

УДК 502.6

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТА ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Олива Т.В., Коновалова Ю.Б., Манохина Л.А., Андреева Н.В.

*ФГБОУ ВО «Белгородский государственный аграрный университет имени В.Я. Горина»,
Белгородская область, пос. Майский, e-mail: oliva_tv@bsaa.edu.ru*

В статье рассматриваются физико-химические свойства техногенного грунта полигона твердых коммунальных отходов городской свалки ТКО г. Белгород и его воздействие на окружающую среду. В настоящее время на полигоне ТКО, накапливающего отходы с 1974 года, начата процедура рекультивации. Для изучения характеристики техногенного грунта были вскрыты скважины мощностью от 1,5 до 20 м. Изучение физико-химических свойств техногенного грунта полигона ТКО старой городской свалки г. Белгород осуществлялось в рамках инженерно-экологических изысканий с целью проведения рекультивации данной территории и установления возможности ее дальнейшего использования. Мощность свалочного грунта неравномерна и представляет собой насыпь, состоящую из техногенного грунта с включениями инертных строительных отходов, таких как бой кирпича, щебень, песок, стекло, резиново-технических изделий, остатков древесины и прочего. Заполнитель представлен смесью песка разнородного и суглинка от твердой до тугопластичной консистенции. По совокупности факторов техногенный груз площадки полигона ТКО можно отнести ко II категории сложности; в газохимическом отношении грунт относится к категории безопасный. Количество нефтепродуктов и бенз(а)пирена в свалочном грунте составляет 0,006–0,9 ПДК и 0,25 ПДК соответственно. Грунт площадки полигона ТКО имеет допустимую степень токсичности образца. Индекс токсичности меньше 20, что говорит о безвредности грунта для человека, млекопитающих и птиц. Показана возможность выполнения рекультивации полигона ТКО и восстановления плодородия грунта на площадке полигона ТКО, что улучшит экологическую обстановку в районе и исключит возможность загрязнения прилегающей территории.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, техногенный грунт, нефтепродукты, бенз(а)пирен, индекс токсичности, рекультивация

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF THE MUNICIPAL SOLID WASTE

Oliva T.V., Konovalova Ya.B., Manokhina L.A., Andreeva N.V.

*The Belgorod state agrarian university named after V. Gorin, Belgorod region,
settlement Mayskiy, e-mail oliva_tv@bsaa.edu.ru*

The article discusses the physical and chemical properties of technogenic soil of the municipal solid waste landfill MSW in Belgorod and its impact on the environment. Currently, the reclamation procedure has been initiated at the test range solid municipal waste, which has been accumulating waste since 1974. To study the characteristics of the technogenic soil, wells with a capacity of 1.5 to 20 m were opened. The study of the physico-chemical properties of the test range solid municipal waste of the old municipal dumping of Belgorod was carried out within the framework of engineering and environmental surveys in order to recultivate this territory and establish the possibility of its further use. The capacity of the landfill soil is uneven and is an embankment consisting of man-made soil with inclusions of inert construction waste, such as brick, crushed stone, sand, glass, rubber and technical products, wood residues and others. The filler is represented by a mixture of sand of various grains and loam from a solid to a refractory consistency. By the combination of factors, the industrial freight of the MSW landfill area can be attributed to the II category of complexity; in terms of gas chemistry, soils are classified as safe. The amount of petroleum products and benz[a]pyrene in landfill soil is 0,006 – 0,9 maximum permissible concentration and 0,25 maximum permissible concentration according to. The soil of the MSW landfill area has a permissible degree of toxicity of the sample. The toxicity index is less than 20, which indicates the harmlessness of the soil for humans, mammals and birds. The possibility of recultivation of the MSW landfill and restoration of soil fertility at the MSW landfill area is shown, which will improve the environmental situation in the area and eliminate the possibility of contamination of the adjacent territory.

