



ОСОБЕННОСТИ ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ МАССИВОВ ГРУНТОВ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Принята к публикации 9.12.2024. Опубликовано 16.12.2024

Королёв В.А.

Профессор кафедры инженерной и экологической геологии геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, д. г.-м. н., профессор, г. Москва, Россия
va-korolev@bk.ru

Родькина И.А.

Научный сотрудник лаборатории грунтоведения и технической мелиорации грунтов геологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, к. г.-м. н., г. Москва, Россия
irinarodkina2007@yandex.ru

АННОТАЦИЯ

На массивах свалочных грунтов формируются специфические эколого-геологические системы (ЭГС), состоящие из абиотических и биотических компонентов. Число таких ЭГС в России, большинство из которых обуславливает накопленный экологический ущерб, достаточно велико. Однако эколого-геологические особенности таких систем на массивах грунтов твердых коммунальных отходов практически не изучались. В данной статье рассмотрены общие эколого-геологические особенности таких массивов. Показано, что ЭГС массивов свалочных грунтов представляют собой специфические образования, для которых определяющую роль играют их литотопы, представленные грунтами коммунальных отходов, богатыми органическими компонентами. Это, в свою очередь, влияет на состав и свойства формирующихся на них техногенных почв (техногенных эдафотопов), а также техногенных микробо-, фито- и зооценозов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

эколого-геологическая система, массив грунтов твердых коммунальных отходов, полигон ТБО, полигон ТКО, литотоп, эдафотоп, микробоценоз, фитоценоз, зооценоз

ССЫЛКА ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ:

Королёв В.А., Родькина И.А. Особенности эколого-геологических систем массивов грунтов твердых коммунальных отходов // Геоинфо. 2024. Т. 6. № 10. С. 6–17. DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-10-6-17.

FEATURES OF ECOLOGICAL-GEOLOGICAL SYSTEMS OF SOLID MUNICIPAL WASTE SOIL BODIES

Accepted for publication on December 9, 2024. Published on December 16, 2024.

Korolev V.A.

DSc, professor at the Department of Engineering and Ecological Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
va-korolev@bk.ru

Rod'kina I.A.

PhD (Geology and Mineralogy), Researcher at the Laboratory of Soil Science and Technical Soil Reclamation, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia
irinarodkina2007@yandex.ru

ABSTRACT

Specific ecological-geological systems (EGS), which consists of abiotic and biotic components, are formed on landfill soil bodies. In Russia, the number of such EGS, most of which cause accumulated environmental damage, is quite large. However, the ecological-geological features of such systems on solid municipal waste soil bodies almost have not been studied. This article considers the general ecological-geological features of such soil bodies. It shows that the EGS of landfill soil bodies are specific formations for which their lithotopes play a decisive role, and those lithotopes are composed of municipal waste soils that are rich in organic components. This, in turn, influences on the composition and properties of technogenic soils (technogenic edaphotopes) formed on those formations and of technogenic microbio-, phyto-, and zoocenoses.

KEYWORDS:

ecological-geological system; solid municipal waste soil body; solid domestic waste landfill; solid municipal waste landfill; lithotope; edaphotope; microbiocenosis; phytocenosis; zoocenosis.

FOR CITATION:

Korolev V.A., Rod'kina I.A. Osobennosti ekologo-geologicheskikh sistem massivov gruntov tverdyh kommunal'nyh othodov [Features of ecological-geological systems of solid municipal waste soil bodies] // Geoinfo. 2024. T. 6. № 10. S. 6–17. DOI:10.58339/2949-0677-2024-6-10-6-17 (in Rus.).

Введение ►

Эколого-геологические системы (ЭГС) массивов грунтов, слагающих полигоны твердых коммунальных отходов (ТКО) или бытовых отходов (ТБО), играют особую роль среди антропогенных экосистем. Они широко распространены на территории России, особенно в пределах крупных городских агломераций и промышленных центров. К ним относят несколько типов массивов складирования – это непосредственно полигоны твердых коммунальных или бытовых отходов (ТКО или ТБО); полигоны строительных отходов, предназначенные для отходов, образуемых в процессе строительства, реконструкции или сноса конструкций, и полигоны инертных отходов для складирования отходов после земляных работ, а также бетона, затвердевшего асфальта, камня, кирпича, отделки двора и мусора, такого как пни, ветки и листья. Независимо от этого, все они в той или иной степени являются источниками загрязнения окружающей среды [1, 2].

