

Научная статья

Original article

УДК 502.174.1:628.4(470.13)

doi: 10.55186/2413046X_2026_11_1_14

edn: TBUDVM

**ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЛИГОНА ТВЕРДЫХ
БЫТОВЫХ ОТХОДОВ, РАСПОЛОЖЕННОГО В УХТИНСКОМ
РАЙОНЕ РЕСПУБЛИКИ КОМИ**
**INCREASING THE SUSTAINABILITY OF A MUNICIPAL SOLID
WASTE LANDFILL IN THE UKHTA DISTRICT OF THE KOMI
REPUBLIC**



Грункой Тарас Валерьевич, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой химии, химических технологий, экологии и техносферной безопасности, ФГБОУ ВО Ухтинский государственный технический университет, Ухта, E-mail: tgrunskiy@ugtu.net

Нор Елена Владимировна, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры химии, химических технологий, экологии и техносферной безопасности, ФГБОУ ВО Ухтинский государственный технический университет, Ухта, E-mail: enor@ugtu.net

Осадчая Галина Григорьевна, докт. геогр. наук, профессор, профессор кафедры химии, химических технологий, экологии и техносферной безопасности, ФГБОУ ВО Ухтинский государственный технический университет, Ухта, E-mail: galgriosa@yandex.ru

Уткин Ринат Олегович, специалист по охране окружающей среды, E-mail: rutkin@ugtu.net

Grunskoy Taras Valerievich, Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Head of the Department of Chemistry, Chemical Engineering, Ecology and Technosphere Safety, Ukhta State Technical University, Ukhta, E-mail: tgrunskiy@ugtu.net

Nor Elena Vladimirovna, Ph.D. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Chemistry, Chemical Engineering, Ecology and Technosphere Safety, Ukhta State Technical University, Ukhta, E-mail: enor@ugtu.net

Osadchaya Galina Grigoryevna, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Professor of the Department of Chemical Engineering and Safety, Ukhta State Technical University, Ukhta, Email: galgriosa@yandex.ru

Utkin Rinat Olegovich, Environmental Protection Specialist, Email: rutkin@ugtu.net

Аннотация. В статье представлены результаты разработки комплекса мероприятий, направленных на повышение устойчивости функционирования Ухтинского полигона твёрдых бытовых отходов с учётом современных требований экологической и пожарной безопасности. проведён всесторонний анализ ключевых аспектов работы полигона ТБО. Обоснована необходимость комплексного подхода и внедрения современных решений для обеспечения устойчивого функционирования объекта. В работе выполнен детальный разбор факторов, определяющих стабильность работы полигона. Выявлено, что Ухтинский полигон ТБО в настоящее время не соответствует актуальным требованиям экологической безопасности и пожарной безопасности. Предложен комплекс мероприятий, направленных на устранение выявленных недостатков и повышение устойчивости работы полигона. Решения ориентированы на совершенствование систем экологической безопасности и приведение объекта в соответствие с современными нормативами. Проведена количественная и качественная оценка рисков после реализации предлагаемых мер. Выполнен расчёт

экономической и экологической эффективности внедрённых решений, подтверждающий их целесообразность.

Грамотное проектирование полигона позволит повысить его устойчивость, снизить негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека. В рамках работы рассмотрены пути повышения устойчивости полигона твердых бытовых отходов, так как полигон в наше время является значимой и неотъемлемой частью сферы. В ходе работы проводилось исследование экологических рисков на существующем полигоне ТБО, а также сравнение их с теоретическими значениями нового. Предполагается, что результаты, полученные в ходе исследования, сильно отличаются.

В целом, в работе доказано, что разработка и внедрение предлагаемых мероприятий по совершенствованию систем экологической безопасности повысят уровень устойчивости функционирования Ухтинского полигона твердых бытовых отходов.

Abstract. This article presents the results of developing a set of measures aimed at improving the operational sustainability of the Ukhta solid waste landfill, taking into account modern environmental and fire safety requirements. A comprehensive analysis of key aspects of the landfill's operations is conducted. The need for an integrated approach and the implementation of modern solutions to ensure the sustainable operation of the facility is substantiated. The paper provides a detailed analysis of the factors determining the landfill's operational stability. It is revealed that the Ukhta solid waste landfill currently does not meet current environmental and fire safety requirements. A set of measures is proposed to address the identified deficiencies and improve the landfill's operational sustainability. These solutions are focused on improving environmental safety systems and bringing the facility into compliance with modern regulations. A quantitative and qualitative risk assessment is conducted following the implementation of the proposed

measures. A calculation of the economic and environmental effectiveness of the implemented solutions is performed, confirming their feasibility.

Proper landfill design will improve its sustainability and reduce the negative impact on the environment and human health. This study examines ways to improve the sustainability of municipal solid waste landfills, as landfills are now a significant and integral part of the industry. The study included a study of environmental risks at the existing municipal solid waste landfill and a comparison with the theoretical risks for a new one. It is expected that the results obtained in this study will differ significantly.

Overall, the study demonstrates that the development and implementation of proposed measures to improve environmental safety systems will enhance the sustainability of the Ukhta municipal solid waste landfill.

Ключевые слова: полигон, твердые бытовые отходы, загрязняющее вещество, оценка воздействия на окружающую среду, объект размещения отходов, повышение устойчивости

Keywords: landfill, municipal solid waste, pollutant, environmental impact assessment, waste disposal facility, sustainability improvement

Введение

Ухтинский городской полигон ТБО служит для складирования твердых бытовых отходов (далее – ТБО) из Ухтинского, Сосногорского, Троицко-Печорского, Ижемского, Княжпогостского, Печорского, Усть-Цилемского районов в соответствии с территориальной схемой обращения с отходами Республики Коми (рисунок 1) [1].