Keywords: municipal solid waste, technogenic soil, petroleum products, benz[a]pyrene, toxicity index, recultivation

В государственном документе «Стратегия экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года» отмечено, что практически во всех регионах страны состояние земель и качество почвы продолжает ухудшаться. В Стратегии отмечен факт, что в настоящее время в стране накоплено более 30 миллиардов тонн отходов производства и потребления. В результате

инвентаризации обнаружено 340 объектов «накопленного вреда окружающей среде», которые являются источниками угрозы здоровью 17 миллионам россиян. Часть полигонов твердых коммунальных отходов (ТКО) и в России, и в Белгородской области требуют незамедлительной рекультивации [1-3]. В 2020 году в Белгородской области по всем видам деятельности образование

отходов по сравнению с предыдущим годом увеличилось на 6,3% и на 14,4% больше, чем в 2010 году [4, с. 351–352]. В настоящее время в государственном реестре РФ зарегистрированы 10 объектов накопленного вреда для размещения отходов из Белгородского региона. В Белгородской области формируется тенденция роста вывоза ТКО: в 2020 году больше на 20% по сравнению с 2017 годом, хотя некоторые полигоны исключены из реестра и попали в программу рекультивации. Например, существующий с 1974 года объект старая городская свалка г. Белгород, где накопилось много отходов и воздействие на окружающую среду имеет определенные риски. В отношении полигона начата процедура рекультивации свалки. После ликвидации полигона требуется восстанавливать нарушенный покров, разрабатывать мероприятия биологической рекультивации земель свалки, формировавшихся более пятидесяти лет, и окружающих свалку территорий. Разрабатываемые мероприятия должны соответствовать и зависеть от исходного состояния территории свалки, структуры и физико-химического состава «тела» свалки [5].

Цель нашей работы – это изучение физико-химических свойств техногенного

грунта полигона ТКО с оценкой воздействия на окружающую среду.

Материал и методы исследования

Изучение физико-химических свойств техногенного грунта полигона ТКО старой городской свалки города Белгород осуществлялось в рамках инженерно-экологических изысканий с целью проведения рекультивации данной территории и установления возможности ее дальнейшего использования. Схема расположения свалки представлена на рис. 1. Общая площадь свалки – 152 030 м² (15,203 га), а площадь «замороженного» земельного участка для рекультивации составляет 160 766 м² (16,0766 га). Объем накопления свалочных масс за период существования данного ТКО составляет 2 342 855,52 м³ или около 468 571,10 тонн. Мощность и толщина свалочного тела из-за длительного более пятидесятилетнего неорганизованного накопления отходов на всей территории участка разная, хотя однотипная с остатками и боем кирпича, стекла, щебня, кусков керамики и пластика, древесины, бумаги, картона, технических резиновых изделий, металлического лома, кожи, мусора общественных зданий и пищевых отходов.



Рис. 1. Схема расположения городской свалки г. Белгород



Рис. 2. Внешний вид панорамы старой городской свалки г. Белгород

Заполнителями свалочного тела являются смесь песка разномерного и суглинок от твердой до тугопластичной консистенции. Внешний вид панорамы старой городской свалки представлен на фотографии (рис. 2).

Исследования физико-химических и биологических свойств техногенного грунта полигона накопленного вреда осуществлялись при отборе образцов вскрытых скважин мощностью от 1,5 до 20 м. Отбор образцов, их консервация и хранение, транспортировка и испытания осуществлялись в грунтово-химической лаборатории ООО «Мосгеопроект». Исследования проводили согласно методам испытания по ГОСТ 25100-2011, ГОСТ 20522-2012, ГОСТ 22584-95, ГОСТ 24143-95, ГОСТ 12071-2014, ГОСТ 12248-2010, ГОСТ 12536-2014, ГОСТ 5180-2015, ГОСТ 30416-2012, СП 28.13330.2012, МУ по санитарно-микробиологическому исследованию почвы № 2293-81, МУК 4.2.2661-10 и МУ2.1.7.2657-10.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведения исследований по совокупности факторов инженерно-геологические условия изучаемой площадки полигона ТКО можно отнести ко II категории сложности (СП 47.13330.2016). II класс полигона подтверждает усредненное содержание органической составляющей в отходах техногенного груза – 51,1%. Определено содержание жироподобных (1,2%), углеводородных (6,0%), белковых веществ (3,9%) и органической составляющей (40,0%) в отходах со средней влажностью 15,2%.

