

УДК 661.92

ОСОБЕННОСТИ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫБРОСОВ НЕПРИЯТНО ПАХНУЩИХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУШНУЮ СРЕДУ И РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВ ОЧИСТКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ

© 2025 А.В. Васильев

Самарский государственный технический университет, г. Самара, Россия

Статья поступила в редакцию 01.09.2025

В настоящей статье проведен обзор существующих методов очистки и дезодорации газовойоздушной выбросов неприятно пахнущих веществ в воздушную среду, описаны особенности использования и оценки параметров биоскрубберов. Разработана автоматизированная система управления очисткой газовойоздушной выбросов неприятно пахнущих веществ с использованием биоскруббера, использование которой позволит осуществлять эффективное управление процессами при использовании методов биохимической очистки и дезодорации газовойоздушной выбросов предприятий.

Ключевые слова: выбросы, воздушная среда, урбанизированная территория, неприятно пахнущие вещества, биоскруббер, расчет, алгоритм, снижение

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-4(2)-419-424

EDN: TEUOOL

Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема №FSSE-2023-0003) в рамках государственного задания Самарского государственного технического университета.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время проблема загрязнения атмосферного воздуха в условиях урбанизированных территорий является одной из ключевых экологических проблем [1, 4–6, 8, 12, 13]. Загрязнение воздуха наносит значительный ущерб не только здоровью человека, но и состоянию окружающей среды в целом [2, 3, 7, 11].

Интенсивное загрязнение атмосферы происходит от транспорта, химических и нефтеперерабатывающих предприятий, металлургических заводов [5, 9, 10, 14]. Среди химических соединений, выбрасываемых в атмосферу, содержится достаточно большое число ядовитых веществ. Загрязнение органическими веществами имеет серьезные последствия для здоровья населения и окружающей среды на местном, национальном, региональном и глобальном уровне.

Наряду с проблемой количественного снижения загрязняющих веществ в воздухе стоит также проблема снижения выбрасываемых неприятно пахнущих веществ (НПВ). Наличие неприятных запахов, являющихся специфическим загрязнителем воздуха, рассматривается как один из факторов, воздействующих на здоровье человека.

Неприятный запах – один из существенных показателей, характеризующий загрязненность газовойоздушной выбросов. Характер запаха зависит от природы загрязняющих (одорирующих) веществ и их концентрации. К неорганическим веществам, которые наиболее часто обуславливают запах отходящего воздуха, относятся H_2S , SO_2 , NH_3 , NH_2-NH_2 , HCl , галогены. Из органических веществ с резким запахом наиболее часто в отходящих газах присутствуют ароматические и непредельные углеводороды, азот-, серо-, кислород- и галогенсодержащие вещества.

Нерешенность проблемы снижения газовойоздушной выбросов неприятно пахнущих веществ обуславливает актуальность поиска и разработки возможных технологий и способов эффективной очистки газов от запахов.

Проблема дезодорации газовойоздушной выбросов неприятно пахнущих веществ является одной из наиболее актуальной в связи с тем, что существующие на предприятиях технологии и аппараты очистки не справляются с очисткой газов от неприятных запахов. В том числе это подтверждают многочисленные жалобы жителей Самарской области на неприятные запахи в районе Северного промышленного узла г. Тольятти, жилого комплекса «Волгарь» в г. Самаре и др.

Васильев Андрей Витальевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Техносферная безопасность и управление качеством», директор научно-исследовательского центра техносферной безопасности и новых материалов. E-mail: vasilyev.av@samgtu.ru

В настоящей статье проведен обзор существующих методов очистки и дезодорации газовоздушных выбросов неприятно пахнущих веществ в воздушную среду, описаны особенности использования и оценки параметров биоскрубберов.

2. ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Как известно, для очистки и дезодорации газовоздушных выбросов неприятно пахнущих веществ существуют различные методы: физические (разбавление, абсорбция, адсорбция, ма-скировка, конденсация, компримирование, мембранная сепарация), химические (хемосорбция, промывка, окисление, сжигание, нейтрализация, каталитическая, термокatalитическая, и фото-каталитическая очистка, окисление в коронном электрическом заряде) и биологические.

Анализ существующих методов и технологий дезодорации газовых выбросов показал, что наиболее эффективными и перспективными в решении проблемы загрязнения воздуха НПВ являются биохимические методы очистки газов. Биохимические методы газоочистки малоотходны, экологически чисты. Существуют эффективные установки биохимической газоочистки - биоскрубберы, которые характеризуются простотой технического обслуживания и аппаратного оформления, низкой стоимостью и доступностью конструкционных и биологически активных материалов.

Биоскруббер - это абсорбционный аппарат, использующийся для ведения технологических процессов, в которых орошающей жидкостью (абсорбентом) служит водная суспензия активного ила. Содержащиеся в очищаемом воздухе НПВ улавливаются абсорбентом и расщепляются микроорганизмами активного ила. Так как биохимические реакции протекают с относительно низкой скоростью, для обеспечения высокой эффективности очистки требуется промежуточная емкость, которая может быть выполнена в виде отдельного реактора или встроена в основание абсорбера в виде специальных распределительных форсунок и насадочных элементов. С целью сокращения периода адаптации при наличии станции очистки сточных вод данного производства для установки газоочистки целесообразно использовать активный ил с этой станции.

Для оптимизации затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание биоскруббера разработан автоматизированная система управления очисткой выбросов.

Основным компонентом биоскруббера является раствор активного ила. Для обеспечения оптимальных условий жизнедеятельности микроорганизмов в активном иле, необходимо контролировать и осуществлять управление рядом процессов, происходящих в нем. Таким образом, объектом управления будет являться система «раствор – очищаемый воздух».

Система характеризуется наличием большого количества физических и химических процессов, однако для достижения заданной цели необходимо и достаточно осуществлять контроль и управление четырьмя параметрами, которые относятся к подсистеме «раствор активного ила». Эта подсистема является самостабилизирующейся. При ряде условий управление системой сводится к поддержанию условий ее стабилизации. Основным стабилизирующим фактором подсистемы являются микроорганизмы, входящие в состав активного ила. Поведение микроорганизмов в значительной степени хаотично, в связи с этим математическое описание процессов стабилизации затруднено и выходит за рамки исследуемой области. Поэтому необходимо осуществлять синтез алгоритма управления не при помощи какого-либо закона изменения параметра системы, а по его граничным значениям.

Для синтеза алгоритма управления по подсистеме «раствор активного ила», наибольшее значение имеют переходные процессы открытия и закрытия впускных и выпускных клапанов, так как они имеют достаточно большое время срабатывания. С учетом вышеизложенного была разработана основная блок-схема управляющей программы (рис. 1).

Программа работает циклически. Так как необходимо выдерживать максимальное время выполнения программы, после каждого выполнения подпрограммы происходит возврат в начало программы для нового считывания показаний датчиков. Каждая подпрограмма основана на расчете времени, в течение которого произойдет подача необходимого объема жидкости (воздуха). Поскольку они однотипны, можно параметризовать подпрограмму, передавая в нее время выдержки клапана открытым (время рассчитывается на этапе моделирования).

Общий алгоритм работы подпрограммы показан на рис. 2.

На основе разработанного алгоритма работы подпрограммы подачи регулирующего вещества было подобрано соответствующее оборудование и составлена структурная схема автоматизированного управления технологическим процессом (АСУТП), показанная на рис. 3.

Алгоритм управления установкой заключается в поддержании оптимальных условий жизнедеятельности организмов, описанных в технических требованиях. Измерения параметров осуществляется с помощью датчиков, данные через преобразователи или напрямую поступают в контроллер, управляющая программа рассчитывает время открытия клапанов и формирует сигналы управления электроклапанами.

