

Определение приоритетных загрязнителей воздушной среды на площадках размещения илов канализационных очистных сооружений при установлении санитарной защитной зоны

С. Н. Носков^{1,2}, О. Л. Маркова¹, Е. В. Зарицкая¹,
Г. Б. Еремин¹, Д. С. Исаев¹, О. В. Мироненко²

¹ Северо-Западный научный центр гигиены и общественного здоровья,
Российская Федерация, 191036, Санкт-Петербург, 2-я Советская ул., 4

² Северо-Западный государственный медицинский университет им. И. И. Мечникова,
Российская Федерация, 191015, Санкт-Петербург, Кирочная ул., 41

Для цитирования: Носков С. Н., Маркова О. Л., Зарицкая Е. В., Еремин Г. Б., Исаев Д. С., Мироненко О. В. Определение приоритетных загрязнителей воздушной среды на площадках размещения илов канализационных очистных сооружений при установлении санитарной защитной зоны // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. 2022. Т. 17. Вып. 4. С. 305–314. <https://doi.org/10.21638/spbu11.2022.406>

В настоящее время для обработки осадка сточных вод используются различные процессы с целью уменьшения объема и количества осадка, а также аэробной стабилизации осадка. Тем не менее иловые площадки продолжают представлять угрозу санитарно-эпидемиологическому благополучию населению как источник неприятного запаха. Цель данного исследования — определение состава специфических загрязняющих веществ в выбросах, образующихся на иловых площадках г. Зеленогорска. Материалами исследования послужили отобранные образцы сырого осадка и ила после стадии уплотнения перед поступлением на иловые поля. Для измерения выбранных загрязняющих веществ были использованы такие методы, как газовая хроматография с масс-спектрометрическим детектором, высокоэффективная жидкостная хроматография с УФ-детектором на основе диодной матрицы, флуориметрия и капиллярный электрофорез. Всего проанализировано 60 газовойоздушных проб. В результате эксперимента были обнаружены девять классов соединений. На вторые сутки отмечается преобладание в выбросах ароматических соединений (83%), суммарная эмиссия составила 181,4 мг/кг сухого веса осадка. На десятые сутки выявлено преобладание азотосодержащего соединения (65%) и органических кислот (32,5%), суммарная эмиссия составила 75,5 мг/кг, а содержание ароматических соединений — 1,2%. В результате определены приоритетные химические соединения в выбросах и отмечены специфические вещества, которые могут дополнительно войти в программу исследований качества атмосферного воздуха при установлении санитарно-защитной зоны.

Ключевые слова: осадки сточных вод, канализационные очистные сооружения, иловые площадки, загрязняющие вещества, дурно пахнущие вещества.

Актуальность

Производство значительного количества осадка сточных вод (ОСВ) продолжает оставаться глобальной экологической проблемой. В странах Евросоюза рост числа очистных сооружений привел к образованию более 7,5 млн тонн ОСВ в пересчете на сухое вещество [1]. В Российской Федерации на муниципальных сооружениях по очистке сточных вод образуется более 100 млн м³ осадков при среднегодовой влажности 96 % [2].

В настоящее время для обработки ОСВ используются различные процессы, такие как внесение в землю, сжигание, компостирование (анаэробное сбраживание), с целью уменьшения объема и количества осадка, а также для аэробной стабилизации осадка. Тем не менее иловые площадки продолжают занимать большие площади земель, что вызывает неизбежные экологические и социальные проблемы, такие как выбросы различных газообразных соединений, ответственных за неприятный запах и загрязнение атмосферы.

Для решения обозначенных проблем важным этапом является идентификация спектра летучих химических соединений, вносящих основной вклад в формирование запаха осадков сточных вод. Присутствие дурно пахнущих веществ в газовых выбросах обусловлено биологическим разложением органических соединений и соединений на основе азота и серы в зависимости от условий (аэробных или анаэробных) процесса обработки и хранения иловых осадков [3–6]. В ряде научных исследований проведена инвентаризация газообразных и пахучих выбросов, образующихся в процессе компостирования осадка сточных вод с очистных сооружений [7–10].

В работе R. Lebrero и соавт. на основании проведенного исследования были идентифицированы восемь соединений различных химических классов: производные серы, ароматические вещества, терпены, альдегиды и летучие жирные кислоты: метантиол, толуол, лимонен, бензол, диметилтрисульфид (ДМТС), уксусная кислота, бензальдегид и пропионовая кислота [11]. Данные соединения являются типичными промежуточными продуктами процессов ферментации.