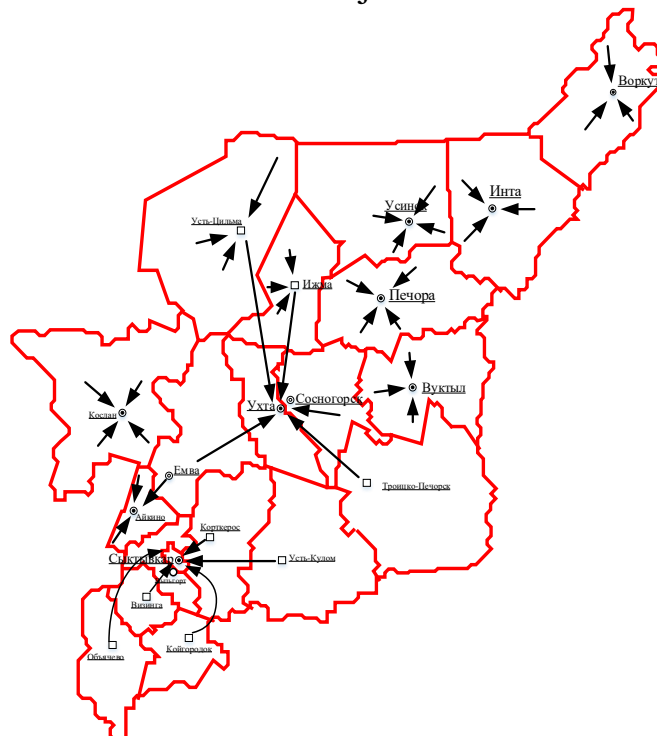


Рисунок 1. Схема потоков ТКО Республики Коми

Правоустанавливающий документ на земельный участок, на котором расположен ОРО: Распоряжение СМ Коми АССР о представлении 17,4 га для эксплуатации полигона твердых бытовых отходов от 24.09.1979 г. № 533-р [2].

Проектная документация на строительство полигона ТБО разработана Печорским государственным научно-исследовательским и проектным институтом «ПечорНИПИнефть» в 1974 году. Полигон ТБО был введен в эксплуатацию в 1972 году. Площадь ОРО составляет 174000 м².

Проектная документация на объект была разработана институтом «ПечорНИПИнефть» в 1972 году. Эксплуатируется полигон больше 50 лет, превысив все допустимые сроки эксплуатации. Отметим, что из действующих нормативных актов следует, что площадь участка, отводимого под полигон ТБО, рассчитывается из условия срока его эксплуатации не более 25 лет [3, 4].

В настоящий момент полигон ТБО эксплуатирует МКП «Ухтаспецавтодор». МКП «Ухтаспецавтодор» действует на основании лицензии на осуществление деятельности по сбору, транспортированию,

обработке, утилизации, обезвреживанию и размещению отходов I - IV классов опасности.

Водотоки в районе полигона согласно классификации по СП 11-103-97 «Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства», относятся к малым рекам с шириной русла в межень до 30 м. Водотоки протекают по всхолмленной равнине со средними высотами водосборов 110 - 130 м. Малые реки и ручьи в районе размещения полигона имеют узкие долины в большинстве случаев V-образной формы. На отдельных заболоченных водотоках временного характера долины слабо выражены [5].

Инженерными изысканиями, проведенными в 1972 году институтом «ПечорНИПИнефть» до начала строительных работ, на территории свалки были вскрыты грунтовые воды на глубине от 0,4 до 4 м. Грунтовые воды были приурочены к линзам песка и супеси в толще моренных и делювиальных отложений [6].

В геологическом строении разреза в пределах исследованных глубин принимают участие отложения четвертичной системы, представленные следующими генетическими типами: техногенными насыпными грунтами (tIV), водно-ледниковыми грунтами (fIms), а также – коренные девонские отложения Ветлосанской свиты [7]. Четвертичные отложения представлены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристика четвертичных отложений в районе полигона

Отложения	Характеристика
Техногенные образования (tIV)	Отложения минерального грунта (песок, супесь, суглинок) Включения антропогенного генезиса. Распространены по периметру полигона, а также за его пределами на прилегающих территориях с ненарушенной физической структурой. Водное питание осуществляется в основном склоновыми и реже грунтовыми водами.
Биогенные образования (bIV)	Отложения моховой подстилки и торфа. Распространены в слабовыраженных депрессиях рельефа, приуроченных к южным границам объекта. Водное питание осуществляется склоновыми и грунтовыми

	водами
Флювиогляциальные отложения московского ледникового (fllms)	Ледниковые морено-подобные суглинки, почти повсеместно перекрыты толщей покровных отложений. Представлены бурыми, буровато-серыми косослоистыми разнотернистыми песками с включением гальки, гравия мощностью 3 – 4 м.

Полигоны твердых бытовых отходов представляют собой серьезную угрозу для окружающей среды и здоровья человека.

К основным опасностям относятся:

- загрязнение почв и грунтовых вод. Разлагающиеся отходы выделяют токсичные вещества, такие как тяжелые металлы и органические соединения, которые проникают в почву и грунтовые воды. Дождевая вода, просачиваясь через отходы, превращается в токсичный фильтрат, который может загрязнять близлежащие реки, озера и подземные воды. Это может привести к отравлению растений, животных и людей, а также сделать воду непригодной для потребления;
- загрязнение атмосферного воздуха. Процессы разложения органики на полигонах выделяют метан - мощный парниковый газ, способствующий глобальному потеплению, а также, что немало важно, при его высоких концентрациях присутствует риск возникновения пожаров, при которых выделяются еще большие количества загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
- распространение мусора. Ветер разносит легкие фракции мусора (пластик, бумага) на значительные расстояния, загрязняя окружающую местность;
- распространение инфекций. Полигоны ТБО являются благоприятной средой для размножения крыс, мух и других животных, переносящих инфекционные заболевания;
- аллергии и респираторные заболевания. Выбросы с полигона ТБО могут вызывать аллергию, астму и другие заболевания дыхательных путей;

– онкологические заболевания. Некоторые вещества, содержащиеся в отходах, являются канцерогенами и могут провоцировать онкологические заболевания;

– неприятный запах. Гниение отходов сопровождается сильным неприятным запахом, который отравляет жизнь людей, проживающих вблизи полигонов.

