в шести контрольных точках над поверхностью водной глади аэротенков. В таблице 2 представлены максимальные, минимальные и средние значения по двум объектам.

Таблица 2

## Параметры условий окружающей среды

Показатель	Станция по очистке производственных сточных вод рыбокомбината			Хозяйственно-бытовые очистные сооружения		
	Мин.	Макс.	среднее	Мин.	Макс.	среднее
P, мм рт. ст.	756,1	756,1	756,1	757,3	757,3	757,3
V, м/с	0,9	1,6	1,1	0,5	1	0,7
Влажность, %	29,6	30,0	29,8	28,5	30	29
t, °C	30,7	31,7	31,4	29,9	31,2	30,7

Отбор проб осуществлялся с мостков над открытой частью сооружения ближе к центральной части в шести контрольных точках. В таблицах 3, 4 представлен средний результат из 3-х определений по каждому исследуемому компоненту.

Таблица 3

## Показатели эмиссии газов из аэротенков рыбокомбината

Показатель	Станция по очистке производственных сточных вод рыбокомбината					
	<i>Вход I секция</i>	<i>Середина I секция</i>	<i>Выход I секция</i>	<i>Вход II секция</i>	<i>Середина II секция</i>	<i>Выход II секция</i>
CO, мг/м <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0
NO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0
NO, мг/м <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0
SO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	15,0	14,7	14,8	14,9	14,8	14,8
H <sub>2</sub> S, (мг/м <sup>3</sup> )	1,880	1,877	1,878	1,881	1,878	1,879
НСНО, (мг/м <sup>3</sup> ) (формальдегид)	2,0	1,8	2,0	2,0	2,0	2,0
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> ОН (этанол), (мг/м <sup>3</sup> )	0	0	0	0	0	0

Таблица 4

Показатели эмиссии газов из аэротенков городских ОСК

Показатель	Хозяйственно-бытовые очистные сооружения					
	Вход I секция	Середина I секция	Выход I секция	Вход II секция	Середина II секция	Выход II секция
CO, мг/м <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0
NO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0
NO, мг/м <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0
SO <sub>2</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
H <sub>2</sub> S, (мг/м <sup>3</sup> )	0,012	0,013	0,013	0,014	0,013	0,012
HCHO, (мг/м <sup>3</sup> ) (формальдегид)	0	0	0	0	0	0
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH (этанол), (мг/м <sup>3</sup> )	0	0	0	0	0	0

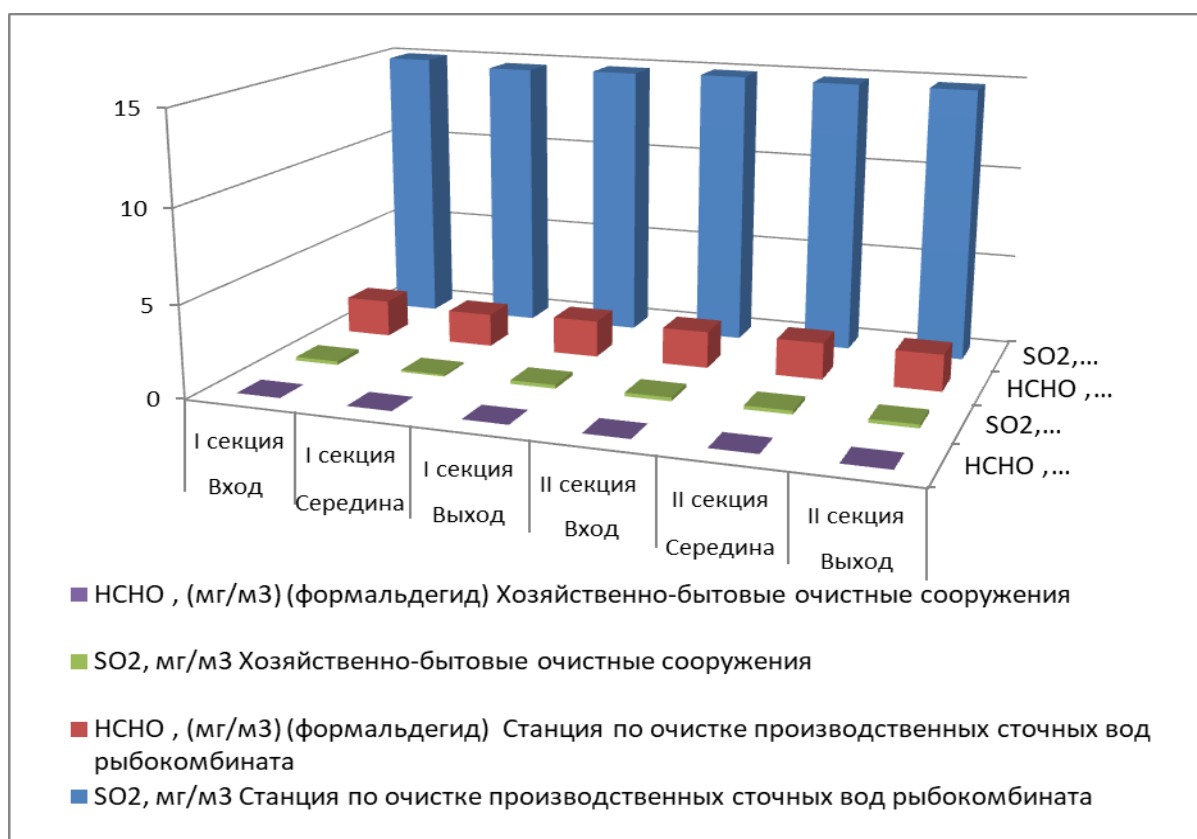


Рис. 2. Результаты проведения измерений (SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>CO мг/м<sup>3</sup>) эмиссии газов из аэротенков по двум объектам



Сравнительный анализ исследований по двум объектам КОС, расположенным на незначительном отдалении друг от друга, но имеющим ряд отличительных факторов (характер сточных вод, производительность) позволяет выделить общие типовые критерии при изучении состава газозвушной смеси и его последующей очистки.