В ранее выполненном исследовании T. Zarrae эти соединения были обнаружены в пахучих выбросах загустителей, центрифугах и при технологических операциях удаления осадка [12]. Метантиол и ДМТС также были определены как основные соединения серы, присутствующие в пространстве муниципальных контейнеров для ила в статье H. K. Son и B. A. Striebig [13].

В результате анализа воздушных проб на содержание летучих органических соединений (ЛОС) в публикации D. González [14] выделены классы дурно пахнущих веществ: соединения серы — диметилсульфид (DMS) и диметилдисульфид (DMDS), кетоны — в основном 2-бутанон и 2-пентанон, ароматические углеводороды — толуол и м-ксилолом, а также алканы. Терпены — преимущественно α -пинен являются основным семейством ЛОС, их содержание составляет от 50 до 80 %. Органические сульфиды часто встречаются в зловонных выбросах при сгущении, обезвоживании и хранении осадка. Они обладают характерным запахом гнилой капусты или чеснока [14–16].

Исследования газообразных выбросов при компостировании сырого и анаэробно сброженного осадка представлены в работе S. Maulini-Duran и соавт.

ЛОС были классифицированы по следующим химическим классам: спирты, сложные эфиры, фураны, кетоны, алифатические углеводороды, ароматические углеводороды, азотсодержащие соединения, серосодержащие соединения и терпены [17].

Таким образом, в ранее выполненных исследованиях представлен широкий перечень классов химических веществ, ответственных за типичный запах, выделяемый при очистке осадка сточных вод. Уровень запаха и концентраций целевых загрязняющих веществ в газовых выбросах определяется характеристиками исходного сырья и аэробными или анаэробными условиями обработки и хранения иловых осадков.

Цель данной работы состояла в определении состава специфических загрязняющих веществ в выбросах, образующихся на иловых площадках (на примере г. Зеленогорска) в результате процессов биотрансформации органических веществ.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

— провести анализ проб неизвестного состава воздушной среды при складировании осадков сточных вод в лабораторных условиях;

— составить перечень загрязняющих веществ, характерных для данной технологии утилизации ОСВ;

— на основании полученных данных дать качественную характеристику загрязняющих веществ в составе выбросов, определить классы химических веществ, выделяющихся из образцов ОСВ и имеющих пороги ольфактометрического действия;

— на основании полученных данных дать количественную характеристику загрязняющих веществ, образующихся в результате биотрансформации соединений в образцах осадков на двух стадиях: первая — поступление смеси осадка и сырого ила на иловые площадки (вторые сутки); вторая — после прохождения процесса созревания (десятые сутки).

Материалы и методы

Образцы сырых осадков и ила были отобраны после стадии уплотнения перед поступлением на иловые поля. Исследования проводились в период с июня по сентябрь 2022 г., что предполагало наихудшие условия с точки зрения выбросов загрязняющих веществ из-за высоких температур окружающей среды. Рабочие характеристики осадка на период исследований представлены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты анализа осадка и смеси осадков канализационных очистных сооружений Зеленогорска 2021–2022 гг.

Характеристика образца	pH	Влажность, %	Зольность, %	Содержание песка, %
Сырой осадок	–	94,5–97,2	33,6–40,4	0,6–1,4
Уплотненный ил/осадок	7,5	93,6–98,3	30,2–42,1	1,0–11,0

Исследования проводились на базе Испытательного лабораторного центра Северо-Западного научного центра гигиены и общественного здоровья и Химико-аналитического центра «Арбитраж» Всероссийского научно-исследовательского института метрологии им. Д. И. Менделеева.

Исследования газовыделений иловых осадков выполняли путем помещения осадка в склянку Дрекслея в статических условиях при температуре воздуха 20 ± 2 °С и времени экспозиции — 2 и 10 суток. В рамках исследования пробы неизвестного состава был выполнен анализ летучих органических соединений и высоколетучих органических соединений, которые потенциально могут являться причиной неприятного запаха.

Для измерения выбранных загрязняющих веществ были использованы методы: ГХ-МС (газовая хроматография с масс-спектрометрическим детектором), ВЭЖХ-УФДМ (высокоэффективная жидкостная хроматография с УФ-детектором на основе диодной матрицы), флуориметрия и капиллярный электрофорез. Для оценки эмиссии загрязняющих веществ было проанализировано 60 газовойздушных проб.