Накопление метана в теле полигона в составе свалочного газа по результатам анализа является одной из главных и наиболее частых причин возгорания на полигонах ТБО, что влечет за собой серьезные последствия для окружающей среды, а также здоровья населения.

В толще складированных на полигоне твердых бытовых отходов под воздействием микрофлоры идет биотермический анаэробный процесс распада органических составляющих. Конечным продуктом этого процесса является биогаз, состоящий на 44 - 60 % из метана CH_4 и на 55 - 33 % из диоксида углерода CO_2 . Наряду с названными основными компонентами, биогаз содержит: пары воды, аммиак NH_3 , окись углерода CO , толуол $\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_5$, ксилол $\text{C}_6\text{H}_4(\text{CH}_3)_2$, этилбензол $\text{C}_6\text{H}_5\text{C}_2\text{H}_5$, фенол $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, сероводород H_2S , оксиды азота NO , обладающих вредным для здоровья человека воздействием. В зависимости от уровня его эмиссии в атмосферу и степени разбавления воздухом, биогаз может оказывать негативное воздействие на живые организмы.

В плане пожаров Ухтинский полигон не стал исключением. Последний пожар, попавший в средства массовой информации произошел 2 июня 2022 года. По информации ИА «Комиинформ» сообщение о возгорании поступило в 13:40, в 13:49 пожарные расчеты прибыли на место возгорания. На борьбу было брошено 9 единиц техники и 26 человек личного состава. Огонь охватил 500 м^2 свалки. Локализовать возгорание удалось к 16:00 [8].

Предварительной причиной пожара эксперты называют самовозгорание. Что именно под самовозгоранием понимается в новости не объяснено, однако можно предположить, что причинами являются такие факторы, как

высокие температуры воздуха в июле в совокупности с внутренними процессами в теле полигона.

В настоящее время 6 существующих карт полигона переполнены отходами сверхпроектных отметок, вместимость карт превышена, на картах образовался сверхнормативный объем отходов, который давно уже должен быть размещен на других площадях.

Отметим, что к проектированию Ухтинского полигона ТБО приступали в 1990 и 2008 годах и, например, программой 2008 года было предусмотрено завершение строительства V карты и строительство VI карты, однако проект на эти карты не был реализован. Акта приемки объекта государственной комиссии нет и спустя более 10 лет завершается покрытие указанных карт единой шапкой мусора, сваливая его между предыдущими картами и условными V и VI картами.

Проезды между всеми картами завалены отходами. Визуально полигон представляет собой горы отходов и фактически является свалкой твердых бытовых отходов (рисунок 2).



Рисунок 2. Спутниковый снимок полигона ТБО

Поскольку данный полигон эксплуатируется более 50 лет, объект не соответствует современным требованиям охраны окружающей среды и здоровья населения. На объекте отсутствует система отведения свалочного фильтрата, система дегазации полигона, защитный экран представлен лишь глиняным основанием. Согласно проектной документации, санитарно-защитная зона полигона составляет 1000 м. В ее границе находится ручей Мичавидзьель, впадающий в реку Ижму.

По причине отсутствия должной эксплуатации полигона, своевременного вложения средств на его эксплуатацию, обустройства новых карт в положенные сроки, на полигоне превышена вместимость твердыми бытовыми отходами, вследствие чего он является источником загрязнения окружающей среды: водных объектов, подземных вод, атмосферного воздуха, почвы. Однако это не стало помехой тому, что в 2014 году МКП «УХТАСПЕЦАВТОДОР» обратилось в Управление для включения объекта размещения отходов «Ухтинского городского полигона ТБО» в ГРОРО (отправило в соответствии с пунктом 19 Порядка ведения государственного кадастра отходов материалы в Центральный аппарат Росприроднадзора для рассмотрения и принятия решения о включении указанного объекта размещения отходов в ГРОРО).

Но, несмотря на все обращения общественников, Росприроднадзор оснований для исключения объекта из ГРОРО и его закрытия на сегодняшний день не видит. И, несмотря на внесение в ГРОРО, полигон не перестал соответствовать своему назначению и требованиям, установленным законодательством Российской Федерации как природоохранный объект.

Исходя из вышесказанного встает вопрос о дальнейшем функционировании полигона. Существует проблема – переполненная свалка, оказывающая каждодневное негативное воздействие на окружающую среду

путем загрязнения атмосферного воздуха, грунтов, подземных и поверхностных вод.

Моделирование зон распространения продуктов горения при пожаре на полигоне ТБО

В работе проведен расчёт выбросов вредных веществ, поступивших в атмосферный воздух в результате сгорания твердых коммунальных отходов на объектах их размещения, по удельным показателям выбросов вредных веществ.

Источником выбросов вредных веществ в атмосферу в результате сгорания отходов является площадной источник – объект размещения отходов, на котором произошел пожар или пожары (стационарный источник неорганизованного типа).

Выброс вредных веществ, масса которых рассчитывается по Методике расчета, является аварийным и возникает в результате техногенного пожара или пожаров, произошедших на территории объекта размещения отходов. Процесс горения отходов является неуправляемым и разделяется на пламенное горение и тление.

С учетом того, что процессы горения отходов на объекте размещения отходов являются аварийными и происходят в незапланированное время на непрогнозируемых участках объекта, Методика расчета не содержит примера расчета величин выбросов в граммах в секунду (максимально разовых), а также в тоннах в год (валовых) [9].

Исходными данными для расчетов послужат данные последнего известного пожара на Ухтинском полигоне ТБО, приведенного в данной работе.