Несмотря на широкое распространение, особенности эколого-геологических систем массивов грунтов полигонов твердых коммунальных отходов практически не изучены. Поэтому **цель**

настоящей статьи – выявление главных общих особенностей ЭГС массивов полигонов ТКО и их компонентов.

Объект и методы исследований ►

Объектом исследований являются эколого-геологические системы массивов (полигонов) твердых коммунальных (бытовых) отходов, рассматриваемых как часть соответствующих экосистем и имеющих сложную структуру (рис. 1). ЭГС рассматриваемых массивов представляет собой совокупность взаимодействующих между собой абиотических компонентов (технолитотопа, техногидротопа и техноэдафотопа) и биотических компонентов – технобиоценоза, состоящего из техномикробиоценоза, технофитоценоза и технозооценоза. При этом определяющим компонентом ЭГС является технолитотоп, характеризующийся специфическим рельефом, свалочными грунтами, а также развитыми в пределах массива геодинамическими, геохимическими и геофизическими полями.

Предметом исследований являются знания об особенностях абиотических и биотических компонентов эколого-

геологических систем массивов твердых коммунальных отходов и закономерностях их формирования, важных для эколого-геологических исследований и изысканий.

Методика исследований состояла в применении методов системного анализа к изучаемым объектам, поскольку указанные ЭГС массивов твердых коммунальных отходов рассматриваются как единые системы, состоящие из взаимосвязанных и взаимодействующих друг с другом абиотических и биотических компонентов. Кроме того, использовались методы сравнительного анализа, а также обобщение опубликованного материала по особенностям массивов твердых коммунальных отходов и их отдельных компонентов.

Общие особенности эколого-геологических систем массивов грунтов полигонов твердых коммунальных отходов ►

К общим особенностям ЭГС массивов грунтов, слагающих полигоны ТКО, относятся: локальные площади и ограниченные объемы данных ЭГС; специфический состав свалочных грунтов, формирующих *технолитотоп*;

особенности температурного режима тела полигона; сложный состав фильтра; наличие свалочных газов (биогазов); наличие или отсутствие *технозема* и его специфический состав (см. таблицу). На этих технолитотопах, как литогенной основе, развиваются специфические, характерные только для таких полигонов ТКО, *техномикробоценозы* и *технофитоценозы*, а как следствие – и специфические *технозооценозы*.

Все указанные компоненты данных ЭГС прямо или косвенно взаимодействуют друг с другом, образуя единую сложную систему. Рассмотрим их более подробно.

Особенности абиотических компонентов эколого-геологических систем массивов грунтов твердых коммунальных отходов

При анализе ЭГС массивов грунтов, слагающих полигоны ТКО, в первую очередь необходимо учитывать **особенности технолитотопа**: состав свалочных грунтов, строение ложа и бортов полигона, технические устройства, развитые в их пределах геохимические, геофизические и геодинамические поля. Литогенной основой такой ЭГС является *технолитотоп*, который представлен *свалочными грунтами*, состав которых зависит от типа полигона. Это могут быть твердые коммунальные или бытовые отходы, состоящие из пищевых остатков, бумаги, картона, материи, пластмасс, дерева и т.п., либо они могут быть представле-



Рис. 1. Структура эколого-геологической системы массивов твердых коммунальных отходов: ГДП – гидродинамическое поле; ГХП – геохимическое поле; ГФП – геофизическое поле