Установлено, что грунты на обследованной территории полигона ТКО в газогеохимическом отношении в соответствии с СП 47.13330.2012 относятся к категории «безопасные», то есть с невысоким содержанием взрывоопасных газов метана и водорода (табл. 1).

Таблица 1

Газохимическая характеристика свалочного грунта

Объемная доля компонентов, %	Степень газохимической опасности грунта			
	Безопасные	Потенциально опасные	Опасные	Пожаро- и взрывоопасные
Метан (CH ₄)	0,01 – 0,1	0,1 – 1,0	>1,0	>5,0
Диоксид углерода (CO ₂)	1,0 – 5,0	1,0 – 5,0	>5,0	>10,0
Водород (H ₂)	<0,1	<0,1	>0,1	>4,0
Кислород (O ₂)	>18,0	<18,0	<18,0	<18,0

Таблица 2

Компонентный состав биогаза полигона ТКО

Номер кода	Компонентный состав биогаза	С вес., %	С, мг/м ³	г/с	т/год
0410	Метан	52,915	660908	15,45114	223,3769
0621	Толуол	0,723	9029	0,211143	3,052143
0303	Аммиак	0,533	6659	0,155571	2,25
0616	Ксилол	0,443	5530	0,129286	1,870143
0337	Оксид углерода	0,252	3148	0,073571	1,063857
301	Азота диоксид	0,111	1392	0,032429	0,468571
0380	Диоксид углерода	44,736	558958	13,06292	188,8504
1325	Формальдегид	0,096	1204	0,028	0,405286
0627	Этилбензол	0,095	1191	0,014571	0,401
0330	Ангидрид сернистый	0,070	878	0,020429	0,295571
0333	Сероводород	0,026	326	0,007571	0,109714

Грунтовый воздух находится в незаполненных водой порах грунта и составляет 25–60% от объема грунта. Газовый состав грунтового воздуха включает диоксид углерода, метан, кислород, водород, газообразную воду и разные летучие органические соединения, образующиеся в результате множества протекающих в грунте химических и биохимических процессов. Между грунтовым воздухом и атмосферой постоянно осуществляется газообмен, и его направление зависит от плотности сложения грунта и от избыточной увлажненности.

Аэробные грунтовые микроорганизмы в неуплотненном грунте активно поглощают кислород и выделяют углекислый газ в атмосферу. Если же в результате длительного формирования объекта накопленного вреда техногенный грунт имеет плотное сложение, в нем начинают развиваться анаэробные микроорганизмы, приводящие к образованию метана, сероводорода, аммиака и других газов, которые становятся источниками загрязнения окружающей среды. Выделяющийся из свалочного тела газ – биогаз имеет сложный компонентный состав. Компонентный состав биогаза полигона ТКО старой городской свалки города Белгород представлен в таблице 2.

Данные таблицы 2 демонстрируют, что компонентный состав биогаза полигона ТКО старой городской свалки города Белгород разнообразен и прежде всего представлен метаном и диоксидом углерода. Установлено, что концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе района исследований не превышают значений

1,0 ПДК. Расчеты показывают, что теоретически количество загрязняющих окружающую среду веществ разной степени опасности, которые могут быть выделены из тела свалки, значительно и потенциально составляет для метана – более 200 т/год; для углекислого газа – около 200 т/год; для толуола, ксилола и аммиака – 2–3 т/год; для формальдегида и этилбензола – около 0,5 т/год; для сероводорода и сернистого ангидрида – 0,1–0,3 т/год. С другой стороны, рассчитанные максимальные приземные концентрации загрязняющих веществ на границе с селитебной зоной не превышают 1,0 ПДК. Итак, в результате пятилетней рекультивации исследуемого участка прогностически не ожидается негативного влияния на окружающую среду селитебной зоны, и потенциальные риски воздействия на здоровье человека отсутствуют.