Результаты и обсуждение

Как следует из вышеизложенного, хранение осадка сточных вод вызывает неприятный запах в окружающей среде. В научной литературе и проектной документации представлено недостаточно информации о количественной и качественной оценке выбросов загрязняющих веществ, отвечающих за наличие запаха в результате различных стратегий обработки осадков. В связи с этим мы провели серию лабораторных исследований образцов осадков с очистных сооружений после обработки хозяйственно-бытовых вод.

В результате проведенных исследований воздушной среды на вторые и десятые сутки эксперимента были обнаружены органические соединения, относящиеся к классам спиртов, кетонов, альдегидов, терпенов, серосодержащих, хлорорганических, ароматических, азотсодержащих, бициклических соединений. Результаты исследований (средние значения) представлены в табл. 2.

В суммарной эмиссии преобладают ароматические соединения (83 % при максимальной концентрации толуола — 150 мг/кг сухого веса), органические кислоты (9 % при максимальной концентрации муравьиной (метановой) кислоты — 12,2 мг/кг сухого веса) и органические сульфиды и тиолы (6 % при максимальной концентрации диметилдисульфида — 10 мг/кг сухого веса). Полученные данные согласуются с данными других авторов, которые указывают, что диметилдисульфид и толуол являются органическими соединениями, которые чаще всего выделяются (встречаются в выбросах) из иловых осадков [9; 10]. Далее идут спирты, азотсодержащие соединения, каждый из которых составляет около 1 %. Терпены, кетоны, альдегиды, фенолы составляют менее 1 %. К наименее значимым соединениям в количественном отношении относятся хлорсодержащие, углеводороды, бициклические органические соединения. Суммарный выброс загрязняющих веществ на данный период наблюдений (двое суток) составил 181,4 мг/кг сухого веса осадка.

В результате проведенного эксперимента установлено, что на десятые сутки проявилась тенденция к уменьшению общего поступления загрязняющих веществ

Таблица 2. Массовая доля, мг/кг, летучих соединений в воздушной среде, выделяемых 1 кг образца (1 м²)

№	Аналиты	Экспозиция, сутки					
		2	10	2	10	2	10
		На пробу		На сухой вес		На площадь	
Спирты							
1	Бутанол-2	0,059	0,007	1,5	0,19	0,036	0,0047
2	Изоропанол	0,004	<0,001	0,10	<0,015	0,0024	<0,0006
3	2-Бутанол	0,014	0,002	0,36	0,038	0,0087	0,0010
4	Изобутанол	0,001	<0,001	0,025	<0,015	0,0006	<0,0006
5	1-Бутанол	0,001	0,001	0,034	0,018	0,0008	0,0005
6	1-Пентанол	0,002	<0,001	0,042	<0,015	0,0010	<0,0006
Кетоны							
7	Ацетон	0,003	0,001	0,075	0,037	0,0018	0,0009
8	2-Бутанон	0,017	0,003	0,42	0,083	0,010	0,0021
9	3-Пентанон	<0,001	<0,001	<0,015	<0,015	<0,0006	<0,0006
10	Ацетон	0,53	0,13	0,33	0,08	12,51	3,3
11	МЭК (метилэтилкетон)	<0,01	<0,01	<0,004	<0,004	<0,17	<0,17
Серосодержащие соединения (сульфиды)							
12	Диметилдисульфид	0,38	<0,001	10	<0,015	0,23	<0,0006
13	Метилпропилдисульфид	0,002	<0,001	0,045	<0,015	0,0011	<0,0006
14	Диметилтрисульфид	0,005	<0,001	0,12	<0,015	0,0029	<0,0006
15	Метилэтилдисульфид	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо
15	Диэтилдисульфид	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо
17	Дисульфид углерода	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо
18	Диметилсульфид	< нпо	0,0008	< нпо	0,02	< нпо	0,83
19	Сероводород	< нпо	0,0002	< нпо	0,005	< нпо	0,26
20	Метантиол (метилмеркаптан)	0,0024	0,0003	0,06	0,0075	2,75	0,33
21	Изопропилмеркаптан	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо
22	Трет-бутилмеркаптан	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо
23	Пропилмеркаптан	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо
24	Этилмеркаптан	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо
25	Втор-бутилмеркаптан	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо
26	Изобутилмеркаптан	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо
27	Бутилмеркаптан	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо	< нпо
Хлорсодержащие соединения							
28	Хлорбензол	0,002	0,001	0,043	0,037	0,0010	0,0009

