

Вестник Евразийской науки / The Eurasian Scientific Journal <https://esj.today>

2022, №6, Том 14 / 2022, No 6, Vol 14 <https://esj.today/issue-6-2022.html>

URL статьи: <https://esj.today/PDF/01SAVN622.pdf>

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Глущенко, Е. С. Анализ эффективности очистки воздуха с очистных сооружений канализации сорбционными методами / Е. С. Глущенко, А. А. Кадысева // Вестник евразийской науки. — 2022. — Т. 14. — № 6. — URL: <https://esj.today/PDF/01SAVN622.pdf>

**For citation:**

Glushchenko E.S., Kadyseva A.A. Analysis of the air treatment effectiveness at wastewater treatment plants with sorption. *The Eurasian Scientific Journal*. 2022; 14(6): 01SAVN622. Available at: <https://esj.today/PDF/01SAVN622.pdf>. (In Russ., abstract in Eng.).

**Глущенко Екатерина Сергеевна**

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия  
Ассистент кафедры «Инженерных систем и сооружений»

E-mail: [ekaterina.gluschenko.1997@mail.ru](mailto:ekaterina.gluschenko.1997@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8943-4056>

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1008118](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1008118)

**Кадысева Анастасия Александровна**

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия  
Профессор кафедры «Инженерных систем и сооружений»

Доктор биологических наук, доцент

E-mail: [kadyseva@mail.ru](mailto:kadyseva@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8703-5684>

РИНЦ: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=698088](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=698088)

## Анализ эффективности очистки воздуха с очистных сооружений канализации сорбционными методами

**Аннотация.** В данной статье приведены результаты исследования качества атмосферного воздуха на станции очистки сточных вод, а также приведены показатели эффективности работы блока сорбционной очистки образующегося воздуха. Проблема загрязнения атмосферного воздуха важна как с научной, так и с прикладной точки зрения. Исследования качества газо-воздушной смеси проводились на очистных сооружениях канализации в узле цеха сороудерживающих решеток и песколовок. Оценка эффективности процесса сорбции проводилась по таким показателям, как сероводород, аммиак, оксид углерода, диоксид азота, метан и диоксид серы. Также в рамках исследования рассчитывалась возможность негативного воздействия данных веществ на здоровье человека в течение продолжительного периода. Исследования качества воздуха проводились в два этапа: непосредственно после ввода в эксплуатацию установки и после двух месяцев непрерывной работы установки очистки воздуха. Результаты исследований показали, что сорбционный метод снижает концентрации основных загрязняющих веществ до значений предельно допустимых концентраций. Недостатки сорбционного метода заключаются в значительном снижении эффективности работы сорбционного материала после непродолжительной эксплуатации. Снижение эффективности работы повлияло на превышение предельно-допустимых концентраций метана и сероводорода на выходе с установки, что привело к повышению риска негативного влияния данных загрязняющих веществ на здоровье человека.

**Ключевые слова:** запах; сточные воды; атмосферный воздух; оценка канцерогенного риска; сорбция; очистные сооружения канализации; эффективность

## Введение

Загрязнение атмосферного воздуха в результате антропогенной деятельности — рост числа промышленных предприятий, создание новых технологий производства продукции, сжигание ископаемого топлива, сельскохозяйственная деятельность — является на сегодняшний день одной из глобальных проблем человечества. Поэтому, с целью минимизации выбросов загрязняющих газообразных веществ в атмосферу и, соответственно, предотвращения их негативного влияния на здоровье человека, правительствами большинства развитых стран разрабатываются мероприятия в области охраны атмосферного воздуха<sup>1,2</sup> [1].

Законодательство Российской Федерации в данной сфере регулируется Конституцией Российской Федерации, Федеральным законом № 96-ФЗ «Об охране атмосферного воздуха», а также принимаемыми в соответствии с ними другими нормативными правовыми актами федерального и регионального уровней. В свою очередь, субъекты Российской Федерации в праве предусматривать введение дополнительных требований по защите атмосферного воздуха. При разработке нормативно-правовых документов приоритетными принципами считаются жизнь и здоровье человека, обеспечение благоприятных условий его трудовой и досуговой деятельности. Так, например, с 2018 года в Российской Федерации на базе 12 промышленных центров реализуется федеральный проект «Чистый воздух» в рамках национального проекта «Экология», который направлен на разработку мероприятий по снижению концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе<sup>3</sup>.

Совместно с развитием технологий и увеличением степени переработки исходного сырья растет и объем промышленных стоки, характеризующихся повышенными концентрациями загрязняющих веществ. Значительные площади открытых сооружений очистки сточных вод, высокие показатели органических загрязнений, специфические примеси, обусловленные типом промышленного предприятия, приводят к выбросам в атмосферу большого количества газообразных загрязняющих веществ со свободной поверхности сооружений. Данные газообразные соединения обладают, как правило, неприятным запахом и могут быть токсичны для человека. В связи с тем, что в настоящее время во многих крупных населенных пунктах происходит разрастание селитебной и рекреационной территорий, жилые массивы, а также зоны отдыха могут располагаться вблизи действующих канализационных насосных станций или очистных сооружений, что значительно повышает беспокойство проблемой выделяющихся газов среди населения.