Таблица 1

Особенности эколого-геологических систем массивов грунтов, слагающих полигоны ТКО				
Особенности абиотических компонентов	Особенности биокосных и биотических компонентов:			
	техно-эдафотопа	техно-микробоценоза	техно-фитоценоза	техно-зооценоза
1. Специфический состав свалочных грунтов 2. Особый температурный режим, возможность саморазогрева и возгорания грунта 3. Большой диапазон изменения прочностных и деформационных свойств грунтов 4. Обводненность, зависящая от систем отвода инфильтрата 5. Наличие биогаза и «фильтрата» 6. Изменённый рельеф 7. Специфический парагенез ЭГП по бортам тела полигона	1. Развитие маломощных технозёмов или их отсутствие 2. Создание искусственных почв при рекультивации	1. Преобладание микробов-сапрофитов 2. Зависимость видового разнообразия микробов-сапрофитов от состава грунтов, наличия органики 3. Повышенная плотность популяций и биомассы микробов-сапрофитов 4. Появление специфических не характерных для данного региона форм микробных сообществ	1. Развитие техногенного фитоценоза 2. Преобладание сорных видов растений-пионеров 3. Снижение видового разнообразия растений	1. Формирование техногенного зооценоза 2. Снижение видового разнообразия животных, преобладание бродячих животных и падальщиков 3. Увеличение численности синантропных насекомых

ны твердыми строительными отходами: древесиной, обломками кирпича, бетона, гравия и примеси иных грунтов. От состава свалочных грунтов зависит формирование в массиве биогазов, фильтрата, а также антропогенных геохимических, геофизических и геодинамических полей, которые также являются важнейшими компонентами данного технолитотопа.

Важную роль в технолитотопе играют биогазы, образующиеся за счет процессов гниения отходов. Их состав и интенсивность газогенерации меняются во времени [1]. Другой важнейший компонент технолитотопа – *фильтрат*, образующийся в нижней части свалочного грунта и представляющий собой сложный набор токсичных компонентов.

Геохимические поля в пределах массива свалочных грунтов не постоянны во времени и зависят от состава отходов. Из *геофизических полей* технолитотопа ведущую роль играет *тепловое поле*, формирующееся за счет процессов разложения отходов. Температура разогрева свалочных грунтов при этом может достигать значительных уровней, вплоть до самовозгорания полигона.

Геодинамические поля в пределах технолитотопа обусловлены различными инженерно-геологическими процессами: оседанием и уплотнением свалочного грунта; провалами свалочного грунта вследствие образования в его теле пустот; склоновыми процессами по бортам массива (оползнями, оплывина-



Рис. 2. Общий вид полигона ТКО «Саларьево»

ми и т.п.); развитием склоновой эрозии и др. (рис. 2).

Основными *техническими компонентами* технолитотопа являются:

а) чаша складирования, которая представляет собой котлован или ограждающую насыпь с изолирующим экраном для надежной защиты окружающей среды;

б) система сбора и отведения биогаза;

в) система отвода фильтрата;

г) дополнительные противοфильтрационные завесы и системы откачки подземных вод;

д) подъездные пути и т.п. [1, 3] (рис. 3).

В зависимости от типа полигона состав технических компонентов может быть весьма различным.

Глубина котлована рассчитывается из условия баланса земляных работ,

объемов хранения и уровня грунтовых вод, который должен быть минимум на 1 м ниже дна котлована. Особые требования с точки зрения окружающей среды предъявляются к противοфильтрационным и защитным экранам ложа полигонов [4, 5]. Поэтому особо важным моментом при размещении полигонов является правильный выбор площадки будущего строительства с учетом инженерно-геологических, гидрологических и геодинамических условий. Как указано в нормативных документах, грунтовое основание хранилища отходов должно иметь водонепроницаемый защитный искусственный или естественный экран¹.

