

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2025, Том 12, № 1 / 2025, Vol. 12, Iss. 1 <https://resources.today/issue-1-2025.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/03NZOR125.pdf>

DOI: 10.15862/03NZOR125 (<https://doi.org/10.15862/03NZOR125>)

1.6.21. Геоэкология (геолого-минералогические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Чиглинцев, И. А. Состояние свалочного фильтрата и поверхностных вод вблизи полигона коммунальных отходов пос. Черкасы Республики Башкортостан / И. А. Чиглинцев, Р. М. Гайсин, С. А. Стахнюк, Е. Н. Чиглинцева, А. Б. Латыпов // Отходы и ресурсы. — 2025. — Т. 12. — № 1. — URL: <https://resources.today/PDF/03NZOR125.pdf>. DOI: 10.15862/03NZOR125.

For citation:

Chiglintsev I.A., Gaisin R.M., Stakhnyuk S.A., Chiglintseva E.N., Latypov A.B. The state of landfill leachate and surface waters near the municipal waste landfill in the village of Cherkassy in the Republic of Bashkortostan. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2025;12(1): 03NZOR125. Available at: <https://resources.today/PDF/03NZOR125.pdf>. DOI: 10.15862/03NZOR125. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 614.7

Чиглинцев Игорь Александрович

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Бирск, Россия
Доцент кафедры «Технологического образования»
Кандидат физико-математических наук
E-mail: schnik@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0692-5373>

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/HKF-0055-2023>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=36628216000>

Гайсин Радик Маратович

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Бирск, Россия
E-mail: Youradik@yandex.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7769-9791>

Стахнюк София Алексеевна

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Бирск, Россия
E-mail: sofika777@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1271-9676>

Чиглинцева Евгения Николаевна

ООО «Экомастер», Бирск, Россия
Директор
E-mail: ekomaster990@yandex.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1257951

Латыпов Альберт Байназарович

ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», Бирск, Россия
Доцент кафедры «Технологического образования»
Кандидат биологических наук
E-mail: latypov-ab@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=698382

**Состояние свалочного фильтрата и поверхностных вод
вблизи полигона коммунальных отходов пос. Черкасы
Республики Башкортостан**

Аннотация. В работе в качестве источника загрязнения рассматривается самый крупный полигон твёрдо-коммунальных отходов в Республике Башкортостан, находящийся недалеко от г. Уфы. Для которого оценено количество образующегося фильтрата за год и показано содержание в нём вредных веществ, как и для поверхностных вод на различном расстоянии от объекта. Проведённый в статье расчёт на основе водного баланса, учёта климатических особенностей в месте расположения объекта исследования показал, что объём образующегося фильтрата равен примерно 369 тыс. м³/год. Для рассмотрения влияния загрязнений от полигона на состояние реки Шугуровка, протекающей вблизи него, а также некоторых других водоёмов были взяты 6 проб в различных точках.

В результате применения органолептического, химического и физико-химического методов анализа был описан цвет и запах проб, установлено наличие и уровень превышения предельно-допустимой концентрации для ряда веществ в составе фильтрационных и поверхностных вод. Проведена оценка возможности осуществления биологической очистки свалочного фильтрата, а также показаны некоторые изменения в составе воды в водоёмах со временем вблизи полигона. Для предложений по снижению негативного воздействия свалочного фильтрата был определён объём резервуара, необходимого для осуществления его сбора в условиях многоводного года с последующей очисткой.

Также в работе представлена динамика количества несанкционированных свалок для Российской Федерации и Республики Башкортостан на основе статистической отчётности федеральной службы по надзору в сфере природопользования Росприроднадзор.

Ключевые слова: фильтрат; полигон; отходы; загрязнение воды; водоём; предельно-допустимая концентрация

Введение

Как известно пока основная часть отходов, образующихся в нашей стране размещается на полигонах или свалках в том числе и нелегальных. В настоящее время на территории Российской Федерации (РФ) насчитывается около 1 тыс. официальных полигонов¹ при этом количество образующихся твёрдо-коммунальных отходов (ТКО) оценивается от 47 млн т в год² до 70 млн т, радиус же распространения вредных веществ только от одного полигона может достигать 30–60 км [1]. Для несанкционированных свалок данные статистической отчётности Росприроднадзора показывают, что их количество с 2022 г. на территории страны начало сокращаться (рис. 1). При этом лидером среди регионов по количеству ликвидированных несанкционированных свалок (рис. 1) в 2022 г. являлась Республика Башкортостан (РБ), занимавшая на протяжении нескольких лет лидирующие позиции по их числу.

Общая площадь, занимаемая полигонами в РФ превышает 40 тыс. км², что сопоставимо с размерами некоторых регионов³ при этом каждый полигон является источником свалочного газа, который среди прочего оказывает влияние на парниковый эффект [2], фильтрата, загрязняющего почву и воду, и относящегося к чрезвычайно опасным отходам, а также каждый полигон выводит земли и вторсырьё из экономического оборота. Такое негативное влияние особо ощутимо по причине того, что 60–80 % таких сооружений в РФ функционируют с серьёзными нарушениями.⁴

¹ «Ведомости» <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2020/06/29/833663-32-regionah> (Дата обращения 12.11.24).

² «Ведомости» <https://www.vedomosti.ru/ecology/esg/articles/2024/10/15/1068575-rossii-viroslo-kolichestvo> (Дата обращения 12.11.24).

³ Российская общественная инициатива <https://www.roi.ru/80855/> (Дата обращения 12.11.24).