К наиболее распространенным компонентам выделяющейся на канализационных объектах газовой смеси можно отнести оксиды азота  $\text{NO}_x$ , сероводород  $\text{H}_2\text{S}$ , аммиак  $\text{NH}_3$ , оксиды углерода  $\text{CO}$  и  $\text{CO}_2$ , метан  $\text{CH}_4$ , диоксид серы  $\text{SO}_2$ , летучие органические соединения (тиолы, ароматические углеводороды, органические кислоты, формальдегид, фенол и т. д.), аэрозольные частицы [2–3]. Данные вещества при попадании в организм человека вызывают раздражение слизистых глаз, носа и горла, головную боль, тошноты, диарею, хрипы, кашель,

---

<sup>1</sup> Загрязнение атмосферного воздуха — URL: [https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health). (дата обращения: 12.10.2022).

<sup>2</sup> Первая глобальная конференция ВОЗ по загрязнению воздуха и здоровью — URL: <https://www.who.int/news-room/events/detail/2018/10/30/default-calendar/air-pollution-conference>. (дата обращения: 12.10.2022).

<sup>3</sup> Чистый воздух — URL: <http://min.prirodyair.tilda.ws>. (дата обращения: 12.10.2022).

заложенность носа, учащенное дыхание, одышку [4–8]. Как правило, данные симптомы исчезают через некоторый промежуток времени после прекращения воздействия. Однако, у людей, страдающих хроническими заболеваниями, например, бронхиальной астмой, воздействие данных веществ может усугубить течение болезни вплоть до летальных исходов.

По канцерогенному воздействию на организм человека загрязняющие вещества можно разделить на две категории: канцерогенные и неканцерогенные. Международное агентство по изучению рака (МАИР) выделяет пять категорий канцерогенных факторов<sup>4</sup> [8]:

- 1 категория — факторы, канцерогенные для человека;
- 2А категория — факторы, весьма вероятно канцерогенные для человека;
- 2Б категория — факторы, вероятно канцерогенные для человека;
- 3 категория — факторы, не классифицируемые как канцерогенные для человека;
- 4 категория — факторы, не канцерогенные для человека.

Для неканцерогенных веществ характеристика оценки рисков определяется по формуле согласно руководству Р 2.1.10.1920-04:

$$HQ = AC/RfC, \quad (1)$$

где  $HQ$  — коэффициент опасности;  $AC$  — средняя концентрация,  $mg/m^3$ ;  $RfC$  — референтная (безопасная) концентрация,  $mg/m^3$ .

Для канцерогенных веществ определяется вероятность развития рака на всем протяжении жизни согласно руководству Р 2.1.10.1920-04:

$$CR = LADD \cdot SF, \quad (2)$$

где  $LADD$  — среднесуточная доза в течение жизни,  $mg/(kg \cdot \text{день})$ ;  $SF$  — фактор наклона,  $(mg/(kg \cdot \text{день}))^{-1}$ .

В Российской и мировой практике сложилось три основных направления борьбы с распространением неприятных запахов на сооружениях водоотведения [9–12]:

- локализация канализационных газов, путем возведения над сооружениями очистки сточных вод купольных покрытий;
- принудительный отвод и очистка газов на специальных сооружениях;
- изменение технологических параметров работы очистных сооружений с целью минимизации выбросов газов.

Купольные покрытия над очистными сооружениями позволяют практически полностью минимизировать контакт распространяющихся газовых испарений с окружающей средой, а также замедлить коррозию приборов автоматики на сооружениях. Как правило, данный метод сочетается с системами удаления и очистки газов.

Основными методами очистки газов являются, на сегодняшний день физико-химические и биологические методы. Физико-химические методы широко представлены адсорбцией, чей принцип основан на избирательном поглощении вредных примесей из газа с помощью различных твердых сорбентов, в основном зернистых материалов, которые обладают высокой удельной поверхностью. Наиболее широко распространенными сорбентами ввиду их высокой пористости являются активированный уголь, силикагели,

---

<sup>4</sup> IARC Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans — URL: <https://monographs.iarc.who.int/agents-classified-by-the-iarc/> (дата обращения: 14.10.2022).

природные и синтетические цеолиты, алюмосиликаты [12–14]. Самым универсальным сорбентом можно считать активированный уголь. Для увеличения адсорбционной способности по конкретным целевым веществам применяют импрегнирующие вещества, например, растворы кислот и щелочей.

Поглощение загрязняющих веществ водным раствором реагентов осуществляется в скрубберах различного типа (насадочные башни, форсуночные и центробежные скрубберы, скрубберы Вентури, барботажно-пенные скрубберы, тарельчатые и другие скрубберы). Скрубберные технологии основаны на последовательном движении очищаемого воздуха, через кислотное и щелочное орошение. В качестве орошающего раствора можно использовать гипохлорит натрия, пероксид водорода, серную кислоту, гидроксид натрия, тиосульфат натрия [14–17].

