

УДК 504.054

А. А. Тихонова, И. В. Владимцева

Волгоградский государственный технический университет

ПОСТРОЕНИЕ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ДЛЯ СООРУЖЕНИЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД

Рассматриваются основные стадии и объекты процесса очистки сточных вод как источника загрязнения воздушной среды при его реализации. Авторами построена физическая модель процесса загрязнения воздушной среды, что позволило выявить наиболее перспективные направления для снижения загрязнения окружающей среды.

Ключевые слова: экологическая безопасность, негативное воздействие на окружающую среду, загрязнение атмосферы, сооружения очистки сточных вод.

Введение

Одной из основных проблем современного общества является сохранение безопасной среды обитания [1—5]. Во всем мире остро ощущается нехватка чистой питьевой воды, существует проблема загрязнения воздуха различными поллютантами. В ряде стран разрабатываются долгосрочные планы по уменьшению объемов воздействия на окружающую среду (ОС) [4—12]. В нашей стране одним из главных направлений «Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года» является улучшение состояния ОС, включая развитие и стимулирование инновационных и экологически чистых технологий, направленных на снижение негативного воздействия на ОС, развитие индустрии обработки и утилизации отходов. Система экологической безопасности объектов городского хозяйства сталкивается с рядом проблем, оказывающих негативное влияние на состояние ОС.

В большинстве населенных пунктов, расположенных на территории России, имеются очистные сооружения хозяйственно-фекальных сточных вод, которые могут выступать как источники образования опасных отходов.

Процесс очистки сточных вод состоит из ряда стадий, которые таят в себе опасность загрязнения ОС. При сборе и перекачивании сточных вод на насосных станциях образуются значительные объемы газообразных загрязнителей, таких как аммиак, сероводород, меркаптаны, метан и др.

Изучение процесса загрязнения воздуха позволит создать для него физическую модель. Разрабатывать эту модель целесообразно, проведя анализ параметров, характеризующих протекающие процессы, в результате взаимодействия которых определяют состояние и особенности связей производства и ОС. Принимая во внимание сложность прямых и обратных связей, наиболее подходящим видится применение комплексного подхода в анализе и исследовании параметров, присущих каждому выделенному объекту с учетом внешних связей.

Физические модели позволяют получить наиболее полное представление о процессе загрязнения, его динамике и последствиях. Они помогают понять, какие факторы влияют на уровень загрязнения, как они взаимодействуют между собой и какие механизмы приводят к ухудшению экологической ситуации.

Материалы и методы

При написании данной работы использованы различные источники информации, в т. ч. научные статьи и отчеты, связанные с темой исследования. Проведены теоретические исследования, включающие анализ литературы, а также практические наблюдения. Для обработки полученных данных применяли статистические методы.

Результаты исследования

За последние годы многие ученые обратили внимание на проблему загрязнения ОС и провели ряд исследований в этой области. Среди них можно отметить работы таких авторов, как Е. Д. Хецуриани, В. Л. Бондаренко, В. И. Чурикова, А. Б. Голованчиков, Л. Н. Губанов, Д. В. Бояркин, А. Р. Курмангалиева, Р. А. Набиев [13—16]. Их исследования показали, что антропогенная деятельность оказывает значительное воздействие на ОС, вызывая загрязнение атмосферного воздуха, почв и водных ресурсов. Несмотря на все усилия, проблема загрязнения остается актуальной. Именно поэтому многие ученые начали активно использовать метод построения физических моделей процесса загрязнения ОС. Этот подход позволяет глубже изучить и понять процессы образования и распространения поллютантов, а также разработать эффективные стратегии для предотвращения дальнейшего загрязнения. Результаты использования данного метода уже видны. Например, В. И. Беспалов, О. Н. Парамонова, Л. Г. Татаров, Л. В. Дикова, М. Р. Кочисова, О. С. Гурова [17—22] использовали физические модели для изучения процессов загрязнения ОС. Они смогли определить основные источники загрязнения и разработать рекомендации по снижению негативного воздействия.