⁴ ООО "ФинЭкспертиза" <https://iz.ru/1528445/anastasiia-platonova/polnyi-ugar-do-80-musornykh-poligonov-v-rossii-ne-zashchishcheny-ot-pozharov> (Дата обращения 12.11.24).

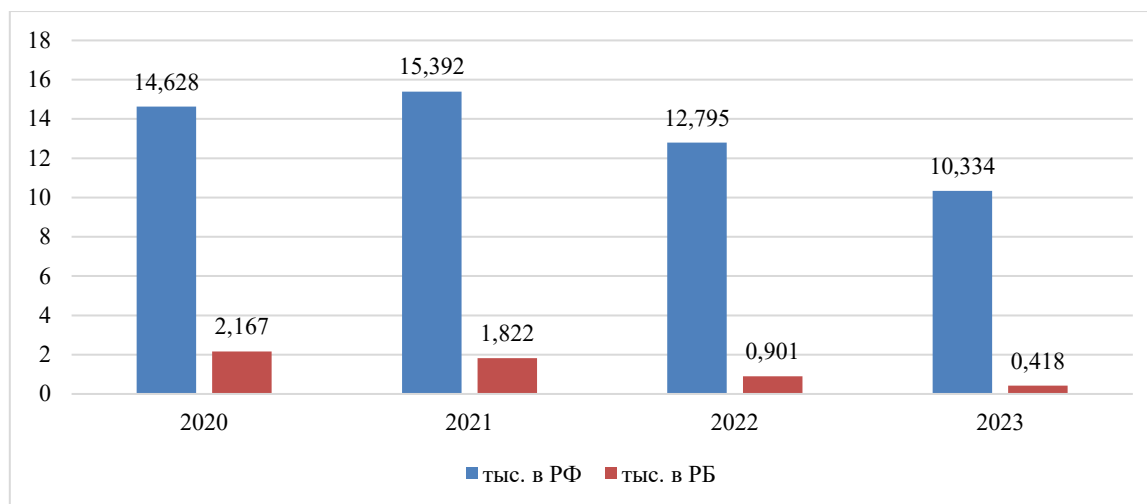


Рисунок 1. Количество несанкционированных свалок (составлено авторами на основе данных <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/unauthorized-landfill/>)

Целью данной работы является определение количества вредных веществ в фильтрационных и поверхностных водах с расстоянием от источника свалочного фильтрата полигона ТКО пос. Черкассы РБ.

Исследованию фильтрационных вод полигона посвящено множество работ. Так в работах [3; 4] представлены способы определения объёма образующегося фильтрационного стока на основе рассмотрения материального баланса осадков и испарений, проведён его химический анализ, а также показан существенный вклад в загрязнение грунтовых и поверхностных вод. Исследования [57] посвящены в большей степени вопросам химического состава фильтрата, его сезонным и в течении жизненного цикла полигона изменениям. В частности, показано, что на начальных этапах эксплуатации полигона наблюдаются высокие значения химического и биологического потребления кислорода (ХПК и БПК) в стоках, пониженный водородный уровень (рН), а после 10 лет в составе уменьшается органический углерод и увеличивается рН среды.

Для очистки фильтрационных вод применяются различные комбинации механической, биологической, адсорбционной очистки, химического обеззараживания, ультрафиолетовое облучение [1; 810] и т. д. В работе [1] предложена технология очистки фильтрата, которая включает в себя этапы фильтрации, анаэробного сбраживания, электрохимического окисления, реагентную обработку, отстаивание, сорбцию, обессоливание и дезинфекцию. В [8] описаны основные недостатки используемых технологий очистки фильтрационных вод. Отмечено, что применение фильтрации приводит к образованию отходов до 50 % от первоначального объёма фильтрата, биологические методы очистки используют большие площади и требуют поддержание определённых условий, а физико-химические методы нуждаются в больших объёмах реагентов, которые могут быть вредны.

В работе [11] показано, что наиболее опасными загрязнениями, влияющими на здоровье людей проживающих на территориях вблизи полигона ТКО вследствие воздействия фильтрата на грунтовые и поверхностные воды, являются нефтепродукты, фенолы, тяжёлые металлы и болезнетворные бактерии. Также в ней установлено изменение уровня загрязнения водных объектов в зависимости от времени года.

Краткая характеристика объекта и прилегающей территории

Проект рассматриваемого полигона был разработан в 1980 г. и рассчитан до 2020 г.

Расположен он вблизи пос. Черкассы в 10 километрах от столицы РБ в северной промышленной зоне, на которой также располагается комплекс нефтеперерабатывающих заводов, производство молочной продукции, животноводство, кладбище. В прошлом это место было выделено под отходы нефтеперерабатывающих заводов. Эксплуатация свалки началась с засыпки битумных ям [12] в 1962 г. В последующем сюда вперемешку свозились бытовые и промышленные отходы. До 1991 г. захоронение осуществлялось навалом отходов с последующим разравниванием и уплотнением, без обустройства изоляционного слоя грунта. Сейчас полигон принимает всё ТКО со столицы республики и ближайших пригородных районов.

Находится полигон в большом овраге, который в настоящий момент уже во многом не выражен, дно и стенки которого состоят из нескольких метров водоупорной глины, что задерживает проникновение токсичных фильтрационных вод в нижние слои. Сам овраг ограничен с запада и северо-запада реками Шугуровка и Стеклянка, а с востока и юго-востока ручьём Фирсов, в который попадает основная часть стока полигона. Этот ручей является притоком р. Шугуровка и сливается с ней после прохождения вблизи территории полигона, а та в свою очередь впадает выше Южного водозабора г. Уфы и представляет реальный источник загрязнения питьевых вод. Именно в реку Шугуровка в 1989 г. из-за аварии попал фенол, послужившей причиной техногенной катастрофы в результате которой пострадало более половины населения столицы республики.