На основе полученных результатов, с помощью унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы «Эколог» были смоделированы зоны распространения продуктов горения при пожаре на полигоне ТБО (рисунок 3).

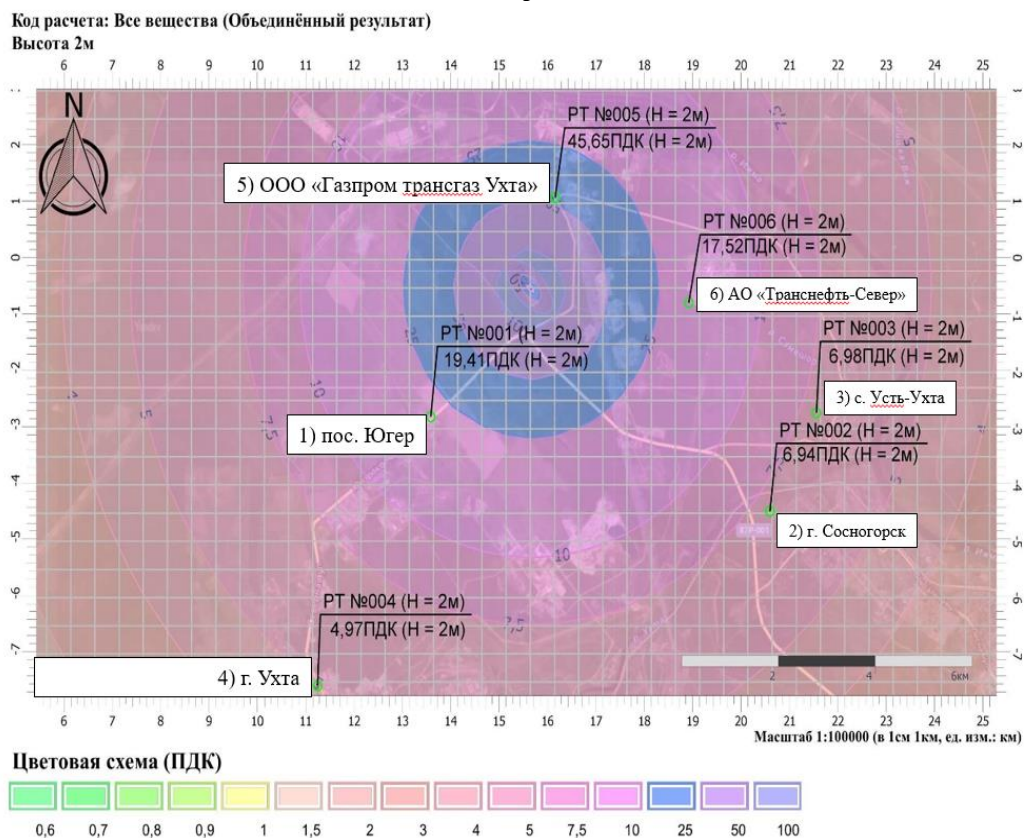


Рисунок 3. Зона распространения продуктов горения при пожаре на Ухтинском полигоне ТБО

По результатам моделирования зон распространения продуктов горения при пожаре на Ухтинском полигоне ТБО сделан вывод, что во всех точках наблюдения, ПДК загрязняющих веществ превышаются минимум в несколько раз (таблица 2).

Таблица 2. Результаты расчета рассеивания в точках наблюдения

Вещ- во	Результаты расчёта рассеивания, ПДК					
	1	2	3	4	5	6
CO	1,38	0,49	0,49	0,35	3,24	1,24
H ₂ S	18,98	6,79	6,82	4,86	44,63	17,13
SO ₂	0,43	0,16	0,16	0,11	1,02	0,39
NO	0,25	0,09	0,09	0,06	0,58	0,22
Тв.ч.	1,49	0,54	0,55	0,33	3,43	1,39
С	0,14	0,05	0,05	0,03	0,33	0,13
Σ	19,41	6,94	6,98	4,97	45,65	17,52

Превышения наблюдаются во всех точках, а именно:

- в точке наблюдения 1 Поселок Югер превышение в 19 раз;
- в точке наблюдения 2 Город Сосногорск превышение в 7 раз;
- в точке наблюдения 3 Село Усть-Ухта превышение в 7 раз;
- в точке наблюдения 4 Город Ухта превышение в 5 раз;
- в точке наблюдения 5 ООО «Газпром трансгаз Ухта» превышено в 45 раз;
- в точке наблюдения 6 АО «Транснефть-Север» превышение в 17 раз.

Прогнозирования риска возникновения рефлекторных эффектов при загрязнении атмосферного воздуха

Для математического описания зависимости «концентрация-эффект» применима модель индивидуальных порогов, которая описывает эту зависимость в виде прямой при условии, что концентрация выражается в десятичных логарифмах, а вероятность неблагоприятного эффекта (риск) - в пробитах ($R_{\text{гоб}}$), т.е. в виде нормально-вероятностной шкалы.

Вероятность возникновения рефлекторных реакций при концентрации сероводорода в воздухе $0,062 \text{ мг/м}^3$, сероводород относится ко 2-му классу опасности, $\text{ПДК}_{\text{м.р.}} = 0,008 \text{ мг/м}^3$.

$$Prob = -5,51 + 7,49 \lg(0,062/0,008) = 1,16$$

Полученное значение $R_{\text{гоб}}$ находится между 1,1 и 1,2, что соответствует вероятности 0,864. Таким образом, при обнаружении в воздухе сероводорода в концентрации $0,062 \text{ мг/м}^3$ 864 человек из 1000, находящихся в зоне воздействия, почувствуют запах. Расчёт для остальных веществ проводится аналогично.

Проведен расчёт вероятности возникновения рефлекторных реакций в каждой точке наблюдения:

$$Prob = -5,51 + 7,49 \lg(0,43) = -3,71$$

Полученное значение $R_{\text{гоб}}$ равно -3,71, что соответствует вероятности 0,036. Таким образом, при обнаружении в воздухе оксида серы в поселке Югер 36 человек из 1000, почувствуют запах.