Таким образом, использование физических моделей процесса загрязнения ОС является важным инструментом для понимания его механизма, последствий и предотвращения дальнейшего распространения загрязнений.

Цель построения физической модели загрязнения ОС заключается в том, чтобы получить достоверную информацию о процессах, происходящих в системе «производство — ОС». Физическая модель позволяет провести детальный анализ выбранного этапа процесса очистки сточных вод, выявить его слабые места и определить эффективные меры по улучшению качества очистки. Кроме того, она может использоваться для прогнозирования возможных последствий и различных сценариев развития событий. Таким образом, построение физической модели загрязнения ОС является необходимым шагом для проведения комплексного анализа воздействия различных этапов процесса очистки сточных вод на ОС.

Канализационные насосные станции (КНС) являются неотъемлемой частью системы водоотведения и играют важную роль в поддержании санитарно-эпидемиологического благополучия населения. Однако КНС могут стать причиной загрязнения воздушной среды газовыми выбросами сероводорода, аммиака и меркаптанов. Источниками выделения этих поллютантов в КНС являются сточные воды, из которых происходит испарение вследствие повышения температуры окружающей среды, особенно в летний период. Кроме того, в процессе работы КНС происходит перемещение сточных вод, что также способствует выделению газов. Появление газовых загрязнителей может происходить и внутри здания КНС, и снаружи. Внутри здания КНС газы

выделяются из приемного резервуара, где накапливаются сточные воды перед их перекачкой. Снаружи здания КНС газы испаряются из вентиляционных труб и других отверстий, через которые осуществляется воздухообмен.

Газовые выбросы могут оказывать негативное воздействие на ОС и здоровье людей. Так, сероводород может вызывать раздражение дыхательных путей и глаз. Аммиак также имеет резкий запах и оказывает раздражающее действие на кожу и слизистые оболочки. Меркаптаны обладают сильным неприятным запахом и могут провоцировать головные боли, тошноту и рвоту.

В процессе образования загрязняющих веществ (ЗВ) основными объектами, взаимодействующими между собой, являются технологическое оборудование (самотечный трубопровод для стоков) и сырье — источник (сточная вода).

На первой стадии (образования ЗВ) после поступления через самотечный трубопровод с поверхности зеркала резервуара сточной воды происходит испарение ЗВ. При этом физическими объектами, участвующими в процессе, будут самотечный трубопровод (технологическое оборудование), сточная вода (сырье) и испарения сточной воды (источник образования ЗВ).

На второй стадии (внутреннего выделения) при изменении температуры, застоянии и перемешивании вод при поступлении новых порций через самотечный трубопровод основными физическими объектами являются технологическое оборудование (приемный резервуар), внутренний источник выделения ЗВ (поверхность испарения резервуара).

На третьей стадии (внутреннего распространения) происходит распределение ЗВ внутри помещения по всему объему воздуха, содержащегося в приемной камере. Основными физическими объектами данного этапа являются приемная камера (технологическое помещение), сточная вода (сырье — источник) и воздух рабочей зоны.