Грунтовые воды в месте расположения исследуемого объекта залегают на глубинах 0,5–9,8 м, но преимущественно — на глубине 2,0–4,0 м [12]. Мощность горизонта 1,5–9,4 м, средняя — 5,5 м. Движение потока грунтовых вод происходит с северо-востока на юг и на запад. Также под массивом отходов остались засыпанными несколько родников, которые изливаются по краям свалки [12]. Питание всех водоносных горизонтов на территории полигона осуществляется путем инфильтрации атмосферных осадков, а также утечки из прудов накопителей. Доля техногенного источника в пополнении запасов подземных вод на территории полигона достигает 25–30 % и более [12].

Согласно [13] это самый большой полигон республики вместимостью чуть менее 30 % от общей вместимости всех полигонов РБ. Данный объект эксплуатируется муниципальным унитарным предприятием «Специализированное автомобильное хозяйство по уборке города» городского округа г. Уфа РБ, на нём также располагается и самый мощный мусоросортировочный комплекс республики (МСК).

Площадь участка размещения всех отходов на объекте составляет 84,51 га (рис. 2) из них рекультивируемого — 50 га, общая площадь с территорией проезда — 102,77 га, максимальная проектная высота полигона — 35 м. В настоящее время представлен проект реконструкции полигона с заявленной мощностью до 600 тыс. т/год.⁵ Морфологический состав отходов не отличается особенностями, он характерен для крупных городов РФ и относится к 4–5 классу опасности.

По периметру участка захоронения отходов размещена дренажная канава, по которой стоки собираются в единственный дренажный пруд. Стоки из пруда с помощью насосов попадают на верх пирамиды отходов для их орошения. На полигоне нерадиоактивных ТКО расположены бывшие шламонакопители и в настоящее время выглядят в виде мазутных ям.

Для определения количества образующегося фильтрата в теле полигона необходимо рассмотреть климатические данные по осадкам в месте его расположения. Многолетние наблюдения на ближайшей метеостанции приведены в таблице 1.

⁵ МУП «Спецавтохозяйство по уборке города» <https://sahufa.ru/o-predpriyatii/poligon/> (Дата обращения 13.11.24).

Таблица 1

Многолетние среднемесячные осадки на метеостанции Уфа-Дёма

Месячная сумма осадков, (мм) с 1991–2020 гг.											
январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
46	39	38	31	51	63	51	54	48	57	47	51

Источник: <https://www.meteorb.ru/meteorology/climatic-characteristics>

Методы и результаты исследований

Оценим количество образующихся фильтрационных вод⁶ за многоводный год (осадки 5%-ной обеспеченности), поступающих в окружающую среду от полигона. Для этого проведём расчёт согласно ниже представленной методике и работе [3] на основе составления водного баланса. Для объёма образующегося фильтрата за год запишем:

$$ОФ = (АО + ОВ + ВБХ) - (ИС + ВНО + ПС + БГ + ПБХ), \quad (1)$$

где представленные слагаемые измеряются в м³/год и обозначают:

- объём фильтрата (ОФ);
- атмосферные осадки (АО), выпавшие на полигон;
- отжимную влагу (ОВ), которая выделяется при складировании отходов;
- выделение воды при биохимических реакциях (ВБХ);
- испарение с поверхности полигона (ИС);
- поверхностный сток (ПС);
- потери воды с биогазом (БГ);
- поглощение воды при биохимических реакциях (ПБХ);
- влага, расходуемая на насыщение отходов до полной влагоёмкости (ВНО).

Данное уравнение не рассматривает рециркуляцию фильтрата, как и его уменьшение вследствие увеличения испарения при его распылении в этом процессе [14].

Количество выпадающих атмосферных осадков можно найти как:

$$АО = F_1 \cdot h_1 \cdot K_p, \quad (2)$$

где:

F_1 — площадь в основании полигона, м²;

h_1 — слой выпавших осадков, м/год;

K_p — коэффициент перехода от средних многолетних годовых величин осадков к осадкам 5%-ной обеспеченности.

Испарение, которое происходит с поверхности полигона определяется как:

$$ИС = F_2 \cdot E \cdot K_E \cdot K_{вп}, \quad (3)$$

где:

F_2 — площадь, на которой складировается ТКО, м²;

⁶ Методика расчёта гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий СТО ВНИИГ 08.09.01-1.2021 <https://meganorm.ru/Data2/1/4293810/4293810427.htm> (Дата обращения 15.11.24).

E — величина испарения, м/год;

K_E — коэффициент перехода от средней многолетней годовой испаряемости с техногенно-нагруженных территорий к испаряемости с различной вероятностью превышения;

$K_{вп}$ — поправочный коэффициент к средней многолетней испаряемости с естественных ландшафтов для различных видов поверхностей.

Величина E определяется как:

$$E = E_0 \frac{E}{E_0}, \quad (4)$$

где:

E_0 — годовая испаряемость средняя многолетняя, м/год;

$\frac{E}{E_0}$ — относительное испарение.

Тогда для определения отжимной влаги можем записать:

$$ОВ = K_{ОВ} \cdot (АО - ИС), \quad (5)$$

где:

$K_{ОВ} = 0,5$ — опытный коэффициент.