Особенностью сорбционных методов очистки воздуха, вне зависимости от типа поглотителя загрязнений, является необходимость периодической регенерации сорбента при его насыщении сорбируемыми веществами. Несмотря на высокие эффекты удаления загрязняющих компонентов (порядка 95 %) ограничение применения данного метода обусловлено высокой стоимостью реагентов, необходимых для модификации сорбента или орошающего раствора, а также необходимостью постоянной частой регенерации сорбента.

В основе биологических методов очистки газов лежит способность микроорганизмов в аэробных условиях разрушать органические и другие соединения до конечных продуктов — углекислого газа и воды. В качестве фильтрующего слоя, как правило, применяют влажный органический субстрат (торф, компост, древесную щепу) или инертный материал (например, глину, активированный уголь, полиуретан) [17–21]. Материал должен обеспечивать высокую пористость и воздухопроницаемость. Основным недостатком биофильтрации, препятствующим широкому распространению данного метода, является ее чувствительность к колебаниям температур окружающего воздуха и поступающего воздуха, к колебаниям концентрациям загрязняющих веществ [9; 17; 22].

Изменение условий эксплуатации работы уже существующих очистных сооружений для минимизации выбросов является наиболее экономичным, однако не всегда возможен. Например, для минимизации выбросов  $N_2O$  необходимо исключить ряд факторов при работе сооружений очистки: низкие концентрации растворенного кислорода в зоне нитрификации и присутствие кислорода в зоне денитрификации; высокие концентрации нитратов в обеих зонах; низкое соотношение ХПК/N в зоне денитрификации; резкие изменения pH среды; наличие токсичных компонентов [23–27].

Целью данного исследования является оценка эффективности применения метода адсорбции для предотвращения распространения неприятных токсичных запахов, выделяющихся с территории канализационных очистных сооружений.

### Материалы и методы

Среди сооружений канализационных очистных станций с наибольшей интенсивностью выделения и распространения опасных и токсичных газообразных веществ, ввиду высокой концентрации загрязняющих веществ в стоках, можно выделить приемную камеру, подводящие и отводящие каналы цеха решеток, песколовки, первичные отстойники и узел механического обезвоживания осадков сточных вод. Поэтому в качестве объекта исследования была выбрана газовая смесь, образующая при эксплуатации узла цеха решеток и песколовки. Выделяющиеся газообразные продукты реакций в сточных водах посредством принудительной вытяжной вентиляции по системе трубопроводов собираются в один коллектор и транспортируются на трехступенчатую установку очистки воздуха. Установка включает блок

грубой фильтрации для удаления механических примесей, блок осушения воздуха и сорбционный блок с загрузкой из активированного угля, модифицированного раствором медного купороса. Исследование состава газовых выбросов от очистных сооружений проводилось с помощью газоанализатора ГАНК-4 на входе и на выходе из установки очистки воздуха. В качестве показателей качества воздуха были выбраны сероводород  $H_2S$ , аммиак  $NH_3$ , оксид углерода  $CO$ , диоксид азота  $NO_2$ , метан  $CH_4$  и диоксид серы  $SO_2$ . Исследования проводились в два этапа: непосредственно после ввода в эксплуатацию установки и после двух месяцев непрерывной работы установки очистки воздуха.

### Результаты и обсуждение

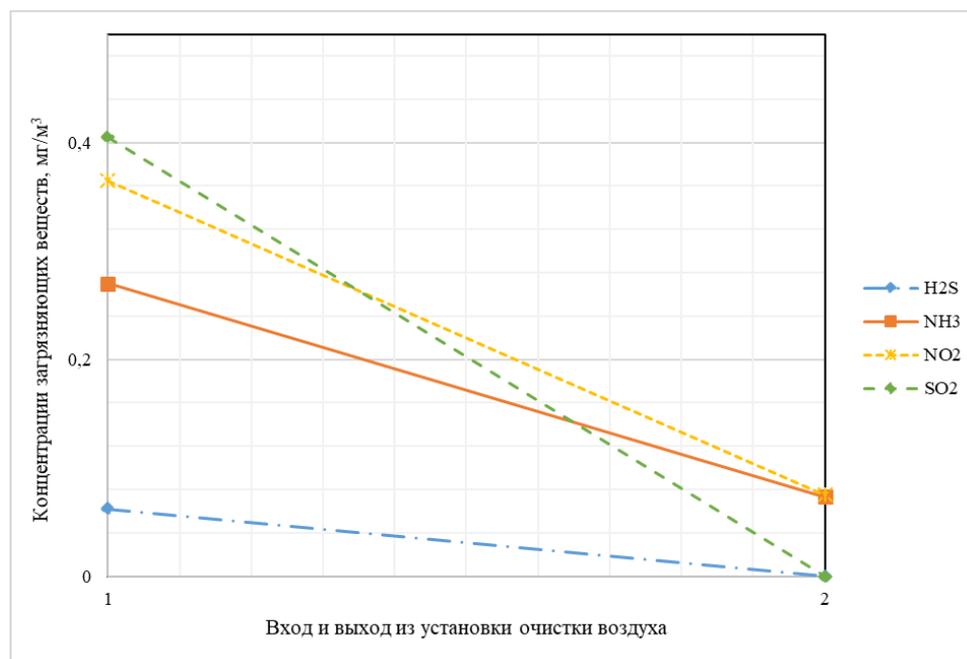
Результаты исследования качественного состава газовой смеси от цеха решеток и песколовок на входе и выходе из установки очистки воздуха на момент ввода ее в эксплуатацию приведены в таблице 1.