Результаты расчетов по приведенным веществам в точках наблюдения приведены в таблице 3.

Таблица 3. Результаты оценки рисков для точек наблюдения

Вещ- во	Результаты оценки рисков для точек наблюдения											
	1		2		3		4		5		6	
	Prob	R	Prob	R	Prob	R	Prob	R	Prob	R	Prob	R
CO	-1,08	0,157	-2,13	0,036	-2,13	0,036	-2,47	0,036	-0,22	0,421	-1,19	0,115
H	4,064	0,999	0,72	0,758	0,735	0,758	-0,36	0,382	6,845	0,999	3,73	0,999
H ₂ S	4,137	0,999	0,791	0,758	0,81	0,758	-0,29	0,421	6,91	0,999	3,804	0,999
SO ₂	-3,71	0,036	-5,31	0,036	-5,31	0,036	-5,92	0,036	-2,31	0,036	-3,87	0,036
NO	-4,59	0,036	-6,25	0,036	-6,25	0,036	-6,90	0,036	-3,23	0,036	-4,80	0,036
Тв.ч.	-1,70	0,045	-3,34	0,036	-3,31	0,036	-4,14	0,036	-0,35	0,382	-1,81	0,036
C	-5,53	0,036	-7,20	0,036	-7,20	0,036	-8,03	0,036	-4,14	0,036	-5,65	0,036

Загрязненность поверхностных вод оценивалась по пробам, отобранным с 4 точек наблюдения из каналов, примыкающих к границам складирования ТБО, с ручьёв, проходящих с восточной и западной окраин полигона и впадающих в ручей Мичавидзель, являющегося притоком первого порядка реки Ижма (рисунок 4).



**Рисунок 4. Точки мониторинга состояния поверхностных вод
 Ухтинского полигона ТБО**

Результаты оценки показателей воды в каналах, примыкающих к границам складирования ТБО приведены в таблице 4.

Таблица 4. Результаты химического анализа проб поверхностной воды

Загрязняющее вещество	ПДК	Точка отбора пробы			
		№ 1 – левый приток р. Мичавидзель, протекающего в СЗЗ полигона ТБО	№ 2 – левый приток р. Мичавидзель, соответственно ниже по течению от полигона	№ 3 – правый приток р. Мичавидзель, соответственно ниже по течению от полигона	№ 4 – правый приток р. Мичавидзель, соответственно выше по течению от полигона
Взвешенные вещества, мг/дм ³	-	383	393	376	387
Сульфаты, мг/дм ³	100	17	Менее 10	Менее 10	Менее 10

Хлориды, мг/дм ³	300	12,2	14,0	12,9	14,7
Азот аммонийный, мг/дм ³	0,5	Менее 0,1	0,11	0,11	0,11
Железо, мг/дм ³	0,1	0,46	0,50	0,52	0,43
Свинец, мг/дм ³	0,00 6	Менее 0,0002	Менее 0,0002	Менее 0,0002	Менее 0,0002
Марганец, мг/дм ³	0,01	0,003	0,003	0,003	0,003
Никель, мг/дм ³	0,01	0,006	0,004	0,008	0,003
Медь, мг/дм ³	0,00 1	Менее 0,0006	Менее 0,0006	Менее 0,0006	Менее 0,0006
Цинк, мг/дм ³	0,01	0,0007	0,0007	0,0009	0,0004
Нефтепродук ты, мг/дм ³	0,05	Менее 0,004	Менее 0,004	Менее 0,004	Менее 0,004

По результатам аналитических исследований воды ручьев можно отнести к категории «условно чистая». Превышение ПДК выявлено лишь по содержанию железа. По остальным показателям, характеризующим современное состояние вод в ручьях, превышения ПДК химических веществ не выявлено.

Значение *Prob* 0,2 соответствует риску 0,579. Таким образом, при таком загрязнении питьевой воды примерно 58 % населения будут воспринимать эту воду как неблагоприятную по органолептическим свойствам и нуждаться в альтернативных источниках. Результаты оценки рисков для точек наблюдения приведены в таблице 5.

Таблица 5. Результаты оценки рисков для точек наблюдения поверхностных вод Ухтинского полигона ТБО.

Вещ-во	Результаты оценки рисков для точек наблюдения							
	1		2		3		4	
	Prob	R	Prob	R	Prob	R	Prob	R
Железо, мг/дм ³	0,2	0,579	0,32	0,618	0,37	0,618	0,1	0,540

Несомненно, население не потребляет воду ручья Мичавидзьель в качестве питьевой, однако принадлежность данного ручья к бассейну реки Ижма, показывает прямое воздействие на рыбохозяйственные показатели реки.

Повышенное содержание железа в водах ручьев, приуроченных к территории полигона и впадающих в руч. Мичавидзьель, является характерным признаком для поверхностных вод Республики Коми. Полученные значения превышают средние значения для поверхностных вод Республики Коми. Главными источниками железа являются процессы химического выветривания горных пород, сопровождающиеся их механическим разрушением и растворением. Повышенные концентрации железа ухудшают органолептические свойства воды, придавая ей неприятный вяжущий вкус и делая воду мало пригодной для использования в технических целях. Также повышенное содержание железа влияет на интенсивность развития фитопланктона и качественный состав микрофлоры в водоеме.

Оборудование полигона ТБО противofильтрационными экранами

С целью минимизации возможности попадания свалочного фильтрата в грунт, а также водный объект через тело полигона был произведен патентный поиск по способам создания и возведения противofильтрационных экранов в основании полигонов ТБО.

За основу был взят патент Алтуниной Л. К., Кувшинова В. А., Стасьевой Л. А., Лихолобова В. А., Раздьяконовой Г. И., Кохановской О. А. «Состав для создания противofильтрационного экрана в низкотемпературных грунтах и породах и способ получения этого состава», где компонентами криогеля приведены:

- поливиниловый спирт;
- борная кислота;
- вода;

- технический углерод [10].