Также будем считать, что выделение воды при биохимических реакциях равно поглощению воды при них, тогда имеем:

$$ВБХ - ПБХ = 0. \quad (6)$$

Влага, расходуемая на насыщение отходов до полной влагоёмкости при плотности отходов $1,0 \text{ т/м}^3$ определяется как [15]:

$$ВНО = 0,15 \cdot V, \quad (7)$$

где:

V — объём размещённых отходов, $\text{м}^3/\text{год}$.

Поверхностный сток считается равным нулю если он и фильтрат отводится вместе, тогда получим:

$$ПС = 0. \quad (8)$$

Потеря воды с выделением биогаза определяется как:

$$БГ = 0,00006 \cdot V. \quad (9)$$

Принимая во внимание показания метеостанции, расположенной вблизи полигона (табл. 1), а также приложение к методике расчёта гидрологических характеристик техногенно-нагруженных территорий можем записать таблицу 2, где представлены значения параметров необходимых для расчёта.

Таблица 2

Значения параметров для расчёта образующегося фильтрата

$F_1, F_2, \text{м}^2$	$h_1, \text{м/год}$	K_p	$E_0, \text{м/год}$	$\frac{E}{E_0}$	K_E	$K_{вп}$
500 000	0,576	1,33	0,55	0,8	1,113	0,56

Составлено авторами на основе данных <https://meganorm.ru/Data2/1/4293810/4293810427.htm>

Также для расчёта необходимо определить значение объёма размещённых за год отходов при плотности $1,0 \text{ т/м}^3$. Известно, что полигон принимает $8\,000 \text{ м}^3$ отходов в сутки⁷ при плотности ТКО равной плотности в мусоровозах, из них $6\,500 \text{ м}^3$ вывозится транспортом эксплуатирующей организацией, а это означает, что только данный объём попадает на МСК и около 50 % от него пойдёт на захоронение. Таким образом объём отхода, поступающего на карты, составит $4\,750 \text{ м}^3$ в сутки. При плотности 1 т/м^3 этот объём примет значение $1\,662,5 \text{ м}^3$ в сутки или $V = 606\,812 \text{ м}^3$ в год, что согласуется с проектом реконструкции данного полигона.

Приняв во внимание значения из таблиц 1 и 2 получим следующие результаты, отображённые в таблице 3.

Таблица 3

Результаты расчёта

АО, тыс. $\text{м}^3/\text{год}$	ИС, тыс. $\text{м}^3/\text{год}$	ОВ, тыс. $\text{м}^3/\text{год}$	ВНО, тыс. $\text{м}^3/\text{год}$	БГ, тыс. $\text{м}^3/\text{год}$	ОФ, тыс. $\text{м}^3/\text{год}$
383,040	137,121	122,959	91,021	36,41	368,751

Составлено авторами

Таким образом на рассматриваемом полигоне в многоводный год образуется около 369 тыс. м^3 фильтрата, а на один его гектар в среднем приходится 7,38 тыс. м^3 . Можно отметить, что оценка по приближённым выражениям [16] даёт результаты в интервале 201,6–303,7 тыс. м^3 в год.



Рисунок 2. Карта-схема расположения точек отбора проб воды (составлено авторами на основе Яндекс Карт)

⁷ Городской интернет-портал UTV.RU <https://utv.ru/material/zhizn-bez-musora/> (Дата обращения 16.11.24).

Далее рассмотрим химический состав воды, отобранной в октябре 2024 г. из р. Шугуровка до достижения ею зоны полигона, после её слияния с р. Фирсов ниже полигона, а также состав воды в прудах на границе санитарно-защитной зоны (СЗЗ) равной 500 м, за ней и из пруда-накопителя, куда идут стоки и фильтрат (рис. 2). Места отбора проб на рисунке обозначены красными точками.

Более подробно положение точек, отмеченных на рисунке 2 красным цветом описано ниже в таблице 4.

Таблица 4

Положение точек отбора проб

№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
р. Шугуровка, 500 м выше по течению от полигона ТКО (54.887296, 56.122696)	Пруд-накопитель, территория полигона ТКО (54.877643, 56.143978)	Пруд за территорией полигона ТКО, 500 м от полигона (54.875049, 56.159115)	Пруд в садовом товариществе «БИЗС», 1 000 м от полигона (54.865276, 56.129361)	р. Шугуровка, 1 700 м ниже по течению от полигона ТКО (54.862458, 56.125001)	р. Шугуровка, 4 200 м ниже по течению от полигона ТКО у п. Тимашево (54.836523, 56.139349)

Составлено авторами

Таким образом проба № 1 взята из р. Шугуровка на подходе к зоне размещения полигона, № 2 у основания полигона, № 3 из пруда на границе СЗЗ, наполняемого р. Фирсовым. Точка № 4 соответствует образцу, взятому из водоёма, находящемуся в междуречье рассматриваемых ручьёв и не питающегося ими. Образец № 5 взят на удалении от полигона из р. Шугуровка, а № 6 ещё ниже по течению после слияния р. Фирсов и р. Шугуровка на удалении от устья примерно на 2 км.

В результате органолептического контроля были получены оценки для воды в случае употребления её в качестве питьевой. Оценивались критерии: цветность, запах и прозрачность воды. Результаты анализа представлены в таблице 5.