№	Аналиты	Экспозиция, сутки					
		2	10	2	10	2	10
		На пробу		На сухой вес		На площадь	
Ароматические соединения							
29	Бензол	0,004	0,001	0,092	0,032	0,0022	0,0008
30	Толуол	5,8	0,050	150	1,2	3,6	0,031
31	П-кумол	0,001	<0,001	0,023	<0,015	0,0006	0,023
Углеводороды							
32	Углеводороды C7-C20 нормального изомерного и циклического строения	<0,001	<0,001	<0,015	<0,015	<0,0005	<0,0005
33	1-гексен	<0,001	0,001	<0,015	0,020	<0,0006	0,0005
34	Гептан	<0,001	0,002	<0,015	0,041	<0,0006	0,0010
Терпены							
35	Индол	<0,001	<0,001	<0,015	<0,015	<0,0006	<0,0006
36	Скатол	<0,001	<0,001	<0,015	<0,015	<0,0006	<0,0006
37	Альфа-пинен	0,003	0,002	0,082	0,046	0,0020	0,0012
38	Лимонен	0,002	<0,001	0,045	<0,015	0,0011	<0,0006
39	Эвкалиптол	<0,001	<0,001	<0,015	<0,015	<0,0006	<0,0006
Азотосодержащие соединения							
40	Ацетонитрил	0,005	0,001	0,12	0,029	0,0029	0,0007
41	Пиридин	0,002	<0,001	0,054	<0,015	0,0013	<0,0006
42	Диметилдитиокарбонат	<0,1	2,0	<2,5	49	<0,06	1,2
43	Закись азота	0,0015	0,0015	0,037	0,037	1,6	1,6
Гетероциклические соединения							
44	2-метилфуран	<0,001	<0,001	<0,015	<0,015	<0,0006	<0,0006
Бициклические ароматические соединения							
45	Нафталин	0,001	<0,001	0,029	<0,015	0,0007	<0,0006
46	2-метилнафталин	0,001	<0,001	0,028	<0,015	0,0007	<0,0006
Альдегиды							
47	Формальдегид	<0,01	<0,01	<0,004	<0,004	<0,17	<0,17
48	Ацетальдегид	<0,01	<0,01	<0,004	<0,004	<0,17	<0,17
49	Акролеин	<0,01	<0,01	<0,004	<0,004	<0,17	<0,17
50	Пропанальдегид	<0,01	<0,01	<0,004	<0,004	<0,17	<0,17
51	Кротональдегид	<0,01	<0,01	<0,004	<0,004	<0,17	<0,17
52	Метакролеин	<0,01	<0,01	<0,004	<0,004	<0,17	<0,17
53	Бутанальдегид	0,02	<0,01	0,010	<0,004	0,39	<0,17
54	Бензальдегид	0,13	0,02	0,082	0,015	3,15	0,59
55	Изовалеральдегид	<0,01	<0,17	<0,004	<0,004	<0,17	<0,17

№	Аналиты	Экспозиция, сутки					
		2	10	2	10	2	10
		На пробу		На сухой вес		На площадь	
56	Орто-метилбензальдегид	<0,01	<0,17	<0,004	<0,004	<0,17	<0,17
57	Мета-метилбензальдегид	<0,01	<0,17	<0,004	<0,004	<0,17	<0,17
58	Пара-метилбензальдегид	<0,01	<0,17	<0,004	<0,004	<0,17	<0,17
59	2,5-диметилбензальдегид	0,01	0,03	0,007	0,016	0,27	0,63
Кислоты							
60	Гидрохлорид	0,10	0,06	2,6	1,5	1,23	6,9
61	Гидрофторид	0,015	0,08	0,38	2,05	2,1	9,25
62	Кислота муравьиная (метановая)	0,49	0,78	12,2	19,5	95,3	90,5
63	Кислота уксусная (этановая)	0,05	0,055	1,13	1,4	8,7	6,5
64	Кислота масляная (бутановая)	<0,5	<0,5	<13	<13	<80	<60
Фенолы							
65	Фенолы	0,0056	0,0005	0,14	0,015	0,91	0,07

Примечание: нпо — нижний предел обнаружения.