Таблица 1

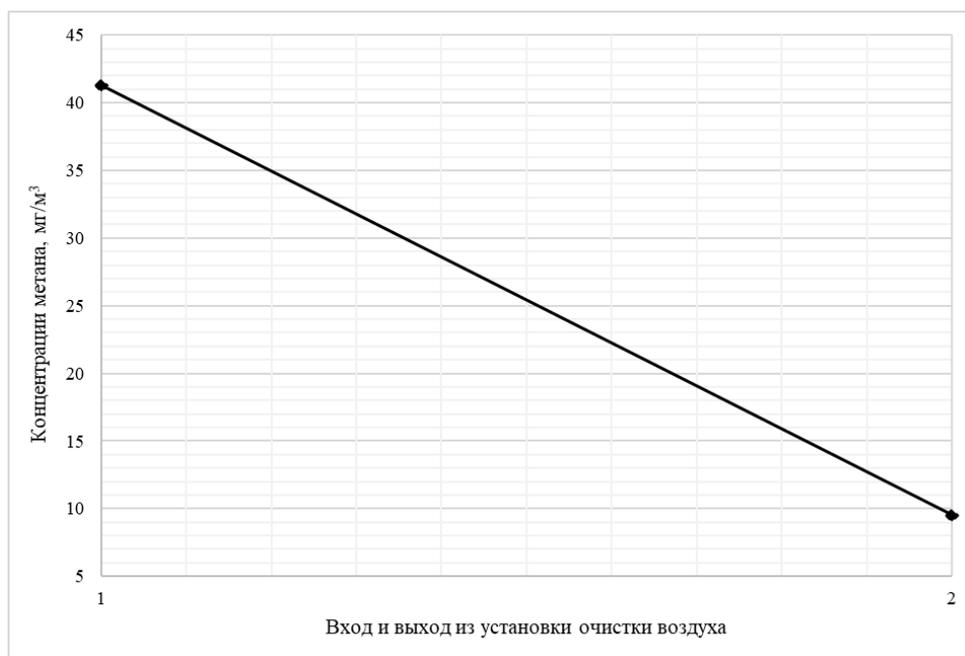
**Эффективность снижения концентраций загрязняющих веществ на момент ввода в эксплуатацию установки очистки воздуха**

Показатель	Ед. изм.	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Концентрации загрязняющих веществ		Эффективность работы установки, %
			вход в установку	выход из установки	
Сероводород $H_2S$	мг/м <sup>3</sup>	0,008	0,062	0,00	100
Аммиак $NH_3$	мг/м <sup>3</sup>	0,2	0,27	0,073	73
Оксид углерода $CO$	мг/м <sup>3</sup>	5	2,55	1,76	31
Диоксид азота $NO_2$	мг/м <sup>3</sup>	0,2	0,365	0,075	79
Метан $CH_4$	мг/м <sup>3</sup>	50	41,3	9,5	77
Диоксид серы $SO_2$	мг/м <sup>3</sup>	0,5	0,405	0,00	100

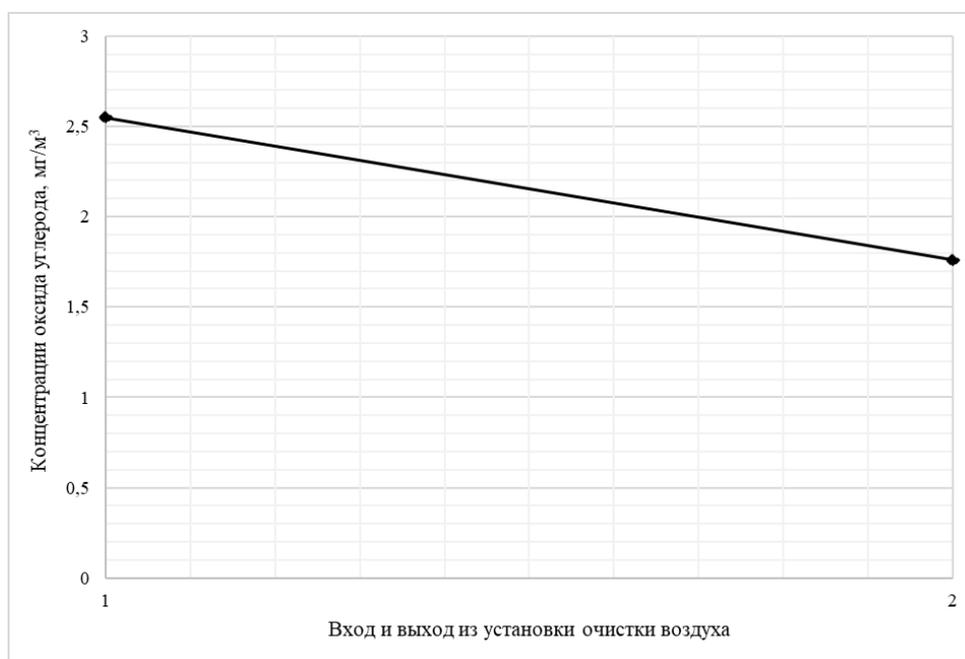
Графики зависимости изменения концентраций загрязняющих веществ на входе и выходе из установки очистки воздуха в начале запуска установки представлены на рисунках 1–3.