Таблица 5

Результаты органолептического контроля

о	Характер запаха	Интенсивность запаха	pH
№ 1	Болотный	3	8,1
№ 2	Специфический химический/гнилость	5	9,4
№ 3	Затхло-болотный	4	9,3
№ 4	Болотный	2	8,2
№ 5	Болотный	2	8,0
№ 6	Болотный	2	7,3

Составлено авторами

Взятые пробы с реки и водоёмов имеют характерную мутность. Цвет отдаёт в светло-коричневый, коричневый, тёмно-коричневый оттенки. Запах выражен у каждой пробы воды и появился, когда вода полностью нагрелась до комнатной температуры. В таблице 5 оценка интенсивности проходит по шкале от 0 до 5, где 0 — запах отсутствует, а 5 — запах сильный на столько, что делает воду непригодной для употребления. Также данные результаты показали превышение уровня ПДК по санитарным правилам и нормам (СанПиН) для pH у воды из пруда-накопителя на территории полигона и водоёма на границе СЗЗ, питающегося из ручья Фирсов.

Рассмотрим химический состав проб. Для его определения применялись различные методы. Физико-химический метод был использован для описания окисляемости, химический же позволил определить наличие и количество в пробах металлов (алюминий, свинец, железо,

медь), сложных органических соединений (фенол), поверхностно-активных веществ (ПАВ), нефтепродуктов. Результаты данного анализа представлены в таблице 6. Для анализа сравнение полученных характеристик будем проводить на основе СанПиН.⁸

Таблица 6

Характеристики поверхностных вод вблизи полигона твердых коммунальных отходов

Компоненты	Единица измерений	Концентрация					
Дата забора образцов воды 29.10.2024 год		№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6
Химическое потребление кислорода (ХПК)	мг/л	632,1	837,5	712,3	533,0	447,0	320,3
Биологическое потребление кислорода полное (БПКп)	мг/л	427,0	524,0	300,0	277,8	212,6	119,2
Взвешенные вещества	мг/л	117,3	199,2	103,0	99,3	83,7	80,2
Хлориды	мг/л	840,5	1 566,0	1 200,4	970,3	760,2	516,0
Сульфаты	мг/л	178,2	167,0	150,0	116,0	100,3	97,0
Азот аммонийных солей	мг/л	114,0	109,8	98,0	97,8	110,0	99,9
Азот нитритов	мг/л	1,95	1,99	1,40	1,33	1,04	0,92
Азот нитратов	мг/л	4,33	5,26	4,00	3,23	3,00	1,84
Фосфаты (по фосфору)	мг/л	1,2	2,32	0,77	2,05	1,97	1,06
Железо	мг/л	16,0	93,0	80,0	69,2	56,0	44,7
Нефтепродукты	мг/л	3,1	5,8	2,6	4,33	4,21	2,3
Анионоактивные поверхностно-активные вещества (ПАВ)	мг/л	3,82	5,77	3,1	5,70	5,08	3,22
Алюминий	мг/л	0,3	0,10	0,06	0,08	0,13	0,01
Медь	мг/л	0,0089	0,0066	0,0077	0,089	0,090	0,147
Цинк	мг/л	0,033	0,11	0,90	0,29	0,33	0,35
Никель	мг/л	1,99	11,3	10,8	0,98	9,66	6,0
Кадмий	мг/л	0,012	0,099	0,080	0,008	0,070	0,052
Свинец	мг/л	1,34	2,74	2,30	1,04	2,04	1,70
Фенолы	мг/л	0,023	0,1	0,97	0,007	0,009	0,005
Хром 6+	мг/л	0,10	0,27	0,008	0,22	0,12	0,010
Отношение БПКп/ХПК		0,676	0,626	0,421	0,521	0,476	0,372

Составлено авторами

На различных этапах существования полигона при рассмотрении состава фильтрата можно выделить две основные фазы, на которых его характер будет значительно меняться. На первой аэробной фазе, когда образуется «молодой» фильтрат на протяжении первых 3–10 лет в зависимости от влаги отхода в состав фильтрата поступают органические кислоты, что приводит к снижению уровня pH до 4,5–6,5, а концентрация цинка и железа может достигать 70 мг/л, также на данном этапе значения ХПК составляет 500–60 000 мг О₂/л и БПК₅ — 200–40 000 мг О₂/л [7].

Формирование «старого» фильтрата происходит на фазе метаногенеза. Здесь происходит разложение кислот, образованных на первой стадии в результате чего уровень pH достигает значений 7,2–8,6 [7]. Также на этом этапе происходит восстановление сульфат-ионов до сульфид-ионов, идёт связывание ионов металлов с образованием карбонатов или гидроксидов металлов.

Полученные результаты в таблице 5 показывают превышение почти по всем веществам не только для фильтрационных вод полигона, но и для поверхностных во всех точках отбора проб. Рассмотрим характеристики превышающие предельно допустимые значения. Показатели

⁸ СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (с изменениями и дополнениями) <https://base.garant.ru/400274954/#friends> (Дата обращения 28.11.24).

ХПК и БПК_п всех проб превышают ПДК по СанПиНу в интервалах 11–28 раз и в 17–73 раза соответственно, даже как для технической воды, аналогичный результат и для взвешенных веществ — 4–10 раз. Значения этих характеристик для фильтрационных вод максимальные из всех наряду с пробой из пруда, находящегося на границе СЗЗ и питающегося из р. Фирсов. Превышение по всем пробам наблюдается также для хлоридов — 1,5–4 ПДК, азота аммонийных солей — 65–76 ПДК, азота нитритов до 2 ПДК, кроме образца № 6, железа — 53–310 ПДК, никеля — 50–565 ПДК, кадмия — 8–100 ПДК, свинца — 10–274 ПДК, хрома — 2–5 ПДК, кроме образцов № 3 и 6. Рассматривая СанПиН также получим превышения по ПАВ — 6–12 ПДК, фенолов — 5–970 ПДК, по нефтепродуктам даже как для технической воды — 23–58 ПДК.