Максимальные коэффициенты фильтрации глинистых грунтов естественного сложения, в которых разрешалось осу-

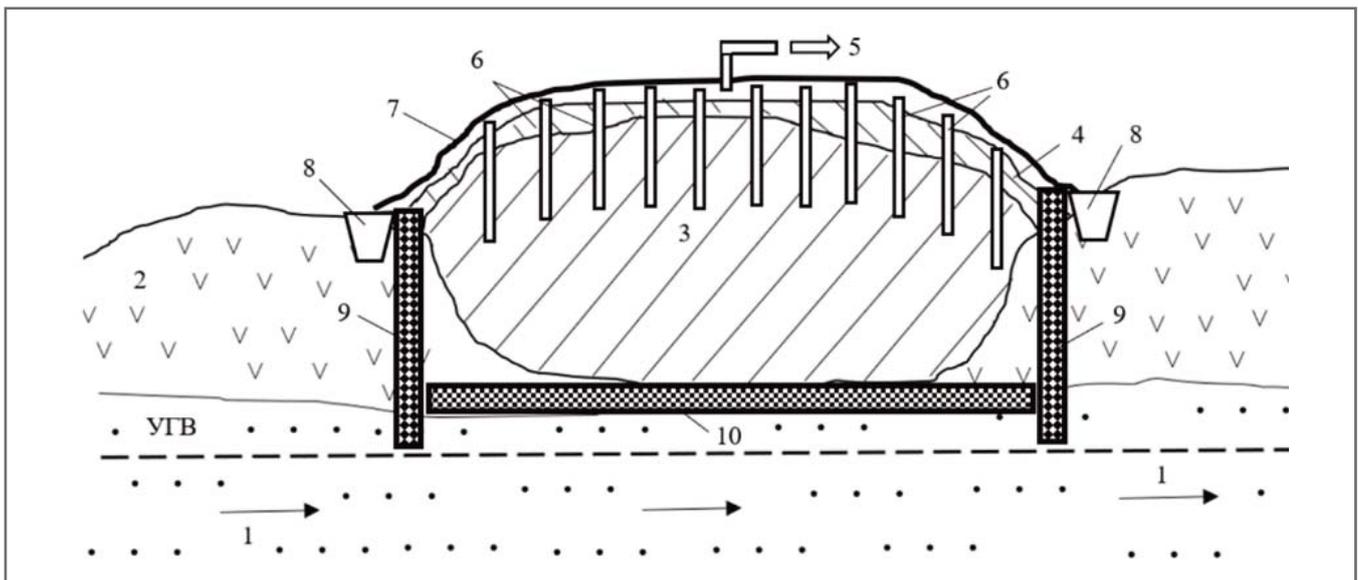


Рис. 3. Технические компоненты технолитотопа ЭГС массива грунтов полигона ТБО [12]: 1 – направление движения подземных вод; 2 – вмещающие грунты; 3 – свалочный грунт; 4 – перекрывающий грунт с образовавшейся; 5 – система откачки биогаза; 6 – система вакуумирующих скважин; 7 – поверхностное герметичное покрытие; 8 – дренажная канава; 9 – боковой экран (противοфильтрационная завеса); 10 – горизонтальный противοфильтрационный экран

¹ СанПин 2.1.7.722-98. Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов. М.: 1998.

ществлять захоронение отходов, зависят от степени токсичности отходов. Для нерастворимых веществ I класса, растворимых II и III классов коэффициент фильтрации грунта должен быть не более 10^{-8} см/с; для нерастворимых веществ II и III классов опасности – не более 10^{-7} см/с; для веществ, относящихся к IV классу опасности – не более 10^{-5} см/с (см. сноску²). Мощность глинистых грунтов с указанными коэффициентами фильтрации должна быть не менее 0,5–1,0 м. Однако территориальными строительными нормами Московской области³ при строительстве полигонов рекомендовалось применять изоляционный слой из природных глин с коэффициентом фильтрации 10^{-6} см/с при градиенте напора $i=30$. Инструкцией по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов рекомендовалось использовать глины в естественном состоянии с коэффициентом фильтрации не более 10^{-5} см/с. При отсутствии глин с коэффициентами фильтрации, указанными в нормативных документах, применяются специальные искусственные конструкции противofильтрационных экранов при соответствующем технико-экономическом обосновании и при условии их долговечности и стойкости против агрессивного воздействия отходов. К сожалению, практика показала, что большинство созданных в России полигонов ТБО не соответствует этим требованиям.