**Рисунок 1.** Графики зависимости изменения концентраций загрязняющих веществ на входе и выходе из установки очистки воздуха на начало ее работы (сероводород, аммиак, диоксид азота, диоксид серы) (составлено авторами)



**Рисунок 2.** График зависимости изменения концентраций загрязняющих веществ на входе и выходе из установки очистки воздуха на начало ее работы (метан) (составлено авторами)



**Рисунок 3.** Графики зависимости изменения концентраций загрязняющих веществ на входе и выходе из установки очистки воздуха на начало ее работы (оксид углерода)

Согласно данным таблицы 1 и рисунков 1–3 предельно-допустимые концентрации в исходном воздушном потоке превышены по таким показателям, как сероводород, аммиак и диоксид азота. Трехступенчатый блок очистки воздуха обеспечивает снижение концентраций загрязняющих веществ в воздухе до требуемых нормативных значений по всем основным показателям качества.

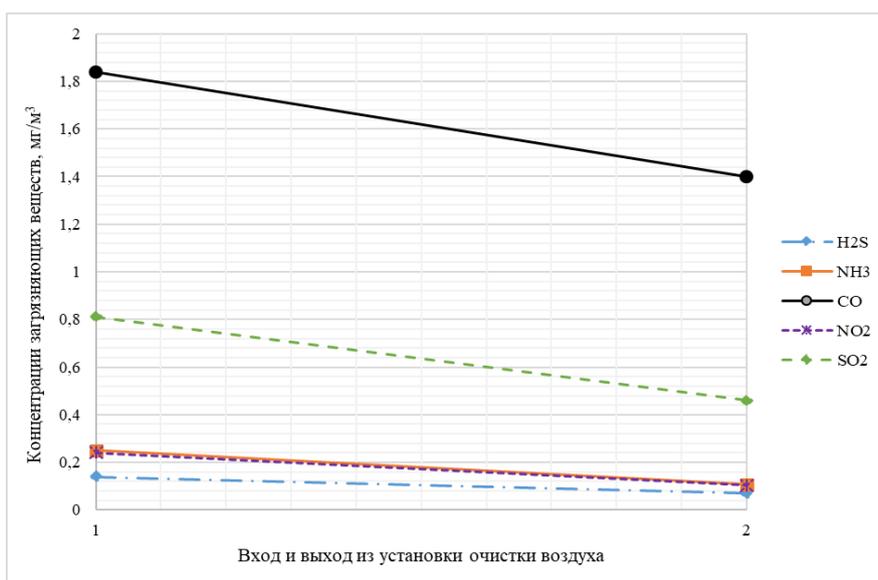
Результаты исследования качественного состава газовой смеси от цеха решеток и песколовок на входе и выходе из установки очистки воздуха после двух месяцев ее непрерывной эксплуатации приведены в таблице 2.

Таблица 2

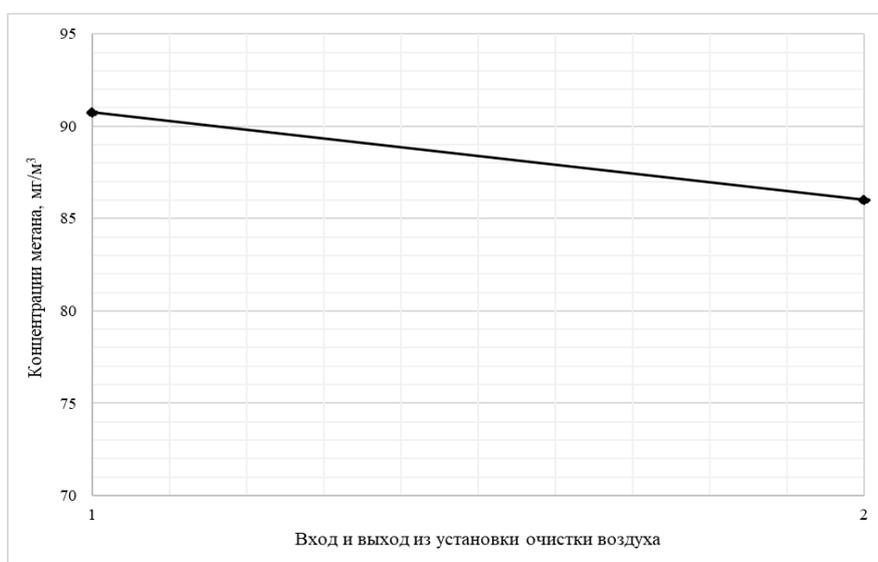
**Эффективность снижения концентраций загрязняющих веществ после двух месяцев непрерывной эксплуатации установки очистки воздуха**

Показатель	Ед. изм.	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Концентрации загрязняющих веществ		Эффективность работы установки, %
			вход в установку	выход из установки	
Сероводород H <sub>2</sub> S	мг/м <sup>3</sup>	0,008	0,14	0,07	50
Аммиак NH <sub>3</sub>	мг/м <sup>3</sup>	0,2	0,25	0,108	57
Оксид углерода CO	мг/м <sup>3</sup>	5	1,84	1,4	24
Диоксид азота NO <sub>2</sub>	мг/м <sup>3</sup>	0,2	0,241	0,104	57
Метан CH <sub>4</sub>	мг/м <sup>3</sup>	50	90,74	86	5
Диоксид серы SO <sub>2</sub>	мг/м <sup>3</sup>	0,5	0,811	0,46	43

Графики зависимости изменения концентраций загрязняющих веществ на входе и выходе из установки очистки воздуха по данным таблицы 2 представлены на рисунках 4–5.