в воздушную среду, а суммарная эмиссия соединений составила 75,5 мг/кг сухого веса осадка. Отмечаются изменения в группе приоритетных веществ. Максимальные значения в воздушной среде зафиксированы для азотосодержащего соединения (65 % при максимальной концентрации диметилдитиокарбоната — 49,0 мг/кг сухого веса) и органических кислот (32,5 % при максимальной концентрации муравьиной (метановой) кислоты — 19,5 мг/кг сухого веса). Содержание ароматических соединений составляет 1,2 %. Менее 1 % от общего выброса составляют спирты, кетоны, углеводороды, терпены. Установлено, что основными веществами, формирующими суммарный выброс, являются ароматические соединения, органические кислоты и органические сульфиды (по степени убывания).

Заключение

Таким образом, определены приоритетные химические соединения в валовых выбросах, образующихся при хранении осадка сточных вод на иловых площадках. Уточнен перечень классов летучих химических веществ, выделяющихся в воздушную среду из ОСВ, в каждом классе химических соединений выделены специфические вещества, которые могут дополнительно входить в программу исследований качества атмосферного воздуха на площадках размещения илов канализационных очистных сооружений при установлении санитарно-защитной зоны.

Литература

1. Носков С. Н., Маркова О. Л., Еремин Г. Б., Зарицкая Е. В., Исаев Д. С. Количественное и качественное определение газов, образующихся на иловых площадках канализационно-очистных сооружений // *Здоровье населения и среда обитания* — ЗНиСО. 2022. № 7. С. 40–47. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-40-47>
2. Шигапов И. И., Камалдинова О. С. Обезвреживание осадков сточных вод (ОСВ) с помощью вермикюльтуры // *Научный вестник технологического института — филиала ФГБОУ ВПО Ульяновская ГСХА им. П. А. Столыпина*. 2015. № 14. С. 214–221.
3. 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. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-52-55>
4. Маркова О. Л., Зарицкая Е. В., Еремин Г. Б. К вопросу дезодорации осадков сточных вод // *Здоровье — основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения*. 2020. Т. 15, № 1. С. 393–401.
5. Маркова О. Л., Зарицкая Е. В., Ганичев П. А., Еремин Г. Б. Определение летучих веществ, формирующих запахи осадков сточных вод канализационных очистных сооружений // *Современные проблемы эпидемиологии, микробиологии и гигиены*. Екатеринбург: Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промпредприятий, 2021. С. 166–167.
6. Носков С. Н., Маркова О. Л., Еремин Г. Б., Зарицкая Е. В., Исаев Д. С. Количественное и качественное определение газов, образующихся на иловых площадках канализационно-очистных сооружений // *Здоровье населения и среда обитания*. 2022. Т. 30, № 7. С. 40–47. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-40-47>
7. Eitzer B. D. Emissions of volatile organic chemicals from municipal solid waste composting facilities // *Environ. Sci. Technol.* 1995. Vol. 29. P. 896–902. <https://doi.org/10.1021/es00004a009>
8. Scaglia B., Orzi V., Artola A., Font X., Davoli E., Snchez A. Odours and volatile organic compounds emitted from municipal solid waste at different stage of decomposition and relationship with biological stability // *Bioresource Technology*. 2011. Vol. 102, issue 7. P. 4638–4645.
9. Staley B. F., Xu F., Cowie S. J., Barlaz M. A., Hater G. R. Release of trace organic compounds during the decomposition of municipal solid waste components // *Environ. Sci. Technol.* 2006. Vol. 40. P. 5984–5991.
10. Sundberg C., Yu D., Franke-Whittle I., Kauppi S., Smärs S., Insam H., Romantschuck M., Jönsson H. Effects of pH and microbial composition on odour in food waste composting // *Waste Manage.* 2013. Vol. 33. P. 204–211.
11. Lebrero R., Rangel M. G., Muñoz R. Characterization and biofiltration of a real odorous emission from wastewater treatment plant sludge // *J. Environ. Manage.* 2013. Vol. 116. P. 50–57.
12. Zarra T., Naddeo V., Belgiorno V., Reiser M., Kranert M. Odour monitoring of small wastewater treatment plant located in sensitive environment // *Water Sci. Technol.* 2008. Vol. 58, no. 1. P. 89–94.
13. Son H. K., Striebig B. A. Quantification and treatment of sludge odor // *Environ. Eng. Res.* 2003. Vol. 8, no. 5. P. 252–258.
14. González D., Colón J., Gabriel D., Sánchez A. The effect of the composting time on the gaseous emissions and the compost stability in a full-scale sewage sludge composting plant // *Sci. Total Environ.* 2019. Vol. 654. P. 311–323.
15. Pagans E., Font X., Sánchez A. Emission of volatile organic compounds from composting of different solid wastes: abatement by biofiltration // *J. Hazard. Mater.* 2006. Vol. 131, no. 1. P. 179–186.
16. Suffet I. H., Decottignies V., Senante E., Bruchet A. Sensory assessment and characterization of odor nuisance emissions during the composting of wastewater biosolids // *Water Environ. Res.* 2009. Vol. 81, no. 7. P. 670–679.
17. Maulini-Duran C., Artola A., Font X., Sánchez A. Systematic study of the gaseous emissions from biosolids composting: raw sludge versus anaerobically digested sludge // *Bioresour Technol.* 2013. Vol. 147. P. 43–51.