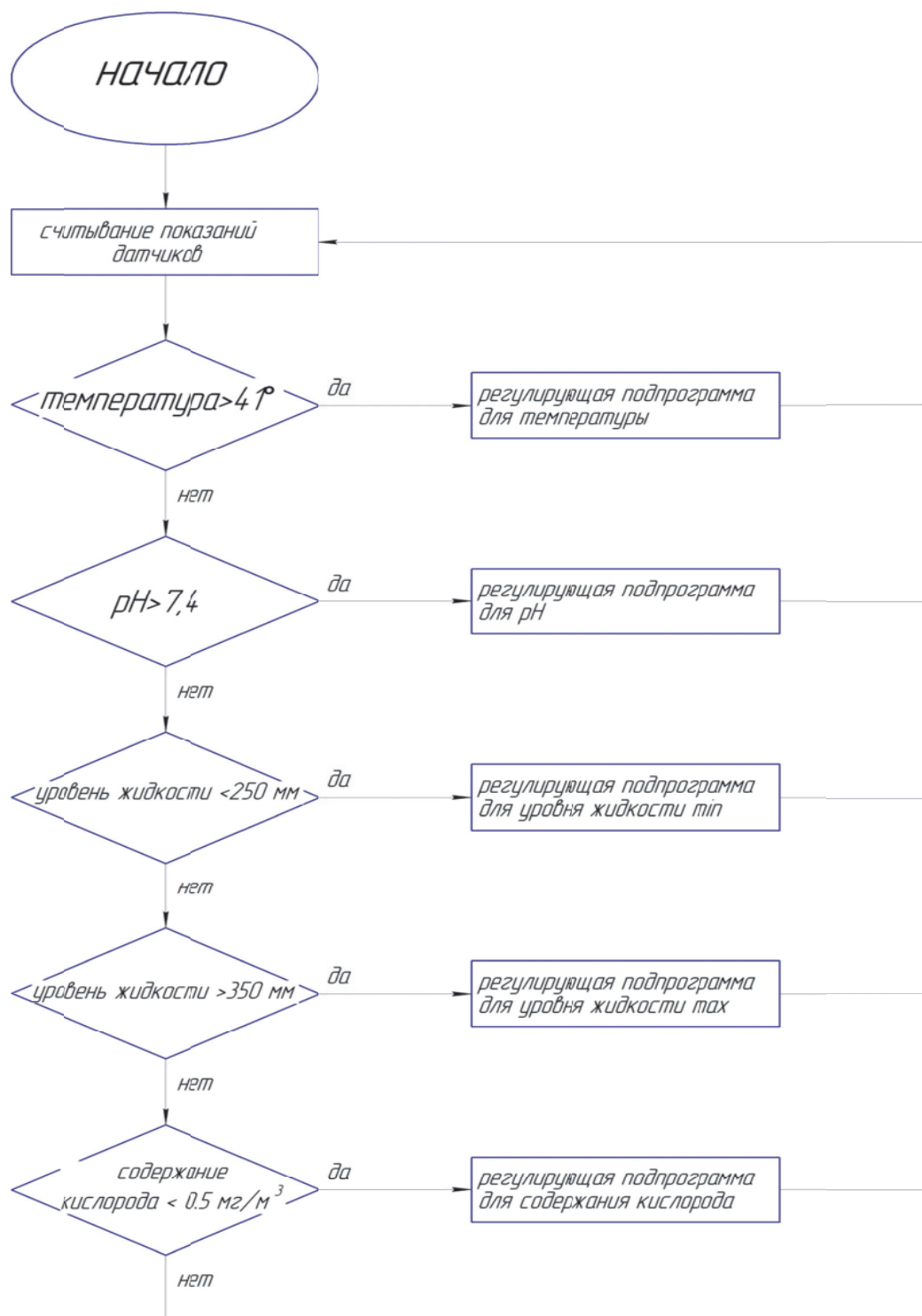


Рисунок 1 - Основная блок-схема управляющей программы

Использование разработанной автоматизированной системы позволит осуществлять эффективное управление процессами при использовании методов биологической очистки и дезодорации газовой воздушных выбросов предприятий нефтехимической промышленности.