**Рисунок 4.** Графики зависимости изменения концентраций загрязняющих веществ на входе и выходе из установки очистки воздуха через 2 месяца работы (сероводород, аммиак, диоксид азота, диоксид серы, оксид углерода) (составлено авторами)



**Рисунок 5.** Графики зависимости изменения концентраций загрязняющих веществ на входе и выходе из установки очистки воздуха через 2 месяца работы (метан) (составлено авторами)

Согласно таблице 2 и рисункам 4–6 эффективность установки очистки воздуха значительно снизилась, при этом на выходе с установки наблюдаются превышения концентраций таких загрязняющих веществ, как сероводород и метан. Данная ситуация может быть обусловлена необходимостью прочистки, регенерации или замены модулей грубой и сорбционной фильтрации.

Расчет риска развития неканцерогенных эффектов загрязняющих веществ после очистки воздуха сведен в таблицу 3. Расчет ведется на основании формулы (1).

**Таблица 3**

**Определение риска развития неканцерогенных эффектов загрязняющих веществ после очистки воздуха**

Наименование вещества	Средняя концентрация АС, мг/м <sup>3</sup>		Референтная концентрация RfC, мг/м <sup>3</sup>	Коэффициент опасности HQ	
	начало эксплуатации	через 2 месяца		начало эксплуатации	через 2 месяца
Сероводород H <sub>2</sub> S	0,00	0,07	0,002	0	35
Аммиак NH <sub>3</sub>	0,073	0,108	0,1	0,73	1,08
Оксид углерода CO	1,76	1,4	3	0,59	0,47
Диоксид азота NO <sub>2</sub>	0,075	0,104	0,04	1,88	2,6
Метан CH <sub>4</sub>	9,5	86	50	0,19	1,72
Диоксид серы SO <sub>2</sub>	0,00	0,46	0,08	0	5,75

Как видно из таблицы 3, в начале эксплуатации установки коэффициент опасности превышен только для диоксида азота (HQ > 1), в то время как после длительной эксплуатации блока очистки дополнительно повышается вероятность возникновения вредного на здоровье человека аммиака, метана и диоксида серы.

**Заключение**

Основываясь на результатах исследований эффективности сорбционных методов очистки воздуха на канализационных очистных сооружениях, можно сделать следующие выводы:

- одним из наиболее распространенных методов очистки воздуха от загрязняющих веществ является сорбционная очистка на загрузке из модифицированного активированного угля;
- данная установка обеспечивает снижение концентраций основных загрязняющих веществ, таких как аммиак, сероводород, метан, оксиды азота, углерода и серы до значений предельно допустимых концентраций;
- риск негативного влияния данных веществ после прохождения очистки на здоровье человека при длительном воздействии практически минимален, за исключением диоксида азота;
- из недостатков установки сорбционной очистки воздуха можно отметить необходимость частой (примерно раз в месяц) смены или регенерации блоков, в связи со значительным снижением эффективности работы станции очистки после двух месяцев работы;
- снижение эффективности работы установки очистки воздуха приводит к превышению предельно-допустимых концентраций метана и сероводорода на выходе с установки, а также к повышению риска негативного влияния загрязняющих веществ на здоровье человека.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Bokowa A. Summary and Overview of the Odour Regulations Worldwide / A. Bokowa, C. Diaz, J.A. Koziel, M. McGinlet. — DOI 10.3390/atmos12020206 // Atmosphere. — 2021. — V. 12. — URL: <https://www.mdpi.com/2073-4433/12/2/206> (дата обращения: 10.10.2022).
2. Widiana D.R. Air Pollution Profiles and Health Risk Assessment of Ambient Volatile Organic Compounds above a Municipal Wastewater Treatment Plant, Taiwan / D.R. Widiana, Y.-F. Wang, S.-J. You, H.-H. Yang, L.-C. Wang, J.-H. Tsai, H.-M. Chen. — DOI 10.4209/aaqr.2018.11.0408 // Aerosol and Air Quality Research. — 2019. — V. 19. — Pp. 375–382. — URL: <https://aaqr.org/articles/aaqr-18-11-0a-0408> (дата обращения: 10.10.2022).
3. Xie T. Impact of different factors on greenhouse gas generation by wastewater treatment plants in China / T. Xie, C. Wang. — DOI 10.1109/ISWREP.2011.5893297 // International Symposium on Water Resource and Environmental Protection. — 2011. — Pp. 1448–1451.
4. Senatore V. Full-Scale Odor Abatement Technologies in Wastewater Treatment Plants (WWTPs): A Review / V. Senatore, T. Zarra, M.G. Galang, G. Oliva, A. Buonerba, C.-W. Li, V. Belgiorno, V. Naddeo — DOI 10.3390/w13243503 // Water. — 2021. — V. 13. — URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/24/3503> (дата обращения: 12.10.2022).
5. Rovira J. Air quality, health impacts and burden of disease due to air pollution (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, NO<sub>2</sub> and O<sub>3</sub>): Application of AirQ+ model to the Camp de Tarragona County (Catalonia, Spain) / J. Rovira, J.L. Domingo, M. Schuhmacher — DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.1355 // Science of The Total Environment. — 2020. — V. 703. — URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31759725/> (дата обращения: 13.10.2022).
6. Lagzi I. Atmospheric Chemistry / I. Lagzi, R. Mészáros, G. Gelybó, Á. Leelőssy — Eötvös Loránd University, 2013. — 208 p.
7. Jacobson T.A. Direct human health risks of increased atmospheric carbon dioxide. / T.A. Jacobson, J.S. Kler, M.T. Hernke, R.K. Braun, K.C. Meyer, W.E. Funk — DOI 10.1038/s41893-019-0323-1 // Nature Sustainability. — 2019. — V. 2. — Pp. 691–701. — URL: <https://www.nature.com/articles/s41893-019-0323-1> (дата обращения: 14.10.2022).
8. Byliński H. Namieśnik J. Evaluation of Health Hazard Due to Emission of Volatile Organic Compounds from Various Processing Units of Wastewater Treatment Plant / H. Byliński, J. Gębicki, J. Namieśnik — DOI 10.3390/ijerph16101712 // Int. J. Environ. Res. Public Health. — 2019. — V. 16. — URL: <https://www.mdpi.com/1660-4601/16/10/1712> (дата обращения: 14.10.2022).
9. Глуценко Е.С. Методы дезодорации сточных вод на канализационных очистных сооружениях / Е.С. Глуценко, А.А. Кадысева — DOI 10.31660/2782-232X-2021-2-40-49 // Архитектура, строительство, транспорт. — 2021. — № 2. — С. 40–49.