Статья поступила в редакцию 30 декабря 2022 г.;
рекомендована к печати 20 января 2023 г.

Контактная информация:

Носков Сергей Николаевич — канд. мед. наук, доц.; sergeinoskov@mail.ru
Маркова Ольга Леонидовна — канд. биол. наук; olleonmar@mail.ru

Determination of priority air pollutants at the sites of sludge disposal of sewage treatment plants when establishing a sanitary protection zone

S. N. Noskov^{1,2}, O. L. Markova¹, E. V. Zaritskaya¹,
G. B. Yeremin¹, D. S. Isaev¹, O. V. Mironenko²

¹ North-West Public Health Research Center,

4, ul. 2-ya Sovetskaya, St. Petersburg, 191036, Russian Federation

² North-Western State Medical University named after I. I. Mechnikov,

41, ul. Kirochnaya, St. Petersburg, 191015, Russian Federation

For citation: Noskov S. N., Markova O. L., Zaritskaya E. V., Yeremin G. B., Isaev D. S., Mironenko O. V. Determination of priority air pollutants at the sites of sludge disposal of sewage treatment plants when establishing a sanitary protection zone. *Vestnik of Saint Petersburg University. Medicine*, 2022, vol. 17, issue 4, pp. 305–314. <https://doi.org/10.21638/spbu11.2022.406> (In Russian)

Currently, various handling processes are used for sewage sludge treatment in order to reduce the sediment volume and amount, and aerobic stabilization of sediment. Nevertheless, sludge sites continue to pose a threat to the population sanitary-epidemiological well-being as an unpleasant odors source. Objective: determination of the composition of the specific pollutants in the emissions generated at the Zelenogorsk's sludge sites to carry out further work on health risk assessment according to the olfactory exposure. The study materials were selected sludge samples before entering the sludge fields. Methods used: gas chromatography with a mass spectrometric detector, high-performance liquid chromatography with an ultraviolet detector based on a diode matrix, fluorimetry, and capillary electrophoresis. A total of 60 gas-air samples were analyzed. As an experiment result, 9 classes of compounds were found. On the second day, the aromatic compounds's predominance in emissions is noted 83 % of the total emission (181.4 mg/kg of sediment dry weight). On the 10th day — the nitrogen-containing compounds predominance (65 %) and organic acids (32.5 %), the aromatic compounds content is 1.2 % (total emission — 75.5 mg/kg). The priority chemical compounds in emission and specific substances that may additionally be included in the atmospheric air quality studies program when establishing a sanitary protection zone have been identified.

Keywords: sewage sludge, sewage treatment plants, sludge sites, pollutants, foul-smelling substances.