3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализ существующих методов и технологий дезодорации газовых выбросов показал, что наиболее эффективными и перспективными для снижения загрязнения воздуха неприятно пахнущими веществами являются биохимические методы очистки газов.

Описан принцип действия биоскруббера. Для оптимизации затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание биоскруббера разработана автоматизированная система управления очисткой.

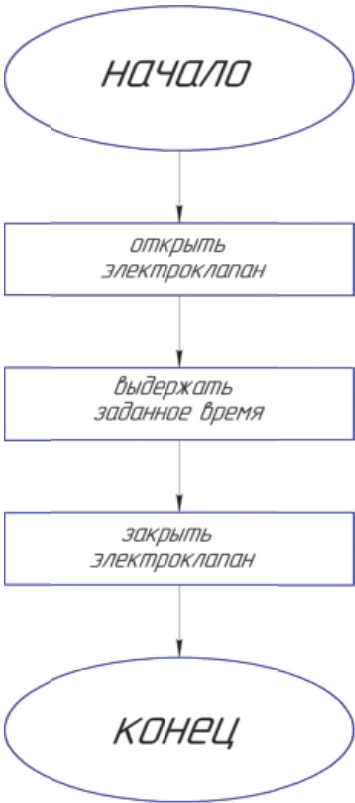


Рисунок 2 – Алгоритм работы подпрограммы подачи регулирующего вещества

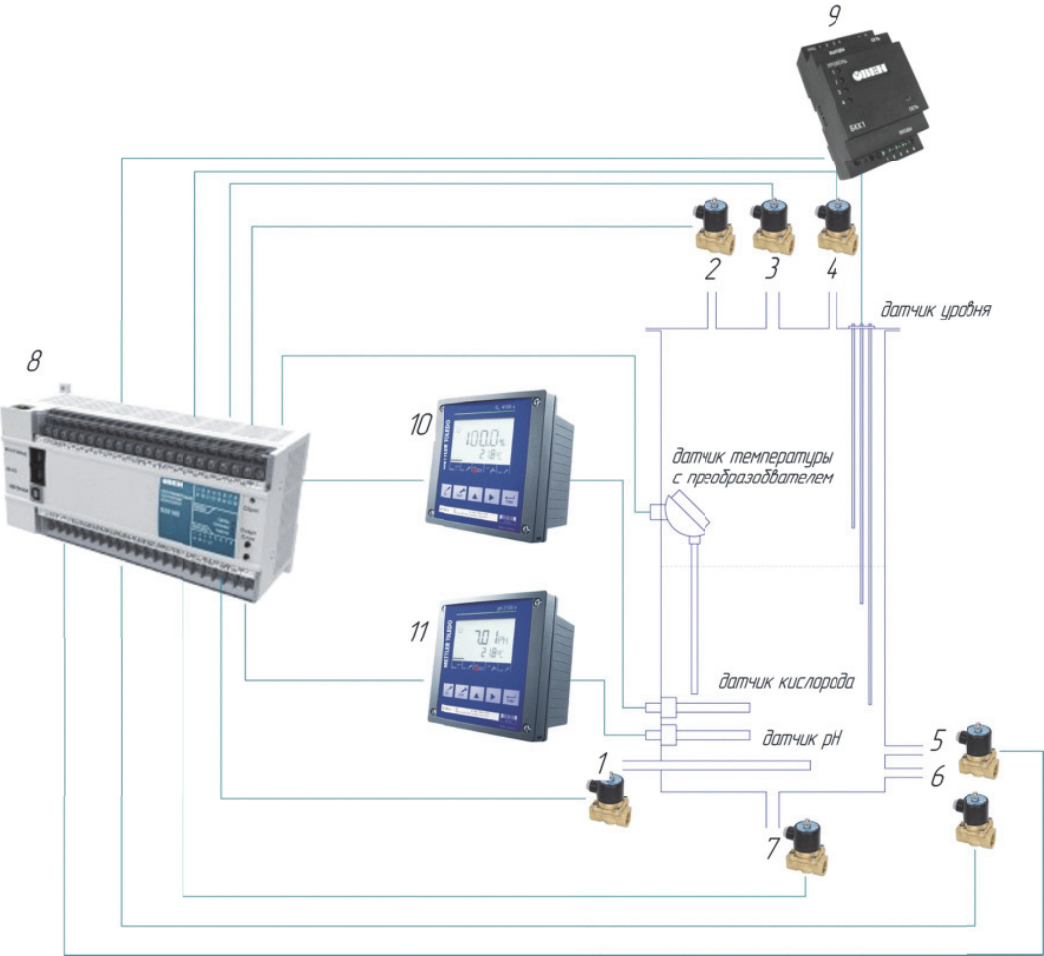


Рисунок 3 – Структурная схема АСУТП

Алгоритм управления установкой заключается в поддержании оптимальных условий жизнедеятельности организмов, описанных в технических требованиях.

Использование разработанной автоматизированной системы позволит осуществлять эффективное управление процессами при использовании методов биологической очистки и дезодорации газовоздушных выбросов предприятий нефтехимической промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Асфандиярова, Л.Р.* Экологический анализ содержания загрязняющих веществ в воздушном бассейне промышленного города (на примере оксидов азота в г. Стерлитамак Республики Башкортостан) / Асфандиярова Л.Р., Панченко А.А., Юнусова Г.В., Ямлиханова Е.А. // Вестник Тюменского государственного университета. Экология. – 2013. – № 12. – С.182-188.
2. *Васильев, А.В.* Исследование выбросов химических предприятий в атмосферу на территории Северного промышленного узла г. Тольятти / А.В. Васильев // Академический вестник ЭЛПИТ». – Тольятти: изд-во «ELPIТ» ООО «ИХиИЭ», 2023. – Т. 8. – № 2(24). – С. 31-43.
3. *Васильев, А.В.* Анализ и оценка загрязнения биосферы при воздействии нефтесодержащих отходов: Монография / А.В. Васильев. – Самара: Издательство СамНЦ РАН, 2022. – 106 с., обл.
4. *Васильев, А.В.* Анализ загрязнения воздушной среды в условиях урбанизированных территорий на примере Самарской области / А.В. Васильев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2023. – Т. 25. – № 6. – С. 192-202.
5. *Васильев, А.В.* Инструментальный анализ источников промышленных выбросов и выбросов автотранспорта в воздушную среду в условиях урбанизированных территорий (на примере городского округа Тольятти) / А.В. Васильев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2024. – Т. 26. – № 5. – С. 184-195.