10. Shahnaz T. A Review: Methods for removal and adsorption of volatile organic compounds from environmental matrixes / T. Shahnaz, A.H. Hessam, P. Mostafa, M. Nabiollah — DOI 10.24200/amecj.v3.i02.100 // Analytical Methods in Environmental Chemistry Journal. — 2020. — V. 3. — Pp. 34–58. — URL: <http://journal.amecj.com/index.php/AMECJ-01/article/view/100> (дата обращения: 15.10.2022).
11. Gil R.R. VOCs removal by adsorption onto activated carbons from biocollagenic wastes of vegetable tanning / R.R. Gil, B. Ruiz, M.S. Lozano, M. Martin, E. Fuente — DOI 10.1016/j.cej.2014.02.012 // Chemical Engineering Journal. — 2014. — V. 245. — Pp. 80–88. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1385894714001405?via%3Dihub> (дата обращения: 15.10.2022).
12. Lingli Z. A critical review on VOCs adsorption by different porous materials: Species, mechanisms and modification methods / Z. Lingli, S. Dekui, L.K. Hong — DOI 10.1016/j.jhazmat.2020.122102 // Journal of Hazardous Materials. — 2020. — V. 389. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0304389420300881?via%3Dihub> (дата обращения: 15.10.2022).
13. Карагеоргос П. Устранение неприятных запахов от городских очистных сооружений канализации / П. Карагеоргос, М. Латос, М. Лазаридис, Н. Калогеракис // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. — 2018. — № 1. — С. 25–36.
14. Chen W.-H. Treating Odorous and Nitrogenous Compounds from Waste Composting by Acidic Chlorination Followed by Alkaline Sulfurization / W.-H. Chen, Y.-C. Lin, J.-H. Lin, P.-M. Yang, S.-R. Jhang — DOI 10.1089/ees.2013.0272 // Environmental Engineering Science. — 2014. — V. 31. — Pp. 583–592. — URL: <https://www.liebertpub.com/doi/10.1089/ees.2013.0272> (дата обращения: 15.10.2022).
15. Маркова О.Л. К вопросу дезодорации осадков сточных вод / О.Л. Маркова, Е.В. Зарицкая, Г.Б. Еремин // Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения. — 2020. — № 1. — С. 393–401.
16. Орлов В.А. Изучение процесса появления дурнопахнущих запахов в канализационных сетях и анализ средств их удаления / В.А. Орлов, А.В. Саймуллов, О.В. Мельник // Вестник МГСУ. — 2020. — Т. 15. — № 3. — С. 409–431.
17. Ren B. Current Status and Outlook of Odor Removal Technologies in Wastewater Treatment Plant / B. Ren, Y. Zhao, N. Lyczko, A. Nzihou — DOI 10.1007/s12649-018-0384-9 // Waste and Biomass Valorization. — 2019. — V. 10. — Pp. 1443–1458. — URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12649-018-0384-9> (дата обращения: 15.10.2022).
18. Малышева А.А. Биофильтрация как способ дезодорации газовых выбросов при работе станций аэрации / А.А. Малышева // Сантехника. — 2015. — № 3. — С. 40–43.
19. Tsang Y.F. Effects of high ammonia loads on nitrogen mass balance and treatment performance of a biotrickling filter / Y.F. Tsang, L. Wang, H. Chong — DOI 10.1016/j.psep.2015.08.008 // Process Safety and Environmental Protection. — 2015. — V. 98. — Pp. 253–260.