Превышение азота аммонийных солей, которые говорят о процессах гниения белков и аминокислот, в р. Шугуровка наблюдается ещё на подходе к полигону и имеет более высокое значение, чем после прохождения вблизи территории полигона и даже превышает показание в фильтрате. Данный ручей скорее всего загрязнён выбросами птицефабрики, находящейся выше по течению. Значения таких параметров для этой реки как сульфатов, азот нитритов и БПК_п/ХПК также высоки. Если величина БПК₅/ХПК > 0,4, то это указывает на наличие легкоокисляемых органических веществ в составе, что характерно для проб в р. Шугуровка (№ 1) и пруда-отстойника (№ 2).

Количество фенолов в р. Шугуровка согласно данным от 1997 г. [12] варьировалось в интервале 0,008–0,014 мг/л, что примерно в 2 раза ниже наших значений. Вовремя же фенольной катастрофы концентрация составляла 26 300 ПДК.

Содержание сульфатов, хлоридов, цинка, уровня pH в пруду-накопителе соответствует «старому» фильтрату в тоже время отношение БПК_п/ХПК и содержание железа выходят из этого ряда [7], при этом значение БПК_п/ХПК для фильтрационных вод принимает оптимальное значение для возможности проведения полной биологической очистки, что также характерно для проб № 1 в р. Шугуровка и в некоторой степени для водоёма № 4. Количество железа же является высоким не только для фильтрационных вод, но характерно и для всех проб.

Высокие значения загрязнений в пробе № 4 из водоёма, находящегося в междуречье скорее всего связано с его подземным питанием, так как при визуальном наблюдении выпадающих ручьёв не обнаружено, а одним из направлений распространения подземных вод от полигона является направление с северо-востока на юг, где и располагается данный водоём, и как было отмечено выше они имеют относительно большую долю пополнения из техногенных источников на территории полигона [12].

Также если рассмотреть данные по составу воды в р. Фирсов в прошлом [12] и сравнить с пробой № 3 для водоёма на границе СЗЗ, питающегося водами этого ручья, то можно увидеть, что по сравнению с 1995 г. в среднем значение нитратов упало с 18 мг/л до 3 мг/л, сульфатов с 500 мг/л до 100 мг/л. Однако, выявлен значительный рост содержания фенола в этих водах. Превышение содержания данного вещества имеет максимальное значение из всех рассмотренных и равно 970 ПДК, а в 1995 г. уровень составлял 55 ПДК, в свою очередь для фильтрационных вод полигона превышение составляет 100 ПДК, что исключает возможность их преобладающего воздействия по этому загрязнителю на данный водоём. Значительный рост также выявлен и для биогенных элементов в воде. Так в 1997 г. их содержание составляло 6,0–12 мг/л для NO₃⁺ и 0,53–3,0 мг/л для NH₄⁺ [12]. Ниже в таблице 7 представлены некоторые сравнительные результаты химического анализа фильтрационных вод в пруду-накопителе у основания полигона за разные годы [12].

Если сравнивать средние значения в диапазонах, то можно увидеть, что содержание меди, цинка уменьшилось, а свинца, кадмия, железа и хрома возросло.

Таблица 7

Характеристики фильтрационных вод за разные годы

Дата	Медь	Свинец	Кадмий	Цинк	Железо	Хром
1997 г.	0,029–0,27	0,008–0,042	0,0003–0,004	0,13–0,61	0,005–14	0,005–0,14
2024 г.	0,0066	2,74	0,099	0,11	93,0	0,27

Составлено авторами

Следует отметить, что состав проб также во многом зависит и от времени года. Согласно результатам [5] изменения в составе фильтрата по разным веществам в разное время года могут составить от 1,5 до 10 раз. Так, к примеру, показано, что содержание железа в [5] в разгар весны в 5 раз ниже, чем перед началом осени.

Обсуждение результатов и выводы

Проведённые расчёты по образованию количества фильтрационных вод в теле полигона пос. Черкаassy с 5 % обеспеченностью осадков дали оценочное значение равное 368,751 тыс. м³/год, что соответствует в среднем 7,38 тыс. м³ фильтрата с одного гектара рекультивируемого участка в год.

Химический анализ взятых проб выявил значительное загрязнение фильтрационных вод. Превышение ПДК по различным веществам варьируется в диапазоне от 4–565 раз. Состав проб для фильтрационных вод у основания полигона по большинству веществ характерен для «старого» фильтрата. Концентрация таких тяжёлых металлов как никель, кадмий, свинец, хром в фильтрационных водах полигона является максимальным из всех рассмотренных проб, как и для других веществ, кроме алюминия, меди, цинка, фенола, азота аммонийных солей и сульфатов. Таким образом, фильтрационные воды рассматриваемого объекта несут в себе опасность для окружающей среды и требуют снижения негативного воздействия, о чём может говорить результат пробы № 3, из которого следует, что границы СЗЗ в 500 м не обеспечивают нормативное состояние поверхностных вод.

Проведённый анализ также показал, что превышения ПДК почти для всех рассмотренных веществ наблюдается как выше по течению р. Шугуровка (проба № 1), так и на территории, прилегающей к полигону ТКО (проба № 5), что, наверняка, связано с высокой техногенной нагрузкой рассматриваемой местности. Хотя тенденция по снижению их содержания по мере удаления от полигона явно прослеживается, что, к примеру, приводит к снижению содержания алюминия и хром 6+ вблизи п. Тимашево на расстоянии 4 200 м от полигона до допустимых значений (проба № 6).