6. *Васильев, А.В.* Мониторинг и снижение загрязнения воздушной среды, создаваемого выбросами вредных веществ, на примере Самарской области : Монография / А.В. Васильев // Самара: издательство Самарского государственного технического университета, 2024. – 236 с.
7. *Васильев, А.В.* Исследования выбросов в воздушную среду в условиях урбанизированных территорий на примере городского округа Самара / А.В. Васильев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2024. – Т. 26. – № 6. – С.148-156.
8. *Васильев, А.В.* Систематизация методов и средств мониторинга выбросов аммиака в условиях производства / А.В. Васильев, Б.С. Голубев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2024. – Т. 26. – № 4. – С. 192-202.
9. *Васильев, А.В.* Перспективы и проблемы создания химических парков: пути снижения негативного экологического воздействия (на примере ЗАО «Тольяттисинтез») / А.В. Васильев, Е.А. Нустрова // Экология и промышленность России. – 2013. – № 7. – С. 42-45.
10. *Гумерова, Г.И.* Новый подход к качественному и количественному определению диоксинов / Г.И. Гумерова, Э.В. Гоголь, А.В. Васильев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16. – № 1-6. – С. 1717-1720.
11. *Дунаев, В.Н.* Структура риска здоровью при воздействии комплекса химических факторов окружающей среды / В.Н. Дунаев, В.М. Боев, Е.Г. Фролова, Р.М. Шагеев, С.В. Колосков // Гигиена и санитария. – 2008. - № 6. – С. 67-71.
12. *Пожаров, А. В.* Использование экспресс-биотестирования для оценки антропоэкологической ситуации / А. В. Пожаров, С.А. Шелематов // Экология. – 1992. – № 2. – С. 94-96.
13. *Vasilyev A.V.* Estimation of atmosphere air pollutants as factors of ecological risks of urban territories. World Heritage and Disaster. Knowledge, Culture and Representation «Le vie dei Mercanti» Proceedings of the International Scientific Conference (XV International Forum). Сер. «Fabbrica della Conoscenza series» Carmine Gambardella, President and Founder of the Forum. 2017. pp. 1524-1528.
14. *Vasilyev A.V.* Results of Study of Atmosphere Air Pollutions Caused by Automoblie Transport in Urban Conditions on the Example of Togliatti City of Russia. Proceedings of the XXI international forum «Le Vie dei Mercanti. World Heritage and Dwelling on Earth». May 25-27 2023, Naples – Capri, Italy. Edition: Gangemi Editore International, Naples, Italy. pp. 453-457.