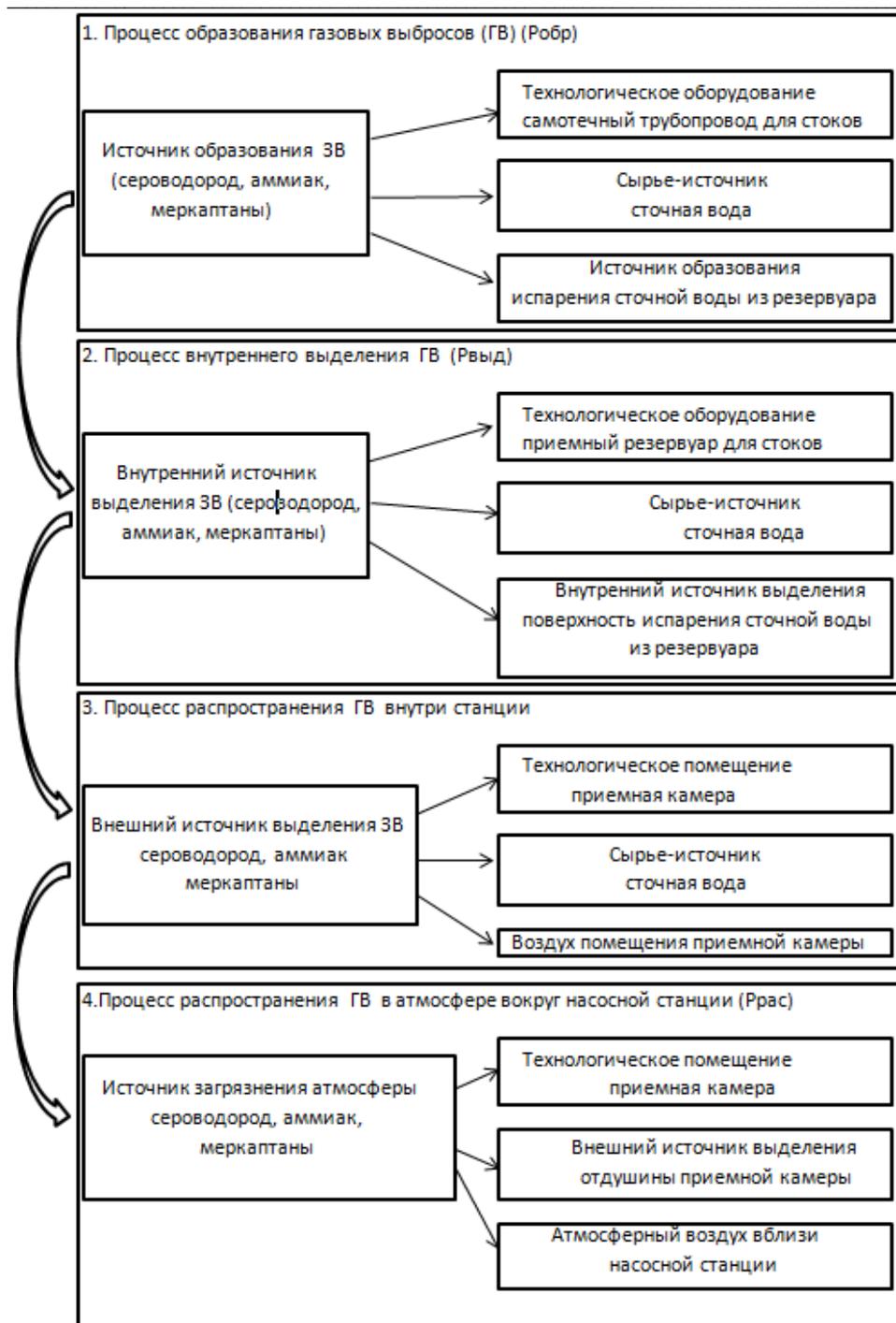
На четвертой стадии (внешнего распространения) ЗВ происходит выделение ЗВ через вентиляционные трубы, отдушины и другие технологические отверстия в атмосферный воздух вблизи КНС. Главными физическими объектами данного этапа являются приемная камера, отдушины приемной камеры, атмосферный воздух.

Основной характеристикой реализации процесса загрязнения воздушной среды является его вероятность. С учетом возможности протекания соответствующих зависимых последовательных событий сущность физической модели загрязнения окружающей среды можно выразить следующей формулой, определяющей вероятность загрязнения:

$$P_{\text{загр}} = P_{\text{обр}} \cdot P_{\text{выд}} \cdot P_{\text{рас}},$$

где $P_{\text{загр}}$ — вероятность процесса загрязнения ОС; $P_{\text{обр}}$ — процесса образования ЗВ; $P_{\text{выд}}$ — процесса выделения ЗВ; $P_{\text{рас}}$ — процесса распространения ЗВ.