Особое внимание следует уделить содержанию фенола для пробы № 3, соответствующую водам р. Фирсов. Превышение ПДК в ней для данного вещества является максимальным из всех определённых.

Анализ пробы № 4 может в некоторой степени свидетельствовать о значительном влиянии полигона на состав подземных вод, что приводит к их загрязнению.

Также представленный сравнительный анализ в разные годы показал, изменения в составе фильтрационных и поверхностных вод вблизи полигона ТКО с течением времени. Среди которых самый значительный рост наблюдается для фенола в водах р. Фирсов.

Для снижения вредного воздействия можно предложить вдоль юго-восточной границы полигона обеспечить сбор фильтрата в ёмкость с внутренним изоляционным покрытием устойчивым к агрессивным средам с последующим вывозом на очистные сооружения, тем более что значение БПК_п/ХПК говорит о возможности проведения биологической очистки.

Объём резервуара можно принять таким, чтобы обеспечивал сбор фильтрационных вод в течении 5 суток, исходя из найденного значения объёма фильтрата для многоводного года он будет равен ~5 тыс. м³. Также в связи с предстоящей реконструкцией полигона, целесообразно предотвратить попадание осадков в его тело с помощью непроницаемых мембран, для практически полного устранения образования фильтрата.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поваров, А.А., Очистка фильтрационных вод полигонов твердых бытовых отходов / А.А. Поваров, Н.В. Селиванова, Т.А. Трифонова, В.Ф. Павлова, О.Г. Селиванов, М.Е. Ильина, Л.А. Ширкин, В.Б. Торшин — Текст: электронный // Известия Самарского научного центра РАН. — 2014. — № 1-3. — С. 661–664. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ochistka-filtratsionnyh-vod-poligonov-tverdyh-bytovyh-othodov> (дата обращения: 11.11.2024).
2. Чиглинцев, И.А. Способы утилизации парниковых газов в гидратном состоянии / И.А. Чиглинцев, С.А. Лепихин // Безопасность жизнедеятельности. — 2024. — № 3(279). — С. 21–33.
3. Шаповалов, Д.А. Моделирование и оценка загрязнения грунтовых и поверхностных вод фильтратом полигона твердых бытовых отходов / Д.А. Шаповалов, Р.Н. Холин, У.Е. Скоробогатова. — Текст: электронный // International Agricultural Journal. — 2021. — Т. 64. № 2. — С. 8–19. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-i-otsenka-zagryazneniya-gruntovyh-i-poverhnostnyh-vod-filtratom-poligona-tverdyh-bytovyh-othodov> (дата обращения: 11.11.2024).
4. Овчинников, Д.К. Определения объема образования фильтрата на полигоне «Новый свет-ЭКО» / Д.К. Овчинников, Е.Н. Кулинич — Текст: электронный // Актуальные направления научных исследований: от теории к практике. — 2015. — № 4(6). — С. 12–13. — URL: <https://interactive-plus.ru/e-articles/163/Action163-9713.pdf> (дата обращения: 11.11.2024).
5. Чистяков, Н.Е. Сезонные изменения качества фильтрата полигона твердых бытовых отходов / Н.Е. Чистяков, В.И. Полуян. — Текст: электронный // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии: сборник статей / Самарский государственный архитектурно-строительный университет; под ред. М.И. Бальзанникова, К.С. Галицкова, А.К. Стрелкова. — Самара: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Самарский государственный архитектурно-строительный университет", 2016. — С. 238–241. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_25929051_57049996.pdf (дата обращения: 11.11.2024).
6. Степаненко, Е.Е. Исследование химического состава фильтрационных вод полигона твердых бытовых отходов / Е.Е. Степаненко, О.А. Поспелова, Т.Г. Зеленская — Текст: электронный // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. — 2009. — Т. 11, № 1-3. — С. 525–527. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-himicheskogo-sostava-filtratsionnyh-vod-poligona-tverdyh-bytovyh-othodov/viewer> (дата обращения: 11.11.2024).