References

1. Noskov S. N., Markova O. L., Yeremin G. B., Zaritskaya E. V., Isaev D. S. Quantitative and Qualitative Determination of Gases Generated on Sludge Sites of Sewage Treatment Plants. *Public Health and Life Environment — PH&LE*, 2022, no. 7, pp. 40–47. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-40-47> (In Russian)
2. Schigapov I. I., Kamaldinova O. S. Disposal of sewage sludge (WWS) using vermiculture. *Scientific Bulletin of the Technological Institute — branch of P. A. Stolypin Ulyanovsk State Agrarian University*, 2015, no. 14, pp. 214–221. (In Russian)
3. 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 naseleniia i sreda obitaniia*, 2020, no. 10 (331), pp. 52–55. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-52-55> (In Russian)

4. Markova O. L., Zaritskaia E. V., Eremin G. B. On the issue of deodorization of sewage sludge. *Zdorov'e — osnova chelovecheskogo potentsiala: problemy i puti ikh resheniia*, 2020, vol. 15, no. 1, pp. 393–401. (In Russian)
5. Markova O. L., Zaritskaia E. V., Ganichev P. A., Eremin G. B. Determination of volatile substances that form the smell of sewage sludge from sewage treatment plants. *Sovremennyye problemy epidemiologii, mikrobiologii i gigiiny*. Ekaterinburg, EMNTs Publ., 2021, pp. 166–167. (In Russian)
6. Noskov S. N., Markova O. L., Eremin G. B., Zaritskaia E. V., Isaev D. S. Quantitative and qualitative determination of gases generated on sludge sites of sewage treatment plants. *Zdorov'e naseleniia i sreda obitaniia*, 2022, vol. 30, no. 7, pp. 40–47. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2022-30-7-40-47> (In Russian)
7. Eitzer B. D. Emissions of volatile organic chemicals from municipal solid waste composting facilities. *Environ. Sci. Technol.*, 1995, vol. 29, pp. 896–902.
8. Scaglia B., Orzi, V., Artola A., Font X., Davoli E., Snchez A. Odours and volatile organic compounds emitted from municipal solid waste at different stage of decomposition and relationship with biological stability. *Bioresour. Technol.*, 2011, vol. 102, pp. 4638–4645.
9. Staley B. F., Xu F., Cowie S. J., Barlaz M. A., Hater G. R. Release of trace organic compounds during the decomposition of municipal solid waste components. *Environ. Sci. Technol.*, 2006, vol. 40, pp. 5984–5991.
10. Sundberg C., Yu D., Franke-Whittle I., Kauppi S., Smårs S., Insam H., Romantschuck M., Jönsson H. Effects of pH and microbial composition on odour in food waste composting. *Waste Manage.*, 2013, vol. 33, pp. 204–211.
11. Lebrero R., Rangel M. G., Muñoz R. Characterization and biofiltration of a real odorous emission from wastewater treatment plant sludge. *J. Environ. Manage.*, 2013, vol. 116, pp. 50–57.
12. Zarra T., Naddeo V., Belgiorno V., Reiser M., Kranert M. Odour monitoring of small wastewater treatment plant located in sensitive environment. *Water Sci. Technol.*, 2008, vol. 58, no. 1, pp. 89–94.
13. Son H. K., Striebig B. A. Quantification and treatment of sludge odor. *Environ. Eng. Res.*, 2003, vol. 8, no. 5, pp. 252–258.
14. González D., Colón J., Gabriel D., Sánchez A. The effect of the composting time on the gaseous emissions and the compost stability in a full-scale sewage sludge composting plant. *Sci. Total Environ.*, 2019, vol. 654, pp. 311–323.
15. Pagans E., Font X., Sánchez A. Emission of volatile organic compounds from composting of different solid wastes: abatement by biofiltration. *J. Hazard. Mater.*, 2006, vol. 131, no. 1, pp. 179–186.
16. Suffet I. H., Decottignies V., Senante E., Bruchet A. Sensory assessment and characterization of odor nuisance emissions during the composting of wastewater biosolids. *Water Environ. Res.*, 2009, vol. 81, no. 7, pp. 670–679.
17. Maulini-Duran C., Artola A., Font X., Sánchez A. Systematic study of the gaseous emissions from biosolids composting: raw sludge versus anaerobically digested sludge. *Bioresour. Technol.*, 2013, vol. 147, pp. 43–51.

Received: December 30, 2022

Accepted: January 20, 2023

Authors' information:

Sergei N. Noskov — PhD in Medicine, Associate Professor; sergeinoskov@mail.ru

Olga L. Markova — Candidate of Biological Science; olleonmar@mail.ru

Ekaterina V. Zaritskaya — zev-79@mail.ru

Gennady B. Yeremin — PhD in Medicine; yeremin45@yandex.ru

Daniel S. Isaev — d.isaev@s-znc.ru

Olga V. Mironenko — MD, Professor; miroolga@yandex.ru