Накопление в почвогрунтах органических загрязнителей, таких как нефтепродукты и бенз(а)пирен, оказывает на них и прямое, и косвенное биохимическое воздействие [6; 7].

В таблице 3 представлены результаты характеристики загрязнения свалочного грунта полигона ТКО старой городской свалки г. Белгород органическими загрязнителями. Данные таблицы показывают, что степень загрязнения грунтов нефтепродуктами и бенз(а)пиреном свалочного грунта полигона ТКО старой городской свалки города Белгород – допустимая. Пороговая концентрация допустимого уровня загрязнения нефтепродуктами составляет 1000 мг/кг грунта.

Таблица 3

Характеристика загрязнения свалочного грунта полигона ТКО

№ п/п	Глубина отбора пробы, м	pH _{KCL}	Нефтепродукты, мг/кг	Бенз(а)пирен, мг/кг
1	0,0 – 0,2	7,85 – 8,60	923,0 – 929,0	0,005
2	4,0 – 5,0	7,87 – 8,62	8,7 – 14,2	0,005
3	10,0 – 11,0	8,82 – 9,57	7,5 – 13,0	0,005
4	15,0 – 16,0	8,84 – 9,59	6,5 – 12,0	0,005
5	19,0 – 20,0	7,93 – 8,68	5,7 – 11,2	0,005

Таблица 4

Средняя валовая концентрация ТМ в свалочном грунте полигона ТКО, мг/кг

№ п/п	Глубина отбора пробы, м	Ni	Cu	Zn	Pb	Cd	Hg
1	0,0 – 0,2	23,70	41,90	45,10	4,63	0,05	0,005
2	4,0 – 5,0	6,23	3,28	21,59	3,56	0,05	0,005
3	10,0 – 11,0	6,05	3,22	20,96	2,72	0,05	0,005
4	15,0 – 16,0	5,90	3,17	20,34	2,02	0,05	0,005
5	19,0 – 20,0	5,58	3,13	19,92	1,46	0,05	0,005

Установлено, что наибольшее количество остатков нефтепродуктов аккумулировано на поверхности свалочного грунта и на глубине 0–0,2 м составляет 0,9 ПДУ. Далее с глубины 4,0 м до 20,0 м количество нефтепродуктов резко снижается и равно в среднем 0,006–0,02 ПДУ. В отношении бенз(а)пирена в грунте норматив ПДК составляет 0,02 мг/кг. Установлено, что содержание бенз(а)пирена в изучаемом свалочном грунте незначительное и составляет 0,25 ПДК. Итак, допустимый уровень содержания органических загрязнителей нефтепродуктов и бенз(а)пирена в свалочном грунте полигона ТКО может служить основой для прогнозной оценки использования рекультивируемой территории старой городской свалки города Белгород.

При определении степени агрессивности техногенного грунта старой городской свалки установлено, что все грунты зоны аэрации по степени засоленности характеризуются как незасоленные; степень агрессивности сульфатов и хлоридов грунтов – отсутствует. Согласно авторам [8], ионы металлов в почвогрунте могут содержаться в виде солей карбонатов, галогенидов, сульфатов и сульфидов, то есть как в растворимой, так и нерастворимой форме. Средняя валовая концентрация тяжелых металлов (ТМ) в свалочном грунте полигона ТКО представлена в таблице 4.

Данные таблицы показывают, что максимальное количество ТМ, таких как никель, медь, цинк и свинец, обнаружено в поверхностном слое свалочного грунта до глубины 0,2 м. Затем на глубине 4,0–20,0 м их количество существенно уменьшается. В отношении кадмия и ртути можно заключить, что их количество невысокое и относительно постоянное на разной глубине отбора пробы свалочного грунта. Отметим, что в СанПиН 2.1.7.1287-2003 рекомендуется оценивать химическое загрязнение грунтов по суммарному показателю химического загрязнения, являющемуся индикатором неблагоприятного воздействия на здоровье населения. Согласно расчетам по показателям таблицы 4 оценка суммарной концентрации химического загрязнения свалочного грунта на глубине до 20 метров ТМ характеризует категорию загрязнения свалочного грунта полигона ТКО старой городской свалки как «чистая».