Заявлено, что данный состав в процессе замораживания-размораживания обретает свойство упругости и водонепроницаемости, что может помочь в создании устойчивого и гидрофобного основания для производственных объектов и сооружений в зоне многолетнемерзлых пород.

В таблице 6 приведены значения упругости и гидрофобности в зависимости от концентрации компонентов.

Таблица 6. Зависимость упругости и гидрофобности композиционного состава от его компонентов

№ п/п	Вещества	Марка дисперсного углерода	Концентрация, %	Степень гидрофобности, %	Модуль упругости, кПа
1	2	3	4	5	6
1	ПВС Борная кислота Вода	-	5 1 94	10,25	10,85
2	ПВС Борная кислота Тех. углерод	П 145	5 1 2	71,06	22,36
	Вода		92		
3	ПВС Борная кислота Тех. углерод Вода	П 145	3 0,2 5 91,8	77,59	23,32
4	ПВС Борная кислота Тех. углерод Вода	П 145	7 0,5 1 91,5	52,16	20,32
5	ПВС Борная кислота Тех. углерод Вода	П 145	10 1 0,5 88,5	46,08	17,7

Как видно из таблицы 6, добавление технического углерода в формулу изготовления криогеля, способствует значительному повышению показателей упругости и гидрофобности. Также на показатели влияют и процентные соотношения компонентов.

С целью выявления зависимостей степени гидрофобности и модуля упругости от концентрации, была построена диаграмма, представленная на рисунке 5. Для наглядности с рисунка была убрана вода, а также опыт № 1, показывающий наименьшие значения степени гидрофобности и модуля упругости.

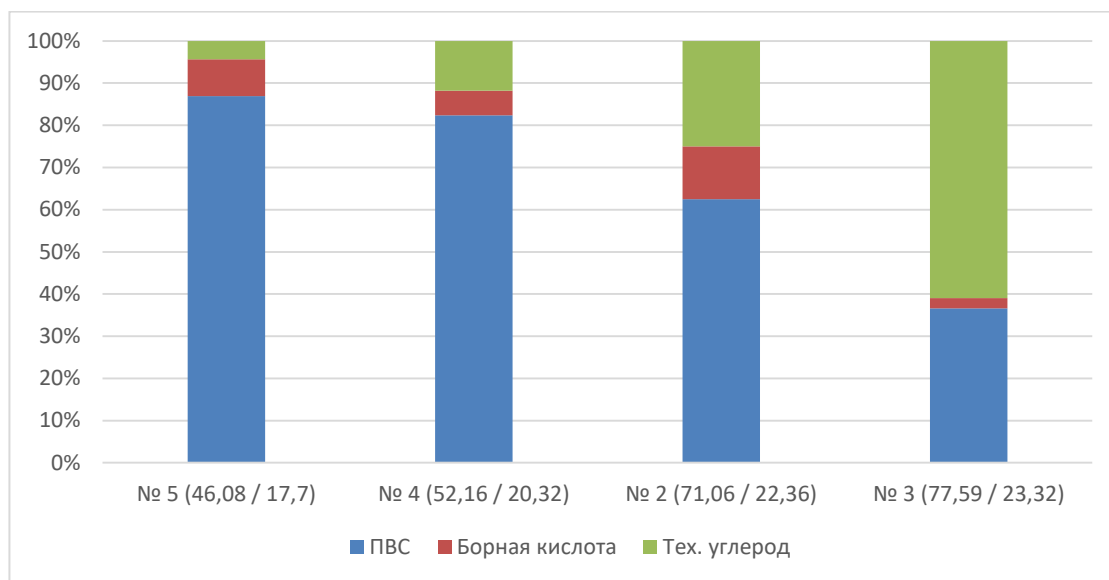


Рисунок 5. Зависимость степени гидрофобности и модуля упругости от концентраций веществ

Исходя из данных, приведенных на рисунке 5, сделан вывод, что соотношение технического углерода и ПВХ напрямую влияют на показатели, рассматриваемые выше. Таким образом, для изучения взаимодействия криогеля с грунтом было решено взять за основание опыт № 3, поскольку именно этот опыт показал наивысшие значения по модулю упругости и степени гидрофобности.

Для исследования был отобран грунт с подзолистых почв, характерных для регионов с большим количеством осадков, частых заморозков, а также промывным режимом.

В образце криогеля были обнаружены 2 сформировавшихся слоя, названные эластичным и сорбционным.

Сорбционный слой предположительно способен вбирать в себя определенное количество влаги, эластичный слой выступает в роли защитного экрана. В зависимости от соотношений составных веществ будет меняться толщина каждого слоя.

Для исследования сдерживающих, защитных способностей криогеля, были проведены следующие испытания:

Был изготовлен образец круглой, воронкообразной формы, выступающий в роли импровизированной пробки; химический стакан, наполненный дистиллированной водой.

По результатам испытаний, образец показал полную изоляцию дистиллированной воды от продуктов производства, что свидетельствует о возможности использования криогеля в качестве защитного экрана в разных сферах.

Но встает вопрос о нанесении и адгезии криогеля с грунтом. Изготовление и складирование отдельных элементов нецелесообразно и исключает защитные свойства для окружающей среды. С этой целью в следующих опытах рассматривается возможность изменения композиционного состава на основе ПВС путем внесения в формулу различных компонентов окружающей среды, а также материалов, используемых в строительстве.

Таким образом, предлагается в дальнейших исследованиях использовать композиционный состав ПВС с глиной, поскольку данный образец визуально и тактильно соответствует свойствам прочности, упругости и гидрофобности, а, следовательно, может выступать в качестве защитного экрана.

Для моделирования ситуации защиты ОС от воздействия свалочного фильтрата, на основе композиционного состава ПВС с глиной, была изготовлена полость, которая была наполнена продуктом полигона.