Сообществу бактериальных штаммов, способных нейтрализовать определенные группы пахучих соединений, необходимо поддержание соответствующих условий в коридорах активного ила для сохранения желаемой популяции. Контроль и поддержание технологических условий, таких как рН, температура и степень аэрации, которые способствуют как очистке сточных вод, так и дезодорации, зачастую являются дорогостоящими. Однако данный способ является эффективной альтернативой, позволяющей решить проблему выделения загрязняющих веществ в атмосферу.

С целью снижения количеств выбросов от объектов КОС можно предпринять попытки, связанные с уменьшением биодоступности промоторов бактериальной продукции отдельных одорантов путем связывания их, например, с металлами, содержащимися в различных реагентах, которые направлены на улучшение процесса очистки сточных вод. В некоторых случаях необходимо использовать биологические методы очистки газа, а именно биофильтрацию или диффузию активным илом [10]. Применение указанных выше методов может привести к повышению эффективности всего процесса и снижению эксплуатационных затрат. Таким образом, для проектирования соответствующей системы, направленной на снижение негативного воздействия на атмосферу, важно определить и охарактеризовать выбрасываемые загрязняющие воздух вещества, вид которых зависит от функционирования очистных сооружений или технологической линии в пределах данного субъекта.

---



## Литература

1. Stuetz R. M., Frechen F. B. (ed.). Odours in wastewater treatment. – IWA publishing. 2001. 435 p.
2. Shusterman D. Critical review: the health significance of environmental odor pollution //Archives of Environmental Health: An International Journal. 1992. Т. 47. №. 1. pp. 76-87.
3. Орлов В.А., Саймуллоев А.В. и Мельник О.В. Изучение процесса появления дурно пахнущих запахов в канализационных сетях и анализ средств их удаления // Вестник МГСУ, 2020. № 15, Вып. 3. С. 409–431.
4. Giungato P. et al. Synergistic approaches for odor active compounds monitoring and identification: State of the art, integration, limits and potentialities of analytical and sensorial techniques //TrAC Trends in Analytical Chemistry. 2018. Т. 107. pp. 116-129
5. Shaw A. R., Koh S. H. Gaseous emissions from wastewater facilities //Water Environment Research. 2014. Т. 86. №. 10. pp. 1284-1296.
6. Гусева Т.В., Бегак М.В., Молчанова Я.П. Углеродный след коммунальных очистных сооружений: оценка, сокращение, сертификация// Техническое регулирование. 2012. №9-10. С. 48-54.
7. Gruber W. et al. N<sub>2</sub>O emission in full-scale wastewater treatment: Proposing a refined monitoring strategy //Science of The Total Environment. 2020. Т. 699. pp. 134-157
8. Серпокровлов Н. С., Земченко Г. Н., Вильсон Е. В. Эмиссия диоксида углерода в водном комплексе. Процессы очистки и транспортирования вод. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH. 2012. 289 с.
9. Campos J. L. et al. Greenhouse gases emissions from wastewater treatment plants: minimization, treatment, and prevention //Journal of Chemistry. 2016. pp. 1-13



10. Кондакова Н.В. Мозгунова А.А., Гаврилина Ю.А., Серпокрьлов Н.С. Оценка состояния воздуха рабочей зоны и выделяемых запахов в условиях крытых очистных сооружений // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2019. №4. С. 13-16.

### References

1. Stuetz R. M., Frechen F. B. (ed.). IWA publishing 2001. 435 p.
2. Shusterman D. Archives of Environmental Health: An International Journal. 1992. T. 47. №. 1. pp. 76-87.
3. Orlov V.A., Sajmullov A.V. i Mel`nik O.V. Vestnik MGSU, 2020. № 15, edition 3. pp. 409–431.
4. Giungato P. et al. nTrAC Trends in Analytical Chemistry. 2018. T. 107. pp. 116-129
5. Shaw A. R., Koh S. H. Water Environment Research. 2014. T. 86. №. 10. pp. 1284-1296.
6. Guseva T.V., Begak M.V., Molchanova Ya.P. Texnicheskoe regulirovanie. 2012. №9-10. pp. 48-54.
7. Gruber W. et al. Science of The Total Environment. 2020. T. 699. pp. 134-157
8. Serpokry`lov N. S., Zemchenko G. N., Vil`son E. V. E`missiya dioksida ugleroda v vodnom komplekse. Processy` ochistki i transportirovaniya vod [Carbon dioxide emissions in the water complex. Water treatment and transportation processes.]. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH. 2012. 289 p.
9. Campos J. L. et al. Journal of Chemistry. 2016. pp. 1-13
10. Kondakova N.V. Mozgunova A.A., Gavrilina Yu.A., Serpokry`lov N.S. Inzhenerno-stroitel`ny`j vestnik Prikaspiya. 2019. №4. pp. 13-16.