Установлено, что грунт площадки полигона ТКО имеет допустимую степень токсичности образца. Индекс токсичности меньше 20, что говорит о безвредности грунта для человека, млекопитающих и птиц. В аккредитованной испытательной лаборатории центра ООО «ЦСЭМ «Московский» были проведены биологические испытания образцов свалочного техногенного грунта. Микробиологическая характе-

ристка грунта объекта накопленного вреда включала определение содержания общих колиформных и термотолерантных бактерий, возбудителей кишечных инфекций, обнаружение жизнеспособных яиц гельминтов, онкосфер тениид (яйца с личинками ленточных червей) и жизнеспособных цист патогенных кишечных простейших. В результате исследований установлено, что исследуемые образцы свалочного грунта относятся к категории чистых грунтов. Микробиологическая характеристика свалочного грунта представлена в таблице 5.

На изучаемой территории встречаются зоны сорной рудеральной растительности (лопух, полынь, крапива, лебеда, хвощ, сурепка и другие). Фауна рекультивируемой территории и прилегающих к участку земель представлена двумя комплексами: фаунистическим комплексом из синантропных видов селитебной территории и агрогенным фаунистическим комплексом, сформированным под влиянием агротехнических и агрохимических фак-

торов. Животный мир в видовом отношении объекта рекультивации очень скуден и представлен в основном мышевидными грызунами.

В таблице 6 представлены данные компонентов грунта полигона ТКО. По результатам лабораторного анализа, грунт на площадке изысканий характеризуется средним плодородием. Поэтому для восстановления плодородия и структурного состояния субстрата полигона ТКО потребуются дополнительное внесение удобрений и высев многолетних бобовых и злаковых трав.

В процессе рекультивации надо будет наносить плодородный слой почвы с высоким содержанием гумуса и обладающий благоприятным для роста растений химическими, физическими и биологическими свойствами. Биологический этап рекультивации позволит восстановить растительный покров на рекультивируемом объекте. Общий срок наблюдений после завершения этапа биологических рекультивационных мероприятий составляет не менее 5 лет.

Таблица 5

Микробиологическая характеристика свалочного грунта

Показатели	Ед. измер.	Норма НДК (ПДК)	Результаты испытаний, номер образца			Методы испытаний
			1	2	3	
Группа бактерий кишечной палочки, индекс	КОЕ* в 1 г	1–9 – чистая, 10–100 – умеренно опасная	<1,0	<1,0	<1,0	МУ 2293-81 (Методические указания по санитарно-микробиологическому исследованию почвы)
Патогенные микроорганизмы	В 50 г	Не доп. для чистой	Не обнар.	Не обнар.	Не обнар.	
Энтерококки	КОЕ в 1 г	1–9 – чистая, 10 и выше – загрязненная	Не обнар.	Не обнар.	Не обнар.	
Яйца и личинки гельминтов. Цисты простейших.	экз./кг	Не доп.	не обнар.	не обнар.	не обнар.	МУК 4.2.2661-10 (Методические указания «Методы санитарно-паразитологических исследований») МУ 2.1.7.2657-10 (Методические указания «Энтомологические методы исследования почвы населенных мест на наличие преимагинальных стадий синантропных мух»)
Личинки и куколки синантропных мух	экз., в почве с площади 20×20 см	0 – чистая	не обнар.	не обнар.	не обнар.	

Примечание: * число КОЕ – колониеобразующих единиц.