Проанализировав основные объекты, участвующие в процессе загрязнения воздушной среды, можно заключить, что построенная физическая модель процесса загрязнения представляет собой совокупность последовательных стадий взаимодействия ЗВ с другими объектами, каждый из которых вступает в это взаимодействие на конкретной стадии. На рисунке приведена физическая модель распространения газовых выбросов от КНС.



Физическая модель распространения газовых выбросов от насосной станции

Выводы

1. КНС являются одним из основных источников загрязнения воздушной среды опасными газовыми выбросами, включая сероводород, аммиак и меркаптаны. Выделение этих газов происходит в основном из-за испарения

сточных вод, которое усиливается при повышении температуры окружающей среды.

2. Сточные воды являются источником выделения газовых загрязнителей. В процессе их перекачки и перемещения происходит выделение газов, которые затем попадают в атмосферу.

3. Вентиляционные трубы и другие отверстия, через которые осуществляется обмен воздуха, также являются источниками загрязнения ОС газовыми выбросами. Через эти отверстия газы могут выходить наружу и распространяться в ОС.

4. Для предотвращения загрязнения воздушной среды газовыми выбросами КНС необходимо принимать меры по контролю и уменьшению выделения этих веществ. Выявленные этапы процесса загрязнения ОС могут послужить основанием для дальнейших исследований и разработки физической модели снижения негативного воздействия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беспалов В. И., Дзюба О. В., Гладиллина А. А. Построение физической модели процесса загрязнения воздушной среды для предприятий по производству цемента // Инженерный вестник Дона. 2015. № 4(38). С. 64.
2. White R. R. Building the ecological city. Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2002. 239 p.
3. Murray R. Zero waste // Greenpeace Environmental Trust. 2002. 211 p.
4. Salman M. Y., Hasar H. Review on environmental aspects in smart city concept: Water, waste, air pollution and transportation smart applications using IoT techniques // Sustainable Cities and Society. 2023. Vol. 94. Iss. 4. Pp. 104567.
5. Vallero D. A., Brasier C. Sustainable Design: The Science of Sustainability and Green Engineering. John Wiley & Sons, Inc, 2008. 333 p.
6. Waste management and recycling in Finland / K. Berninger, L. Heikkilä, Z. Kolev, M. Orjala, T. Teräväinen // Conference Presentation. 2010. 173 p.
7. De Haan J., Lundstrom S., Sturm J.-E. Market-Oriented Institutions and Policies and Economic Growth: A Critical Survey // Journal of Economic Surveys. 2006. Vol. 20. Iss. 2. Pp. 157—191.
8. Elgizawy S. M., El-Haggag S. M., Nassar K. Slum Development Using Zero Waste Concepts: Construction Waste Case Study // Procedia Engineering. 2016. Vol. 145. Pp. 1306—1313.
9. Hai N. T., Sheng-Jie Y., Ahmad H.-B., Huan-Ping C. Mistakes and inconsistencies regarding adsorption of contaminants from aqueous solutions: A critical review // Water Research. 2017. Vol. 120. Pp. 88—116.
10. Monte Morin Study: Air pollution causes over 2 million deaths a year // Los Angeles Times, 2013. URL: [articles.latimes.com/2013/jul/12/science/la-sci-sn-airpollution-causes-more-than-2-million-deaths-a-year-20130711](https://www.latimes.com/2013/jul/12/science/la-sci-sn-airpollution-causes-more-than-2-million-deaths-a-year-20130711).
11. Sharmilaa G., Ilango T. Vehicular air pollution based on traffic density — A case study // Materials today: proceedings. 2022. Vol. 52. Iss. 3. Pp. 532—536.
12. Li S., Jian H., Ling Z., Li Q. A multiple case study on the cooperative governance model of treating environmental deterioration // Chinese Journal of Population, Resources and Environment. 2021. Vol. 19. Iss. 1. Pp. 56—64.
13. Хецуриани Е. Д., Бондаренко В. Л. Основы методологии создания природно-технических систем по использованию водных ресурсов в многоцелевом водоснабжении городских хозяйств и населенных пунктов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 54(73). С. 148—155.
14. Чурикова В. И., Голованчиков А. Б., Чичерина Г. В. Учет экологического воздействия сероводорода на объекты городского хозяйства // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2019. Вып. 2(75). С. 239—243.
15. Губанов Л. Н., Бояркин Д. В. Особенности обезвреживания осадков сточных вод малых населенных пунктов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-

строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2013. Вып. 31(50). Ч. 2. Строительные науки. С. 508—511.

16. Курмангалиева А. Р., Набиев Р. А. Модернизация технологии переработки осадка на канализационных очистных сооружениях г. Астрахани // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2018. Вып. 53(72). С. 113—122.

17. Беспалов В. И., Парамонова О. Н. Физическая модель процесса снижения загрязнения окружающей среды твердыми отходами потребления // Экология. 2. Экологические и метеорологические проблемы больших городов и промышленных зон. URL: http://www.rusnauka.com/4_SND_2013/Ecologia/2_128148.doc.htm.

18. Беспалов В. И., Парамонова О. Н. Физическая модель процесса загрязнения окружающей среды твердыми отходами потребления // Инженерный вестник Дона. 2012. № 4. С. 1—7.

19. Татаров Л. Г. Физическая модель загрязнения помещения пылью // Международный научный журнал. 2011. № 3. С. 63—66.

20. Дикова Л. В. Разработка физической модели процесса загрязнения воздушной среды для отрезного станка // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности : материалы VI всероссийской (с международным участием) науч.-техн. конф. молодых исследователей. 2019. Волгоград : Изд-во ВолгГТУ, 2019. С. 160—161.

21. Кочисова М. Р., Гурова О. С. Разработка и анализ физической модели процесса снижения загрязнения воздушной среды // Актуальные проблемы науки и техники: материалы всероссийской (национальной) науч.-практ. конф. 2022. Ростов-н/Д. : Донской государственный технический университет, 2022. С. 290—291.

22. Штенске К. С., Парамонова О. Н. Физическая модель процесса снижения загрязнения окружающей среды твердыми отходами производства на примере литейного цеха // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. 2020. № 1(31). С. 50—55.

© Тихонова А. А., Владимцева И. В., 2024

Поступила в редакцию
в июне 2024 г.

Ссылка для цитирования:

Тихонова А. А., Владимцева И. В. Построение физической модели процесса загрязнения окружающей среды для сооружений очистки сточных вод // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2024. Вып. 3(96). С. 98—104. DOI: 10.35211/18154360_2024_3_98.

Об авторах:

Тихонова Асия Андреевна — ассистент каф. промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, 28; asiatikhonova@gmail.com

Владимцева Ирина Владимировна — д-р биол. наук, проф., проф. каф. промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400005, г. Волгоград, пр-т Ленина, 28

Asia A. Tikhonova, Irina V. Vladimtseva

Volgograd State Technical University

BUILDING A PHYSICAL MODEL OF THE ENVIRONMENTAL POLLUTION PROCESS FOR WASTEWATER TREATMENT PLANTS

The main stages and objects of the wastewater treatment process as a source of air pollution during its implementation are considered. The authors have constructed a physical model of the air pollution process, which made it possible to identify the most promising areas for reducing environmental pollution.

Key words: environmental safety, negative environmental impact, atmospheric pollution, wastewater treatment facilities.

For citation:

Tikhonova A. A., Vladimtseva I. V. [Building a physical model of the environmental pollution process for wastewater treatment plants]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2024, iss. 3, pp. 98—104. DOI: 10.35211/18154360_2024_3_98.

About authors:

Asia A. Tikhonova — Assistant, Volgograd State Technical University (VSTU). 28, Lenina Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation; asiatikhonova@gmail.com

Irina V. Vladimtseva — Doctor of Biological Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 28, Lenina Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation