

© Зарицкая Е.В., Ганичев П.А., Михеева А.Ю., Маркова О.Л., Еремин Г.Б., Мясников И.О., 2020
УДК 614.7

К вопросу о контроле летучих загрязняющих соединений, формирующих запахи, при деятельности канализационных очистных сооружений

Е.В. Зарицкая¹, П.А. Ганичев¹, А.Ю. Михеева², О.Л. Маркова¹, Г.Б. Еремин¹, И.О. Мясников¹

¹ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора,
2-я Советская ул., д. 4, г. Санкт-Петербург, 191036, Российская Федерация

²ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева», Московский пр., д. 19,
г. Санкт-Петербург, 190005, Российская Федерация

Резюме: *Введение.* Как известно, проблема сильного неприятного запаха от деятельности канализационных очистных сооружений является достаточно острой и широко распространенной, обусловленной тем, что канализационные очистные сооружения строятся на окраинах, когда жилой застройки вокруг не было, но с ее развитием многие из них теперь находятся в черте города или окружены дачными, коттеджными поселками. Неприятный запах воспринимается населением как сигнал ухудшения качества атмосферного воздуха и сопровождается появлением у большинства людей негативных эмоций, неблагоприятных рефлекторных реакций и ухудшением самочувствия. *Материалы и методы.* В рамках настоящей работы проведены исследования осадка сточных вод очистных сооружений для выявления всего спектра химических веществ, способных мигрировать в атмосферный воздух, определены приоритетные показатели, вносящие вклад в формирование запаха. Исследования осадков сточных вод проводились в моделируемых условиях с использованием современных высокоточных методов: масс-спектрометрического, спектрофотометрического, флуориметрического, газовой и высокоэффективной жидкостной хроматографии. *Заключение.* В результате проведенной работы сформирован перечень веществ, подлежащих лабораторному контролю, и обоснована целесообразность их определения при наличии жалоб населения на неприятный запах, возникающий при деятельности очистных сооружений.

Ключевые слова: запах, летучие загрязняющие соединения, атмосферный воздух, осадки сточных вод, активный ил, канализационные очистные сооружения.

Для цитирования: Зарицкая Е.В., Ганичев П.А., Михеева А.Ю., Маркова О.Л., Еремин Г.Б., Мясников И.О. К вопросу о контроле летучих загрязняющих соединений, формирующих запахи, при деятельности канализационных очистных сооружений // Здоровье населения и среда обитания. 2020. № 10 (331). С. 52–55. DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-52-55>

On the Issue of Monitoring Odor-Generating Volatile Pollutants during Sewage Treatment Plant Operation

E.V. Zaritskaya¹, P.A. Ganichev¹, A.Yu. Mikheeva², O.L. Markova¹, G.B. Yeremin¹, I.O. Myasnikov¹

¹North-West Public Health Research Center, 4th Sovetskaya Street, Saint Petersburg, 191036, Russian Federation

²D.I. Mendeleev Institute for Metrology, 19 Moskovsky Avenue, Saint Petersburg, 190005, Russian Federation

Summary. *Introduction:* The problem of strong offensive odor produced by operation of sewage treatment plants is known to be quite pressing and common. It is now related to the fact that urban development made these plants, once built on the outskirts, appear within city boundaries, near summerhouses and cottage villages. Malodor is perceived by local population as a sign of poor ambient air quality that evokes negative emotions and unfavorable reflex responses and makes most people feel unwell. *Materials and methods:* We analyzed sewage sludge from wastewater treatment plants for the whole range of chemicals that can migrate into ambient air and identified priority odor-generating pollutants. Sewage sludge testing was carried out in simulated conditions using advanced high-precision analytical techniques such as mass-spectrometry, spectrophotometry, fluorimetry, gas chromatography, and high performance liquid chromatography. *Conclusions:* Based on study results, we developed a list of chemicals subject to laboratory monitoring and substantiated the expediency of their detection in the presence of public complaints of offensive odors coming from sewage treatment plants.

Keywords: odor, volatile pollutants, ambient air, sewage sludge, activated sludge, sewage treatment plant.

For citation: Zaritskaya E.V., Ganichev P.A., Mikheeva A.Yu., Markova O.L., Yeremin G.B., Myasnikov I.O. On the issue of monitoring odor-generating volatile pollutants during sewage treatment plant operation. *Zdorov'e Naseleeniya i Sreda Obitaniya*. 2020; (10(331)):52–55. (In Russian) DOI: <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-52-55>

Author information: Zaritskaya E.V., <https://orcid.org/0000-0003-2481-1724>; Ganichev P.A., <https://orcid.org/0000-0003-0954-8083>; Mikheeva A.Yu., <https://orcid.org/0000-0003-1032-5653>; Markova O.L., <https://orcid.org/0000-0002-4727-7950>; Yeremin G.B., <https://orcid.org/0000-0002-1629-5435>; Myasnikov I.O., <https://orcid.org/0000-0002-4459-2066>.

Введение. При очистке городских сточных вод образуется большое количество осадка. В странах, частично или полностью находящихся на территории водосбора Балтийского моря, ежегодно образуется около 3,5 млн тонн сухого вещества осадка, и это количество, как ожидается, в 2020 г. увеличится почти до 4 млн тонн. Все технологические процессы, связанные с транспортировкой и обработкой сточных вод, имеющих сложный состав с большим содержанием органических соединений, являются источниками вредных веществ, выделяющихся в газообразном состоянии в атмосферу, а некоторые из них формируют сильный неприятный запах [1–4]. Осадки сточных вод непрерывно образуются на сооружениях водоподготовки и очистки сточных вод, которые в соответствии с Федеральным классификационным каталогом отходов относятся к группе «отходы при

водоснабжении, водоотведении, деятельности по сбору, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов» [5]. Таким образом, осадки сточных вод – это группа отходов, образующихся на сооружениях механической, биологической и физико-химической очистки сточных вод поселений и близких к ним по составу производственных сточных вод [6, 7]. Осадки относятся к крупнотоннажным отходам, образуются непрерывно, длительное их накопление на территории сооружений водоподготовки и очистки сточных вод невозможно, так как может привести к нарушению технологического режима работы сооружений и оказать негативное влияние на окружающую среду [8–11].

Причинами специфического запаха воздуха вблизи канализационных очистных сооружений (КОС) являются летучие вещества, выделяемые осадками сточных вод и активными илами [12–14].

Как известно, загрязнение воздуха веществами, обладающими запахом, очень распространено, а обнаружение запаха воспринимается населением как сигнал ухудшения качества атмосферного воздуха. Восприятие запахов тесно связано с лимбической системой, принимающей непосредственное участие в эмоциональном восприятии и поведенческих реакциях человека. Запахи влияют не только на настроение и поведение, но и на общее самочувствие человека: могут способствовать изменению кровяного давления, частоты сердцебиения, вводить человека в состояние возбуждения или подавленности и т. д. [15, 16].

Запах, ощущаемый человеком, является одним из важнейших показателей, влияющих на оценку человеком качества среды обитания. Для предупреждения запаха в атмосферном воздухе установлена максимальная разовая концентрация ПДК (ПДК_р), которая в 64 % случаев обоснована оценкой влияния веществ на обонятельный анализатор человека. Однако даже в случае соблюдения нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ), установленных с учетом ПДК_р, в районе размещения очистных сооружений, выбрасывающих пахучие вещества, часто ощущается специфический неприятный запах, вызывающий жалобы населения.

Поскольку запахи могут негативно сказываться на самочувствии и даже на здоровье человека, управление выбросами летучих загрязняющих веществ является одной из актуальных гигиенических проблем [17–20]. Это требует детального изучения формирования выбросов и гигиенической оценки загрязнения атмосферного воздуха в районе размещения осадков сточных вод.

Цель исследования. Данная работа была направлена на изучение осадков сточных вод очистных сооружений с точки зрения выделяющихся из них летучих и высоколетучих органических соединений (ЛОС и ВЛОС)¹, формирующих запахи. Целью работы было определение приоритетных показателей, вносящих вклад в формирование запаха, и проведение гигиенической оценки полученных результатов.

Материалы и методы. Исследования осадка сточных вод очистных сооружений проведены на базе Испытательного лабораторного центра ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» и Химико-аналитического центра «Арбитраж» ФГУП «ВНИИМ им. Д.И. Менделеева». Исследованию подлежали образцы осадков сточных вод, обезвоженные механическим способом, представляющие собой смесь избыточного ила и сырого осадка в процентном соотношении ил/осадок: 30/70.

В лаборатории ХАЦ «Арбитраж» был выполнен анализ газовой выделений из иловых осадков в рамках исследования пробы неизвестного состава с целью определения перечня ЛОС и ВЛОС, которые потенциально могут являться причиной неприятного запаха. Исходя из поставленной задачи в качестве приоритетных были выделены следующие группы веществ: серосодержащие ЛОС и ВЛОС (сероводород, меркаптаны, летучие сульфиды и дисульфиды), ЛОС (ароматические, альдегиды, кетоны, терпены), аммиак и летучие алифатические амины, карбонилсодержащие соединения (формальдегид, ацетальдегид и т. д.), фенол и его производные.

Для измерений выбранных приоритетных компонентов были использованы современные высокоточные аналитические методы: спектрофотометрия, флуориметрия, высокоэффективная жидкостная хроматография с детектором на основе диодной матрицы (ВЭЖХ-ДМ) и газовая хроматография с масс-спектрометрическим детектированием (ГХ-МС). Краткая информация об использованных аналитических методах и процедурах измерений приведена в табл. 1.

Результаты исследования. На основании полученных результатов измерений был сформирован перечень веществ, присутствующих в газовой среде над иловыми осадками, а также выделены компоненты, представляющие наибольший интерес в рамках данного исследования. Весь спектр детектируемых веществ представляет собой продукты деструкции белков, жиров, углеводов, составляющих наибольший процент в осадках. В состав летучих компонентов входили

Таблица 1. Использованные аналитические методы и процедуры измерений
Table 1. Test methods and procedures applied

Компоненты / Components	Методы измерений / Test methods	Процедуры измерений / Test procedures
ЛОС и ВЛОС, в том числе серосодержащие / Volatile organic compounds and highly volatile organic compounds including those containing sulfur	ГХ-МС с термодесорбцией / GC-MS with thermal desorption	Динамический парофазный анализ, исчерпывающая экстракция на комбинированный полимерный сорбент Tenax TA / Carbograph / Dynamic headspace analysis, exhaustive extraction on the combined polymer sorbent Tenax TA/Carbograph
Сероводород / Hydrogen sulfide	Флуориметрия / Fluorimetry	Динамический парофазный анализ, исчерпывающая экстракция в щелочной водный раствор / Dynamic headspace analysis, exhaustive extraction into alkaline aqueous solution
Меркаптаны / Mercaptans	ГХ-МС / GC-MS	Прямой ввод паровой фазы / Direct vapor injection
Амины / Amines	ГХ-МС / GC-MS	Статический парофазный анализ из щелочного водного раствора / Static headspace analysis from alkaline aqueous solution
Аммиак / Ammonia	Спектрофотометрия / Spectrophotometry	Динамический парофазный анализ, исчерпывающая сорбция в кислотный раствор / Dynamic headspace analysis, exhaustive sorption into acid solution
Карбонилсодержащие соединения / Carbonyl compounds	ВЭЖХ-ДМ / HPLC -DM	Экстракция в дистиллированную воду в УЗ-поле, дериватизация 2,4-ДНФГ / Extraction into distilled water in an ultrasonic field, derivatization of 2,4-DNPH
Фенол и его производные / Phenol and its derivatives	Флуориметрия / Fluorimetry	Экстракция в дистиллированную подкисленную воду, добавление сернокислой меди, перегонка, очистка экстракта гексаном / Extraction into distilled acidified water, addition of copper sulfate, distillation, purification of the extract with hexane

¹ Согласно ГОСТ Р ИСО 16000-5-2009, к ЛОС относятся органические соединения, температура кипения которых находится в диапазоне от (50–100) °С до (240–260) °С, к ВЛОС — в диапазоне от менее 0 °С до (50–100) °С.

соединения, содержащие трансформированные аминогруппы, карбоксильные группы, насыщенные и ненасыщенные радикалы.

В ходе эксперимента были идентифицированы и измерены следующие химические соединения: метилмеркаптан, диметилсульфид, дисульфид углерода (сероуглерод), ацетон, 2-метилфуран, бутанон-2, толуол, формальдегид, ацетальдегид, изопропанол, бутанол-2, бутаналь, α -пинен, лимонен, углеводороды C_9-C_{13} нормального, изомерного и циклического строения (7 конгенов), фенолы, сероводород, аммиак. Все обнаруженные вещества являются продуктами деструкции основных составляющих иловых осадков (белков, жиров и углеводов) и содержат в молекулах трансформированные аминогруппы, карбоксильные группы, насыщенные и ненасыщенные радикалы. Большинство из перечисленных выше соединений обладают специфическим запахом, имеют гигиенические нормативы – предельно допустимые концентрации (ПДК), ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и обладают рефлекторным или рефлекторно-резорбтивным лимитирующими показателями вредности. Следует отметить, что порог восприятия человеком запаха сероводорода, ацетона, метилмеркаптана, диметилсульфида ниже, чем установленные максимальные разовые ПДК в атмосферном воздухе.

В ходе исследований воздушной модельной среды также были идентифицированы и измерены углеводороды C_9-C_{13} нормального, изомерного и циклического строения, для которых не установлены предельно допустимые концентрации в атмосферном воздухе.

В табл. 2 представлены расчетные данные о содержании ЛОС и ВЛОС, выделяемых в воздух из 1 кг ила в модельных условиях, и их оценка

Таблица 2. Содержание летучих загрязняющих соединений в воздушной среде, выделяемых из 1 кг иловых осадков

Table 2. Airborne concentrations of volatile compounds emitted by 1 kg of sludge

Летучие соединения / Volatile compounds	ПДК, мг/м ³ / Maximum permissible concentration (MPC), mg/m ³	Массовая концентрация (С), мг/м ³ / Mass concentration (C), mg/m ³	С/ПДК (или ОБУВ) / С/МРС (or indicative safe exposure level)
Метилмеркаптан (метантиол) / Methyl mercaptan	0,006	0,0025	0,42
Диметилсульфид / Dimethyl sulphide	0,8	0,0057	0,007
Дисульфид углерода (сероуглерод) / Carbon disulfide	0,03/0,005	0,0001	0,003
Ацетон (пропан-2-он) / Acetone	0,35	0,19	0,54
2-Метилфуран / 2-Methylfuran	–	0,0005	–
Изопропанол / Isopropanol	0,6	0,22	0,37
Бутанон-2 / Butanone-2	ОБУВ 0,1 / indicative safe exposure level 0,1	0,19	1,9
Бутанол-2 / Butanol-2	0,1	0,14	1,4
Бутаналь / Butanal	0,015/0,0075	0,0003	0,02
Толуол (метилбензол) / Toluene (methylbenzene)	0,6	0,14	0,23
α -Пинен / α -Pinene	0,3	0,00082	0,003
Лимонен / Limonene	0,08	0,00077	0,01
Углеводороды C_9-C_{13} нормального, изомерного и циклического строения (сумма 7 конгенов) / Hydrocarbons C_9-C_{13} of normal, isomeric and cyclic structure (sum of 7 congeners)	–	0,0082	–
Формальдегид / Formaldehyde	0,05/0,01	0,0041	0,08
Ацетальдегид / Acetaldehyde	0,01	0,0073	0,73
Сероводород / Hydrogen sulfide	0,008	0,0026	0,32
Аммиак / Ammonia	0,2/0,04	0,032	0,16
Фенолы летучие / Volatile phenols	0,01/0,006	0,0035	0,35

относительно установленных нормативов, что в целом характеризует способность осадков илов к эмиссии дурнопахнущих веществ.

Выводы

В ходе исследований иловых осадков были идентифицированы и измерены 18 химических соединений, вносящих вклад в формирование запаха при деятельности КОС, однако к приоритетным можно отнести 10 следующих показателей: метилмеркаптан, диметилсульфид, дисульфид углерода, ацетон, бутанон-2, толуол, формальдегид, ацетальдегид, сероводород, аммиак.

В целях контроля качества атмосферного воздуха по химическим показателям, ассоциированным с запахом, на границе санитарно-защитной зоны КОС и ближайшей жилой застройки можно рекомендовать включить в программу производственного контроля вышеупомянутые вещества.

Проблема запахов в атмосферном воздухе остается очень актуальной в настоящее время, требует дальнейшего изучения, разработки новых подходов и гигиенических нормативов.

Информация о вкладе авторов: концепция и дизайн исследования – Зарицкая Е.В., Михеева А.Ю.; получение данных для анализа – Зарицкая Е.В., Михеева А.Ю.; сбор и обработка материала, статистическая обработка – Зарицкая Е.В., Ганичев П.А., Маркова О.Л.; написание текста – Зарицкая Е.В., Ганичев П.А., Маркова О.Л., Еремин Г.Б., Мясников И.О.; обзор публикаций по теме статьи Ганичев П.А., Еремин Г.Б.

Финансирование. Работа не имела спонсорской поддержки.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы (п. 2 см. References)

1. Аверьянов В.Н., Борткевич В.С. Комплексное решение задач обработки и утилизации осадка сточных вод

- городских станций аэрации // Водочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. 2011. № 7 (43). С. 30–35.
3. Благоразумова А.М. Обработка и обезвоживание осадков городских сточных вод. СПб.: Издательство Лань, 2014. 208 с.
 4. Семенова В.В., Аликбаева Л.А. Оценка токсичности и опасности отходов, образующихся при очистке городских сточных вод и сжигании осадка // Гигиена и санитария. 2008. № 2. С. 52–54.
 5. Фридман К.Б., Ф.И. Лобанов, Крюкова Т.В. и др. Современные технологии утилизации осадков очистных сооружений канализации в Санкт-Петербурге // Профилактическая и клиническая медицина. 2015. № 2 (55). С. 28–33.
 6. Фридман К.Б., Мироненко О.В., Белкин А.С. и др. Экспериментальное обоснование программы гигиенической оценки метода геотубирования при складировании осадков городских сточных вод // Вестник СПбГУ. 2017. № 2. С. 202–211.
 7. Магомедов Х.К., Фридман К.Б., Белкин А.С. и др. Гигиеническая оценка метода геотубирования осадков городских очистных сооружений канализации // Гигиена и санитария. 2017. Т. 96. № 7. С. 623–626.
 8. Кинебас А.К., Васильев Б.В., Григорьева Ж.Л. и др. Обезвоживание осадков сточных вод на очистных сооружениях Санкт-Петербурга // Водоснабжение и санитарная техника. 2010. № 9. С. 54–59.
 9. Туровский И.С. Осадки сточных вод. Обезвоживание и обеззараживание. М.: ДеЛи принт, 2008. 375 с.
 10. Капелькина Л.П., Скорик Ю.И., Венчулис Л.С. Использование осадка сточных вод для рекультивации земель на полигонах ТБО // Экология и промышленность России. 2009. № 9. С. 15.
 11. Мирный А.Н. Критерии выбора технологии обезвреживания и переработки твердых бытовых отходов // Чистый город. 1998. № 1. С. 8–15.
 12. Рублевская О.Н. Мероприятия по предотвращению распространения неприятных запахов на объектах ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» // Водоснабжение и санитарная техника. 2013. № 10. С. 46–55.
 13. Свицков С.В., Данилович Д.А., Азаров В.Н. Очистные сооружения как источник неприятного запаха: причины, характеристики и методы борьбы // Водоснабжение и санитарная техника. 2016. № 7. С. 24–32.
 14. Храменков С. В., Пахомов А. Н., Данилович Д. А. и др. Методы предотвращения распространения неприятных запахов от сооружений канализации // Водоснабжение и санитарная техника. 2006. № 11-1. С. 40–47.
 15. Цибульский В.В., Яценко-Хмелевская М.А., Хитрина Н.Г. и др. Исследование запаха очистных сооружений // Экология производства. 2011. № 4. С. 52–56.
 16. Яценко-Хмелевская М.А., Цибульский В.В., Хитрина Н.Г., Короленко Л.И. Ольфактометрические исследования выбросов запаха на российских предприятиях // Биосфера. 2013. № 3. С. 303–310.
 17. Мироненко О.В., Копытенкова О.И., Леванчук А.В. и др. Гигиеническая оценка влияния метана, поступающего из тела полигона для складирования осадков сточных вод, на состояние воздушного бассейна // Вестник СПбГУ. 2018. Т. 13. № 3. С. 316–324.
 18. Калинина Е.В., Добрынина О.М. Экспериментальные исследования по получению биогаза из избыточного активного ила г. Перми // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. 2012. Т. 4. С. 323–329.
 19. Демидова С.В., Орлова Г.П., Фридман К.Б. и др. Влияние загрязнения атмосферы на структуру болезней органов дыхания в различных районах Санкт-Петербурга // Вестник Санкт-Петербургской государственной медицинской академии им. И.И. Мечникова, 2009. № 1(30). С. 47–51.
 20. Свицков С.В. Внедрение технологии уничтожения неприятных запахов «Мокрый барьер» на очистных сооружениях г. Анапа // Наилучшие доступные технологии водоснабжения и водоотведения. 2015. № 3-4. С. 36–41.
 3. Blagorazumova AM. [Treatment and dewatering of municipal sewage sludge]. Saint Petersburg: Lan' Publ., 2014. 208 p. (In Russian).
 4. Semenova VV, Alikbayeva LA. Evaluation of the toxicity and hazard of waste resulting from municipal sewage purification and sediment incineration. *Gigiena i Sanitariya*. 2008; (2):52-54. (In Russian).
 5. Fridman KB, Lobanov FI, Kryukova TV, et al. Modern technologies of recycling deposits of sewage treatment facilities in St. Petersburg. *Profilakticheskaya i Klinicheskaya Meditsina*. 2015; (2(55)):28-33. (In Russian).