Таким образом, предлагается использовать данный состав в качестве защитного слоя полигона ТБО от воздействия свалочного фильтрата на окружающую среду.

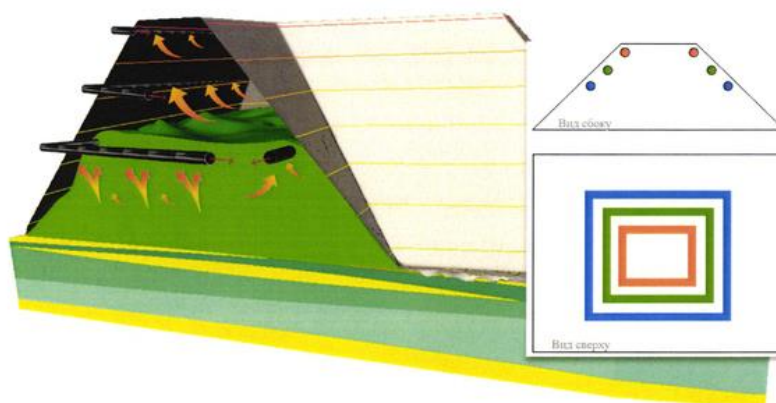
Система дегазации полигона ТБО

Для повышения устойчивости полигона твердых бытовых отходов, расположенного в Ухтинском районе Республики Коми, предлагается внедрение системы дегазации полигона ТБО по выбранному патенту требуется рассчитать объемы перфорированных труб для максимального извлечения биогаза из его тела.

Данный способ подразумевает под собой устройство газового уловителя внутри свалочного тела, представляющего собой систему горизонтальных и вертикальных перфорированных труб, увязанных между собой по определенному алгоритму.

Разработчиками утверждается, что данная система может обеспечить максимальный сбор (до 95 %) свалочного газа на действующем полигоне ТБО без укрытия верхней (постоянно растущей) части «пирамиды» отходов непроницаемой геомембраной а, следовательно, подходит для устройства на действующих полигонах.

Схема расположения перфорированных дрен представлена на рисунке



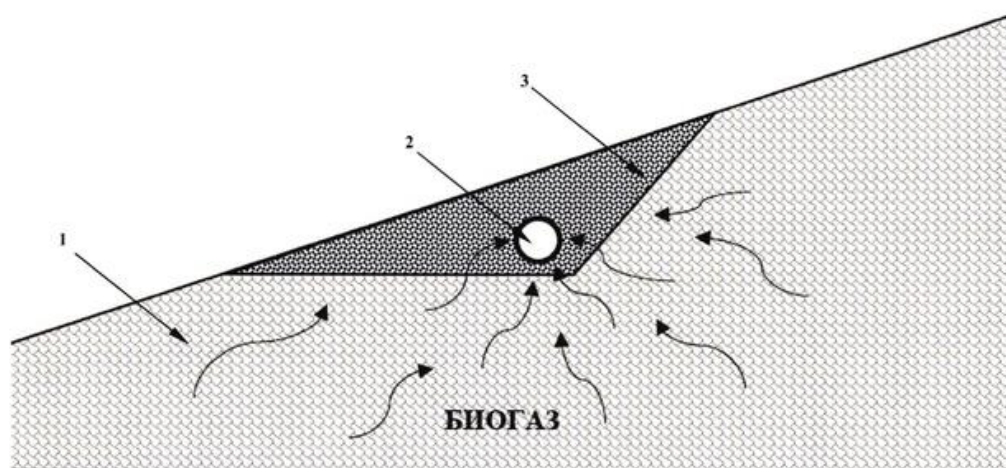
Фиг. 1

Рисунок 6. Устройство системы дегазации полигона ТБО

Преимуществом данного изобретения является возможность наращивания перфорированных кольцевых дрена, которые располагаются на откосах пирамиды пропорционально их росту.

На рисунке 7 представлен разрез части пирамиды отходов, где расположение дренажных труб находится на 1 уровне. Горизонтальные дрена изготавливаются из полиэтилена повышенной огнестойкости и укладываются по периметру пирамиды отходов на расстоянии около 2-4 метров от края откоса, при этом, засыпая газопроницаемым грунтом.

Таким образом производится снижение давления свалочного грунта на трубу, что позволяет существенно снизить вероятность ее деформации во время эксплуатации и не предъявляет требования к повышенной кольцевой жесткости трубы.



Фиг. 2

1 – толща отходов; 2 – горизонтальная дрена; 3 – газопроницаемый грунт.

Рисунок 7. Разрез части пирамиды отходов

Во время возведения первого уровня кольца на действующем полигоне, заполненном более чем на 50 % от проектного объема, для более активного вовлечения в процесс дренирования нижних слоев отходов на кольцевую дрена устанавливается батарея вертикальных перфорированных мини-скважин, газодинамически связанных с кольцевой дренай через седловую

муфту-тройник. Длина скважины и расстояние между ними в батарее по данным полевых исследований составляет 3 - 6 м и 20 - 50 м, соответственно.

Рассмотрим перфорированные дренажные трубы из полиэтилена низкого давления. ПЭ-100 обладают высокой прочностью и пропускной способностью, а также длительным сроком эксплуатации до 50 лет.

В отличие от гофрированной трубы, имеют высокую устойчивость к механическому воздействию и не имеют трудностей с очисткой. Устойчивы к гниению, воздействию агрессивных сред и осадков.

Техническая эффективность предлагаемого мероприятия в сфере повышения устойчивости полигона ТБО, а именно применение системы дегазации полигона ТБО составляет 35 %.