Перечислим основные типы защитных противofильтрационных экранов, предлагаемых к применению в России [5].

А. Грунтовые:

- а) глиняный однослойный;
- б) глиняный многослойный с дренажной прослойкой;
- в) грунтобитумно-бетонный.

Б. Бетонные и железобетонные:

- а) из железобетонных плит;
- б) из полимербетона;
- в) бетонопленочный.

В. Асфальтобетонные:

- а) однослойный с битумным покрытием;
- б) двухслойный с дренажной прослойкой;
- в) с покрытием битумно-латексной эмульсией.

Г. Асфальтополимербетонные.

Д. Пленочные:

- а) из полиэтиленовой пленки, стабилизированной сажей, однослойный;
- б) из полиэтиленовой пленки, стабилизированной сажей, двухслойный с дренажной прослойкой.

Особенности техноэдафотоп эколого-геологической системы массивов грунтов твердых коммунальных отходов ▶

На теле массива свалочного грунта искусственно или естественным путем со временем формируются техногенные почвы – биокосный компонент, выделяемый в *техноэдафотоп* ЭГС. Их тип зависит от климатических условий местности, а также от состава свалочного грунта и в особенности от состава грунта поверхностного слоя, выступающего для почвы материнской породой.

В районах размещения свалок и полигонов ТБО на их поверхности формируются слабо развитые, поверхностно- и химически-преобразованные почвы или *технопочвы* (*техноземы*). Техногенные почвы и почвоподобные тела сочетаются в них с непочвенными образованиями – «свалочными грунтами» или «телами» с высокой неоднородностью состава, строения, физико-механических и химических свойств. Среди твердых коммунальных и промышленных отходов над техногенно-рекрементогенными отложениями выделяют *литостраты* и *органолитостраты* – насыпные минеральные и органоминеральные грунты (смеси), *артииндустраты* (нетоксичные материалы городских свалок с количеством промышленных отходов больше 50%), *артиурбистраты* – бытовые отходы городских свалок (до 30%), нередко с включением промышленных отходов, *токсиндустраты* (токсичные материалы отходов промышленных предприятий, медицинских и других учреждений), а также *урботехноземы* [6].

К *урботехноземам* относят *реплантоземы* и *конструктоземы* – искусственно создаваемые почвоподобные образования, состоящие из насыпных неоднородных по составу и свойствам слоев грунта при рекультивации свалок и полигонов с целью предотвращения выбросов метана и поступления загрязненных фильтративных вод.

Конструктоземы на территории полигона ТБО могут иметь как локальное, так и площадное распространение. В первом случае на поверхности некоторых участков полигона создается конструкция, стоящая из двух слоев: метанооксиляющего и газопроводящего. Во втором случае создается покрытие, называемое *биопокровом*.

Кроме вышеперечисленных почв и почвоподобных тел на рекультивируемых свалках и полигонах ТБО распространены участки со слабогумусированными или негумусированными минеральными грунтами. На поверхностях, где закрепление грунта корневыми системами не нарушается, через 5–10 лет формируется дерновый почвенный горизонт. Такие почвы могут быть охарактеризованы как *примитивные* (*псаммоземы*, *пелоземы*) или слабо развитые дерновые (*серогумусовые*). Например, на полигонах ТБО в Ростовской области образуются пелоземы гумусовые глееватые, залегающие на переувлажненных газогенерирующих бытовых отходах [7].

Почвы, прилегающие к полигонам ТКО в зоне их воздействия, также испытывают существенную трансформацию и становятся *техногенно-измененными*, прежде всего из-за химического загрязнения. За счет этого почвы в первую очередь загрязняются тяжелыми металлами, причем часто последние дают следующий ряд: $Fe > Mn > Zn > Sr > Cu, V, Ni > Pb > Co > Hg, Cd$ [8]. Кроме накопления металлов происходит подщелачивание поверхностных горизонтов почв (до pH 7,2–8,5) и повышение содержания в них органического вещества (5–12%), которое к тому же необычно сочетается с высокими концентрациями аммонийного азота (40–100 мг/кг, что в 2–4 раза может быть больше фоновых значений). В аллювиальных почвах пойм также отмечаются аномально высокие содержания валовых форм фосфора (500 мг/кг и больше) и серы с превышением фонового уровня в 2 раза и более [6].