7. Милютина, Н.О. Фильтрат полигонов ТКО: образование, характеристика и обезвреживание / Н.О. Милютина, П.С. Зеленковский, Ю.А. Смятская, Н.А. Политаева // Бутлеровские сообщения. — 2020. — Т. 61. № 3. — С. 79–85. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=42815785> (дата обращения: 11.11.2024).
8. Милютина, Н.О., Анализ методов очистки фильтрата полигонов твердых коммунальных отходов / Н.О. Милютина, Н.А. Политаева, П.С. Зеленковский, И.И. Подлипский, Е.С. Великосельская. — Текст: электронный // Вестник Евразийской науки. — 2020. — № 3. — С. 1–11. — URL: <https://esj.today/PDF/03NZVN320.pdf> (дата обращения: 12.11.2024).
9. Мискичева, З.К., Физико-химическая очистка фильтратов полигонов твердых коммунальных отходов / З.К. Мискичева, Н.Е. Кручинина, С.В. Азопков, М.А. Гавва. — Текст: электронный // Успехи в химии и химической технологии. — 2021. — № 12(247). — С. 120–122. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/fiziko-himicheskaya-ochistka-filtratov-poligonov-tverdyh-kommunalnyh-othodov> (дата обращения: 13.11.2024).
10. Бондарчук, Е.В. Экспериментальное определение параметров работы реагентномембранной технологической схемы обезвреживания фильтратов полигонов хранения ТБО / Е.В. Бондарчук, А.А. Коньгин, А.Г. Первов, А.Ф. Селиверстов, Л.С. Скворцов, А.В. Шептунов. — Текст: электронный // Системные технологии. — 2021. — № 3(40). — С. 75–88. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/eksperimentalnoe-opredelenie-parametrov-raboty-reagentno-membrannoy-tehnologicheskoy-shemy-obezvrezhivaniya-filtratov-poligonov> (дата обращения: 12.11.2024).
11. Зомарев, А.М. Санитарно-гигиеническое состояние полигонов захоронения твердых бытовых отходов на этапах жизненного цикла / А.М. Зомарев, Я.И. Вайсман, Т.А. Зайцева, И.С. Глушанкова. — Текст: электронный // Гигиена и санитария. — 2010. — № 1. — С. 39–42. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sanitarno-gigienicheskoe-sostoyanie-poligonov-zahoroneniya-tverdyh-bytovyh-othodov-na-etapah-zhiznennogo-tsikla> (дата обращения: 13.11.2024).
12. Зайнуллин, Х.Н., Утилизация промышленных и бытовых отходов (на примере Уфимской городской свалки) / Х.Н. Зайнуллин, Р.Ф. Абдрахманов, Н.А. Савичев — Текст: электронный // УНЦРАН — 1997. — 235 с. — URL: http://ig.ufaras.ru/File/PubTxt/ABDR/Zainullin_et_al_1997.pdf (дата обращения: 13.11.2024).
13. Камалова, Р.Г. Система обращения с ТКО в Республике Башкортостан: этапы становления, проблемы и современное состояние / Р.Г. Камалова, Р.Ш. Фатхутдинова, И.Ю. Лешан, Э.З. Нурмухаметова. — Текст: электронный // Региональные геосистемы. — 2022. — № 3. — С. 410–442. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistema-obrascheniya-s-tko-v-respublike-bashkortostan-etapy-stanovleniya-problemy-i-sovremennoe-sostoyanie> (дата обращения: 13.11.2024).
14. Воронкова, Т.В. Рециркуляция фильтрата на полигонах захоронения твердых бытовых отходов / Т.В. Воронкова, Я.И. Вайсман, С.Ю. Чудинов. — Текст: электронный // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Урбанистика. — 2012. — № 3(7). — С. 83–91. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_17936158_43071267.pdf (дата обращения: 15.11.2024).

15. Кирильчук, И.О. Информационно-аналитические системы управления отходами: монография / И.О. Кирильчук, А.Н. Барков. — Текст: электронный // Закрытое акционерное общество «Университетская книга». — Курск, 2015. — 112 с. — URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_24581560_21034066.pdf (дата обращения: 15.11.2024).
16. Гурова, Я.В. Выбор методики определения объема фильтрата, образующегося в теле полигона ТБО Улётовского района Забайкальского края / Я.В. Гурова, Е.Х. Зыкова. — Текст: электронный // Водное хозяйство, экологическая и промышленная безопасность: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Чита, 13–14 мая 2024 года. — Чита: Забайкальский государственный университет, 2024. — С. 47–50. URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_69183395_13412301.pdf (дата обращения: 20.11.2024).

Chiglintsev Igor Alexandrovich

Ufa University of Science and Technology, Birska, Russia

E-mail: schnik@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0692-5373>

WoS: <https://www.webofscience.com/wos/author/rid/HKF-0055-2023>

SCOPUS: <https://www.scopus.com/authid/detail.url?authorId=36628216000>

Gaisin Radik Maratovich

Ufa University of Science and Technology, Birska, Russia

E-mail: Youradik@yandex.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-7769-9791>

Stakhnyuk Sofia Alekseevna

Ufa University of Science and Technology, Birska, Russia

E-mail: sofika777@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-1271-9676>

Chiglintseva Evgenia Nikolaevna

LLC Ecomaster, Birska, Russia

E-mail: ekomaster990@yandex.ru

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=1257951

Latypov Albert Baynazarovich

Ufa University of Science and Technology, Birska, Russia

E-mail: latypov-ab@mail.ru

RSCI: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=698382

The state of landfill leachate and surface waters near the municipal waste landfill in the village of Cherkassy in the Republic of Bashkortostan

Abstract. The work considers the largest solid municipal waste landfill in the Republic of Bashkortostan, located near the city of Ufa, as a source of pollution. For which the amount of filtrate generated per year is estimated and the content of harmful substances in it is shown, as well as for surface waters at different distances from the object. The calculation carried out in the article based on the water balance, taking into account the climatic features at the location of the research object showed that the volume of the generated filtrate is approximately 369 thousand m³/year. To consider the impact of pollution from the landfill on the state of the Shugurovka River flowing near it, as well as some other water bodies, 6 samples were taken at different points.

As a result of the use of organoleptic, chemical and physicochemical methods of analysis, the color and smell of the samples were described, the presence and level of excess of the maximum permissible concentration for a number of substances in the composition of filtration and surface waters were established. An assessment of the possibility of biological treatment of landfill filtrate was carried out, and some changes in the composition of water in water bodies over time near the landfill were shown. For proposals to reduce the negative impact of landfill leachate, the volume of the reservoir required to collect it in a high-water year with subsequent cleaning was determined.

The work also presents the dynamics of the number of unauthorized landfills for the Russian Federation and the Republic of Bashkortostan based on statistical reporting by the Federal Service for Supervision of Natural Resources Rosprirodnadzor.

Keywords: leachate; landfill; waste; water pollution; reservoir; maximum permissible concentration