Заключение

Повышение устойчивого функционирования полигона ТБО требует комплексного подхода со стороны каждого компонента окружающей среды. На данный момент Ухтинский полигон ТБО не соответствует современным требованиям экологической, пожарной безопасности. Предложены пути повышения устойчивого функционирования полигона твердых бытовых отходов путем его расширения дополнительными площадями, оборудованными системами дегазации, защитным экраном. Также проведены лабораторные исследования в области использования композитных составов на основе поливинилового спирта. Сделаны выводы о перспективности использования данного состава также и в других сферах промышленной деятельности, требуются дальнейшие исследования для более точных результатов. Экономический эффект достигается за счет ликвидации экологического ущерба от аварии на полигоне ТБО, а также отравления компонентов окружающей среды свалочным фильтратом.

Список источников

1. Территориальная схема обращения с отходами в Республике Коми [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://law.rkomi.ru/files/76/30389.pdf>, свободный. – Заглавие с экрана – Яз. рус. – (Дата обращения: 12.12.2025).
2. Распоряжение СМ Коми АССР от 24.09.1979 № 533-р «О представлении 17,4 га для эксплуатации полигона твёрдых бытовых отходов» – Режим доступа : <https://uxtaspecavtodor.pф/docs/pages/главная/>, свободный. – Заглавие с экрана – Яз. рус. – (Дата обращения: 12.12.2025).
3. Рощевский, М. П. Республика Коми. Энциклопедия. Том 2 [Текст] : Москва : Коми науч. Центр. – 1999. – С. 576.
4. СНиП 23-01-99. Строительная климатология. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://docs.cntd.ru/document/1200004395>, свободный. – Яз. рус. (Дата обращения 13.12.2025).
5. СП 11-103-97. «Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://docs.cntd.ru/document/1200071156>, свободный. - Яз. рус. (Дата обращения 24.12.2025).
6. Экологология Республики Коми и восточной части Ненецкого Автономного округа [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://irbiscorp.spsl.nsc.ru/>, свободный. – Заглавие с экрана – Яз. рус. – (Дата обращения: 16.12.2025).
7. Рабочий проект Реконструкция Ухтинской городской свалки твердых бытовых отходов. Техничко-экономический расчет. [Текст]. – Ухта : МКП «УхтаСпецАвтоДор», 1989. – 32 с.
8. ИА «Комиинформ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://komiinform.ru/news/181973/>, свободный. – Заглавие с экрана – Яз. рус. – (Дата обращения: 01.01.2026).
9. Пат. 2730310 Российская Федерация, МПК В 09 В 1/100. Способ дегазации полигона твердых коммунальных отходов / С.В. Никифоров, М. С. Лютоев, Р. С. Утешев ; заявитель и патентообладатель С.В. Никифоров, М. С. Лютоев,

Р. С. Утешев. - № 2020101982 ; заявл. 17.01.2020 ; опубл. 21.08.2020, Бюл. № 24. – 13 с.

10. Уткин, Р. О. Изучение взаимодействия композиционного состава криогеля с грунтом / Р. О. Уткин, А. С. Власов // Севергеоэкотех-2023 : Материалы XXIV Международной молодежной научной конференции, Ухта, 30–31 марта 2023 года / Под редакцией Р.В. Агинеи. – Республика Коми, г. Ухта, ул. Первомайская, д. 13.: Ухтинский государственный технический университет, 2023. – С. 476-478. – EDN UNNJAP.

References

1. Territorial Waste Management Scheme in the Komi Republic [Electronic resource]. – Access mode: <https://law.rkomi.ru/files/76/30389.pdf>, free. – Title on the screen – Russian language. – (Accessed: 12.12.2025).
2. Order of the CM of the Komi ASSR dated 24.09.1979 No. 533-r "On the provision of 17.4 hectares for the operation of a solid municipal waste landfill" – Access mode: <https://ухтаспецавтдор.рф/docs/pages/славная/>, free. – Title on the screen – Russian language. – (Accessed: 12.12.2025).
3. Roshchevsky, M. P. The Komi Republic. Encyclopedia. Volume 2 [Text]: Moscow: Komi Scientific Center. – 1999. – P. 576.
4. SNiP 23-01-99. Construction Climatology. [Electronic resource]. – Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/1200004395>, free. – Language. Russian. (Accessed on 13.12.2025).
5. SP 11-103-97. "Engineering and Hydrometeorological Surveys for Construction" [Electronic resource]. – Access mode: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156>, free. – Language. Russian. (Accessed on 24.12.2025).
6. Ecogeology of the Komi Republic and the eastern part of the Nenets Autonomous Okrug [Electronic resource]. – Access mode: <http://irbiscorp.spsl.nsc.ru/>, free. – Title from the screen – Language: Russian. – (Date of access: 16.12.2025).

7. Working project Reconstruction of the Ukhta municipal solid waste landfill. Feasibility study. [Text]. – Ukhta: МКР "UkhtaSpetsAvtoDor", 1989. – 32 p.
8. IA "Komiinform" [Electronic resource]. – Access mode: <https://komiinform.ru/news/181973/>, free. – Title from the screen – Language: Russian. – (Date of access: 01.01.2026).
9. Patent. 2730310 Russian Federation, IPC B 09 B 1/100. Method for degassing a municipal solid waste landfill / S.V. Nikiforov, M.S. Lyutoev, R.S. Uteshev; applicant and patent holder S.V. Nikiforov, M.S. Lyutoev, R.S. Uteshev. - No. 2020101982; declared 17.01.2020; published 21.08.2020, Bulletin No. 24. – 13 p.
10. Utkin, R. O. Study of the interaction of the composite composition of cryogel with soil / R. O. Utkin, A. S. Vlasov // Severgeoecotech-2023: Proceedings of the XXIV International Youth Scientific Conference, Ukhta, March 30–31, 2023 / Edited by R. V. Agineya. – Komi Republic, Ukhta, Pervomayskaya St., 13.: Ukhta State Technical University, 2023. – P. 476-478. – EDN UNNJAP.

© Грунско́й Т.В., Нор Е.В., Осадча́я Г.Г., Уткин Р.О., 2026. Московский
экономический журнал, 2026, № 1.