Таблица 6

Содержание компонентов
в грунте полигона ТКО

Компоненты	Содержание компонентов на 100 г абсолютно сухого грунта		
	мг	мг-экв.	%
Анионы			
HCO ₃ ⁻	29,33	0,48	0,02933
Cl ⁻	4,06	0,11	0,00406
SO ₄ ⁻²	24,58	0,51	0,02458
Катионы			
Ca ⁺²	8,04	0,40	0,00804
Mg ⁺²	3,47	0,29	0,00347
Na ⁺ +K ⁺	9,43	0,41	0,00943
NH ₄ ⁺	-	-	-

При разработке мероприятий на рекультивируемой территории объекта накопленного вреда в соответствии с «Земельным кодексом РФ» нарушенные почвы и земельные участки требуется переводить в состояние, пригодное для дальнейшего использования по назначению. Поэтому для повышения плодородности почвенного субстрата необходим дополнительный привоз здоровой почвы и закрепление субстрата посевом многолетних злаково-бобовых трав. Из многолетних трав рекомендуются смеси следующего состава: клевер белый, овсяница луговая, донник белый и люцерна желтая. Подбор растений для формирования ландшафтной композиции рекультивируемого участка должен соответствовать фитоценологическим, декоративным и экологическим принципам. С учетом региональных особенностей для Белгородской области рекомендуется следующее сочетание растений: дуб как основная древесная порода; липа и кустарники (боярышник колючий, или обыкновенный) как сопутствующие культуры. Для облагораживания и озеленения территории потребуется около 800 штук саженцев дуба, около 400 штук саженцев липы и 3000 штук саженцев кустарника. Ожидается, что после проведения этапа биологической рекультивации исследуемый участок объекта накопленного вреда старой городской свалки г. Белгород

будет представлять собой приятную эстетически и благоустроенную территорию с террасированными задернованными склонами, преобразованную в соответствии с принципами рационального использования земельных ресурсов и с принципами охраны почв. Установлено, что после завершения всех работ и мероприятий остаточное воздействие объекта накопленного вреда старой городской свалки г. Белгород не будет превышать уровень допустимой антропогенной нагрузки на природные компоненты окружающей среды.

Заключение

При выполнении рекультивации земельного участка объекта накопленного вреда старой городской свалки г. Белгород не прогнозируемые негативные последствия на окружающую среду отсутствуют. В период выполнения работ для снижения неблагоприятных техногенных последствий на окружающую среду рекомендуется разработать дополнительные агротехнические мероприятия, улучшающие свойства почвы.

Список литературы

1. Бенин Д.М., Маркова Е.С. Негативное воздействие ТКО на окружающую среду при складировании на объектах захоронения отходов // Инновации. Наука. Образование. 2020. № 18. С. 267–277.
2. Говорушко С.М., Лазарев С., Петухов В.И., Зелинская Е.В. Обращение с твердыми коммунальными отходами: Россия на фоне мира // Астраханский вестник экологического образования. 2021. № 2 (62). С. 4–31.
3. Лукашов С.В., Иванченкова О.А. Анализ состояния почвогрунтов урбанизированной территории как элемент инженерно-экологических изысканий // Успехи современного естествознания. 2020. № 5. С. 56–62.
4. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году. Государственный доклад. М.: Минприроды России; МГУ имени М.В. Ломоносова, 2021. 864 с.
5. Бабина Ю.В. Эксплуатация, закрытие и рекультивация полигонов ТКО // Твердые бытовые отходы. 2019. № 12(162). С. 34–38.
6. Лукашов С.В., Надточей Е.П., Иванченкова О.А. Определение остаточных количеств нефтепродуктов и водорастворимых минеральных загрязнителей в почвогрунтах урбанизированных территорий // Успехи современного естествознания. 2021. № 3. С. 65–71.
7. Кирейчиков И.В., Унжаков В.В., Маслов Д.И. Органика на полигоне вредное воздействие и как его избежать // Твердые бытовые отходы. 2021. № 10 (184). С. 18–22.
8. Каплина С.П., Семенова М.В., Дзюба К.С., Андронов С.В., Каманина И.З., Старостина И.А. Твердые коммунальные отходы как вторичные материальные ресурсы (на примере города Дубна Московской области) // Успехи современного естествознания. 2018. № 2. С. 93–98.