PECULIARITIES OF REDUCTION OF NEGATIVE IMPACT OF EMISSIONS OF UNPLEASANT SMELLING SUBSTANCES TO AIR ENVIRONMENT AND OF CALCULATION OF PURIFICATION DEVICES PARAMETERS BY USING OF AUTOMATED SUSTEM

© 2025 A.V. Vasilyev

Samara State Technical University, Russian Federation

In this paper review of existing methods of purification and deodorization of negative impact of emissions of unpleasant smelling substances to the air has been carried out, peculiarities of application and of estimation of parameters of bioscrubbers have been described. Automated system of control of purification of gas-air emissions of unpleasant smelling substances of bioscrubber have been developed. Application of this system will allow us to carry out efficient control of processes of using of methods biochemical purification and deodorization of negative impact of gas-air emissions of enterprises.

Key words: emissions, air environment, urban territory, unpleasant smelling substances, bioscrubber, calculation, algorithm, reduction

DOI: 10.37313/1990-5378-2025-27-4(2)-419-424

EDN: TEUOOL

REFERENCES

1. *Asfandiyarova, L.R.* Ekologicheskij analiz sodержaniya zagryaznyayushchih veshchestv v vozdušnom bassejne promyshlennogo goroda (na primere oksidov azota v g. Sterlitamak Respubliki Bashkortostan) / *Asfandiyarova L.R., Panchenko A.A., Yunusova G.V., Yamlihanova E.A.* // *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekologiya.* – 2013. – № 12. – S.182-188.
2. *Vasil'ev, A.V.* Issledovanie vybrosov himicheskikh predpriyatij v atmosferu na territorii Severnogo promyshlennogo uzla g. Tol'yatti / *A.V. Vasil'ev* // *Akademicheskij vestnik ELPIT*». – Togliatti: izd-vo "ELPIT" OOO "IHIE", 2023. – T. 8. – № 2(24). – S. 31-43.
3. *Vasil'ev, A.V.* Analiz i ocenka zagryazneniya biosfery pri vozdejstvii neftesoderzhashchih othodov: Monografiya / *A.V. Vasil'ev.* – Samara: Izdatel'stvo SamNC RAN, 2022. – 106 s., obl.
4. *Vasil'ev, A.V.* Analiz zagryazneniya vozdušnoj sredy v usloviyah urbanizirovannyh territorij na primere Samarskoj oblasti / *A.V. Vasil'ev* // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN.* – 2023. – T. 25. – № 6. – S. 192-202.
5. *Vasil'ev, A.V.* Instrumental'nyj analiz istochnikov promyshlennyh vybrosov i vybrosov avtotransporta v vozdušnuyu sredu v usloviyah urbanizirovannyh territorij (na primere gorodskogo okruga Tol'yatti) / *A.V. Vasil'ev* // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN.* – 2024. – T. 26. – № 5. – S. 184-195.
6. *Vasil'ev, A.V.* Monitoring i snizhenie zagryazneniya vozdušnoj sredy, sozdavaemogo vybrosami vrednyh veshchestv, na primere Samarskoj oblasti : Monografiya / *A.V. Vasil'ev* // Samara: izdatel'stvo Samarskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2024. – 236 s.
7. *Vasil'ev, A.V.* Issledovaniya vybrosov v vozdušnuyu sredu v usloviyah urbanizirovannyh territorij na primere gorodskogo okruga Samara / *A.V. Vasil'ev* // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN.* – 2024. – T. 26. – № 6. – S.148-156.
8. *Vasil'ev, A.V.* Sistematizaciya metodov i sredstv monitoringa vybrosov ammiaka v usloviyah proizvodstva / *A.V. Vasil'ev, B.S. Golubev* // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra RAN.* – 2024. – T. 26. – № 4. – S. 192-202.
9. *Vasil'ev, A.V.* Perspektivy i problemy sozdaniya himicheskikh parkov: puti snizheniya negativnogo ekologicheskogo vozdejstviya (na primere ZAO "Tol'yattisintez") / *A.V. Vasil'ev, E.A. Nustrova* // *Ekologiya i promyshlennost' Rossii.* – 2013. – № 7. – S. 42-45.
10. *Gumerova, G.I.* Novyj podhod k kachestvennomu i kolichestvennomu opredeleniyu dioksinov / *G.I. Gumerova, E.V. Gogol', A.V. Vasil'ev* // *Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk.* – 2014. – T. 16. – № 1-6. – S. 1717-1720.
11. *Dunaev, V.N.* Struktura riska zdorov'yu pri vozdejstvii kompleksa himicheskikh faktorov okružhayushchej sredy / *V.N. Dunaev, V.M. Boev, E.G. Frolova, R.M. Shageev, S.V. Koloskov* // *Gigiena i sanitariya.* – 2008. – № 6. – S. 67-71.
12. *Pozharov, A. V.* Ispol'zovanie ekspress-biotestirovaniya dlya ocenki antropoekologicheskoy situacii / *A. V. Pozharov, S.A. Shelemotov* // *Ekologiya.* – 1992. – № 2. – S. 94-96.
13. *Vasilyev A.V.* Estimation of atmosphere air pollutants as factors of ecological risks of urban territories. World Heritage and Disaster. Knowledge, Culture and Representation \»Le vie dei Mercanti\» Proceedings of the International Scientific Conference (XV International Forum). Ser. \»Fabbrica della Conoscenza series\» Carmine Gambardella, President and Founder of the Forum. 2017. pp. 1524-1528.
14. *Vasilyev A.V.* Results of Study of Atmosphere Air Pollutions Caused by Automoble Transport in Urban Conditions on the Example of Togliatti City of Russia. Proceedings of the XXI international forum «Le Vie dei Mercanti. World Heritage and Dwelling on Earth». May 25-27 2023, Naples – Capri, Italy. Edition: Gangemi Editore International, Naples, Italy. pp. 453-457.

Andrey Vasilyev, Doctor of Technical Sciences, professor, Head of Department of Technosphere Safety and Quality Management, Director of Research and Development Center of Technosphere Safety and New Materials, Samara State Technical University, the Russian Federation. E-mail: vasilyev.av@samgtu.ru