20. Talaiekhosani A. An overview of principles of odor production, emission, and control methods in wastewater collection and treatment systems / A. Talaiekhosani, M. Bagheri, A. Goli, M.R. Khoozani — DOI 10.1016/j.jenvman.2016.01.021 // Journal of Environmental Management. — 2016. — V. 170. — Pp. 186–206.
21. Beigi B.H.M. Hydrogen sulphide and VOC removal in biotrickling filters: Comparison of data from a full-scale, low-emission unit with kinetic models / B.H.M. Beigi, R.B. Thorpe, S. Ouki, P. Winter, A. Waalkens — DOI 10.1016/j.ces.2019.06.012 // Chemical Engineering Science. — 2019. — V. 208. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0009250919305093?via%3Dihub> (дата обращения: 15.10.2022).
22. Chai C. Carbon Footprint Analyses of Mainstream Wastewater Treatment Technologies under Different Sludge Treatment Scenarios in China / C. Chai, D. Zhang, Y. Yu, Y. Feng, M.-S. Wong — DOI 10.3390/w7030918 // Water. — 2015. — V. 7. — URL: <https://www.mdpi.com/2073-4441/7/3/918> (дата обращения: 15.10.2022).
23. Yarıcıoğlu P. Minimization of greenhouse gas emissions from extended aeration activated sludge process / P. Yarıcıoğlu — DOI 10.2166/wpt.2020.100 // Water Practice and Technology. — 2021. — V. 16. — Pp. 96–107.
24. Баженов В.И. Варианты технических решений по удалению запаха сточных вод / В.И. Баженов, Е.А. Королева // Научно-технический вестник Поволжья. — 2014. — № 5. — С. 104–107.
25. Bahi Y. Estimation of greenhouse gas (GHG) emissions from natural lagoon wastewater treatment plant: Case of Ain Taoujdate-Morocco / Y. Bahi, A. Akhssas, M. Khamar, L. Bahi, H. Souidi — DOI 10.1051/e3sconf/202015001012 // E3S Web of Conferences. — 2020. — V. 150. — URL: [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/10/e3sconf\\_e3e72020\\_01012/e3sconf\\_e3e72020\\_01012.html](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/10/e3sconf_e3e72020_01012/e3sconf_e3e72020_01012.html) (дата обращения: 15.10.2022).
26. Liao X. Quantifying urban wastewater treatment sector's greenhouse gas emissions using a hybrid life cycle analysis method — An application on Shenzhen city in China / X. Liao, Y. Tian, Y. Gan, J. Ji — DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.141176 // Science of the Total Environment. — 2020. — V. 745. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969720347057?via%3Dihub> (дата обращения: 17.10.2022).
27. Wei L. Development, current state and future trends of sludge management in China: Based on exploratory data and CO<sub>2</sub>-equivalent emissions analysis / L. Wei, F. Zhu, Q. Li, C. Xue, X. Xia, H. Yu, Q. Zhao, J. Jiang, S. Bai — DOI 10.1016/j.envint.2020.106093 // Environment International. — 2020. — V. 144. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412020320481> (дата обращения: 17.10.2022).

**Glushchenko Ekaterina Sergeevna**

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

E-mail: [ekaterina.gluschenko.1997@mail.ru](mailto:ekaterina.gluschenko.1997@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8943-4056>

RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=1008118](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1008118)

**Kadyseva Anastasiya Aleksandrovna**

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

E-mail: [kadyseva@mail.ru](mailto:kadyseva@mail.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8703-5684>

RSCI: [https://elibrary.ru/author\\_profile.asp?id=698088](https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=698088)

## **Analysis of the air treatment effectiveness at wastewater treatment plants with sorption**

**Abstract.** The article presents the results of air quality research at wastewater treatment plant as well as the effective work indices of air treatment unit by sorption. The problem of atmospheric air pollution is important nowadays from both scientific and applied point of view. The research of gas-air mixture quality was carried out at wastewater treatment plants in grid and sand trap unit. Based on the concentrations of hydrogen sulfide, ammonia, carbon monoxide, nitrogen dioxide, methane and sulfur dioxide, the sorption effectiveness was evaluated. Also, while researching, the possible negative impact of these contaminants on human health over a long period was calculated. Air quality study was carried out in two stages: directly after commissioning the air treatment unit and after two months of its continuous operating. The research results show that the sorption method decreases the main contaminants concentrations to maximum permissible concentrations. The disadvantage of this method is the significant reduction of sorbent work effectiveness after short operation period. The effectiveness decrease causes the excess of maximum permissible concentrations after air treatment unit, that leads to the increase of negative impact of pollutants on human health.

**Keywords:** odour; wastewater; atmospheric air; carcinogenic risk assessment; wastewater treatment plants; effectiveness