 6. Fridman KB, Mironenko OV, Belkin AS, et al. Experimental basis for hygienic assessment methods using geotube dewatering during storage of municipal wastewater precipitants. *Vestnik SPbGU. Medicine*. 2017; (2):202-211. (In Russian).
 7. Magomedov KK, Fridman KB, Belkin AS, et al. Experimental substantiation of the hygienic assessment method of the geotubing of deposits from urban sewage treatment facilities. *Gigiena i Sanitariya*. 2017; 96(7):623-626. (In Russian).
 8. Kinebas AK, Vasil'yev BV, Grigor'yeva ZhL, et al. Sewage sludge dehydration at St. Petersburg treatment facilities. *Vodsnabzheniye i Sanitarnaya Tekhnika*. 2010; (9):54-59. (In Russian).
 9. Turovskiy IS. *Sewage sludge. Dehydration and decontamination*. Moscow: DeLi Print Publ., 2008. P. 375. (In Russian).
 10. Kapel'kina LP, Skorik YuI, Ventsyulis LS. Application of sewage sediments for revegetation of solid household waste range. *Ekologiya i Promyshlennost' Rossii*. 2009; (9):15. (In Russian).
 11. Mirnyi AN. Criteria for selection of technology for neutralization and processing of municipal solid waste. *Chisty Gorod*. 1998; (1):8-15. (In Russian).
 12. Rublevskaya ON. Measures on preventing malodors release at the facilities of SUE "Vodokanal of St. Petersburg". *Vodsnabzheniye i Sanitarnaya Tekhnika*. 2013; (10):46-55. (In Russian).
 13. Svitskov SV, Danilovich DA, Azarov VN. Wastewater treatment facilities as a source of malodors: causes, characteristics and methods of control. *Vodsnabzheniye i Sanitarnaya Tekhnika*. 2016; (7):24-32. (In Russian).
 14. Khramenkov SV, Pakhomov AN, Danilovich DA, et al. Methods of prevention of objectionable odors propagation from sewage facilities. *Vodsnabzheniye i Sanitarnaya Tekhnika*. 2006; (11-1):40-47. (In Russian).
 15. Tsubul'skiy VV, Yatsenko-Khmelevskaya MA, Khitrina NG, et al. [Treatment plant odor survey.] *Ekologiya Proizvodstva*. 2011; (4):52-56. (In Russian).
 16. Yatsenko-Khmelevskaya MA, Tsubul'skiy VV, Khitrina NG, et al. [Olfactometric investigations of odor emissions at Russian industrial enterprises.] *Biosfera*. 2013; 5(3):303-310. (In Russian).
 17. Mironenko OV, Kopytenkova OI, Levanchuk AV, et al. Hygienic evaluation of the influence of methane from the body of the range storage of sedimentary waste deposits on the condition of the airborn for. *Vestnik SPbGU*. 2018; 13(3):316-324. (In Russian).
 18. Kalinina EV, Dobrynina OM. [Experimental studies on biogas production from excess activated silt in Perm.] *Modernizatsiya i Nauchnye Issledovaniya v Transportnom Komplekse*. 2012; 4:323-329. (In Russian).
 19. Demidova SV, Orlova GP, Fridman KB, et al. [Influence of air pollution on the structure of respiratory diseases in various districts of St. Petersburg.] *Vestnik Sankt-Peterburgskoi gosudarstvennoi meditsinskoi akademii im. I.I. Mechnikova*. 2009; (1(30)):47-51. (In Russian).
 20. Svitskov SV. [Introduction of the "Wet Barrier" technology for elimination of unpleasant odors at sewage treatment facilities in Anapa.] *Nailuchshie Dostupnye Tekhnologii Vodsnabzheniya i Vodootvedeniya*. 2015; (3-4):36-41. (In Russian).

References

1. Aver'yanov VN, Bortkevich VS. [Complex solution of tasks of treatment and disposal of sewage sludge of urban aeration plants.] *Vodochistka. Vodopodgotovka. Vodsnabzheniye*. 2011; (7(43)):30-35. (In Russian).
2. Zhang X, Matsuto T. Assessment of internal condition of waste in a roofed landfill. *Waste Manag*. 2013; 33(1):102-108. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2012.08.008>

Контактная информация:

Зарицкая Екатерина Викторовна, руководитель отдела лабораторных исследований ФБУН «Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья» Роспотребнадзора
e-mail: zev-79@mail.ru

Corresponding author:

Ekaterina V. Zaritskaya, Head of the Laboratory Research Department, North-West Public Health Research Center of Rosпотребнадзор
e-mail: zev-79@mail.ru