В районах размещения полигонов ТБО кроме тяжелых металлов существенное влияние на окружающую среду, включая и почвы, оказывают полихлорированные бифенилы (ПХБ), выделяющиеся при возгорании отходов (рис. 4). По данным публикации [9], в почвах вблизи полигона ТБО «Жирошкино»

² СНиП 2.01.28-85. Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию. М.: Стройиздат, 1985.

³ ТСН 30-308-2002 Московской области. Проектирование, строительство и рекультивация полигонов твердых бытовых отходов в московской области. М.: Министерство строительного комплекса московской области, 2002.

(Московская обл.) концентрации ПХБ (9,16–19,16 нг/г) превышали фоновые значения (5,44 нг/г), но ни в одной из точек опробования не достигали ПДК (60 нг/г). Установлены некоторые пространственные закономерности: максимальное значение (0,32 ПДК, что в 3,5 раза выше фона) было отмечено в непосредственной близости от ограждения полигона ТБО, минимальное (0,12 ПДК) – на границе с санитарно-защитной зоной.

В ряде работ оценивалось газогеохимическое состояние почв и твердых коммунальных отходов на отложениях погребенных свалок Московского региона. Авторами показано, что интенсивность выброса парниковых газов в атмосферу из антропогенных почв и ТКО (литостратов, органолитостратов, артиурбистратов) растет по мере увеличения мощности и интенсивности газогенерации техногенно-рекрементогенных отложений. При возникновении периодического подтопления в них формируются метаново-углекислотные аномалии, а запечатывание территории под асфальтобетонным покрытием способствует накоплению газов в газогенерирующем слое (до 2% CH_4 и 12% CO_2), так как не работает почвенно-бактериальный фильтр. Полученные результаты свидетельствуют о том, что даже после погребения свалки и выполнения комплекса рекультивационных работ ее тело длительное время остается источником эмиссии биогаза, «химической бомбой замедленного действия» [6].

Особенности биотических компонентов эколого-геологических систем массивов грунтов твердых коммунальных отходов ▶

Особенности техномикроценоза

В пределах ЭГС массива свалочных грунтов формируются специфические техномикроценозы, в составе которых появляются микробные сообщества, которые не характерны для окружающей полигон территории. Из-за присутствия в свалочных грунтах патогенных микроорганизмов, вирусов и гельминтофауны по санитарно-микробиологическим показателям они могут быть отнесены к категории «опасных» и «чрезвычайно опасных». При этом тех-



Рис. 4. Самовозгорание отходов полигона «Жирошкино» в 2007 г. (фото В.А.Королева)

ногенной трансформации подвергаются как микробные сообщества тела самой свалки (или полигона ТКО), так и почв и подстилающих их грунтов на прилегающей территории.

В составе микроценозов ЭГС массивов свалочных грунтов обнаружены вирусы, бактерии, археи, протисты, низшие грибы и водоросли.

Реакция бактериального сообщества почв на воздействие загрязненных фильтрационных вод от полигона ТКО проявляется как на количественном, так и на качественном уровне. Так, например, в староземах балки, примыкающей к полигону ТБО в Курской области, наблюдалось увеличение численности олиготрофных бактерий ($4,3\text{--}5,7 \times 10^6$ КОЕ/г), потенциально патогенных бактерий в профиле почв вплоть до глубины 60–70 см и индикаторов фекального загрязнения почвы – БГКП и энтерококков ($1,0\text{--}3,0 \times 10$ КОЕ/г) [10].

Другой пример отклонения микробиологических показателей почв, периодически подтопляемых фильтратом, вблизи (10–30 м) участка складирования ТБО (Московская обл.) от фоновых значений (дерново-подзолистая почва суглинистого гранулометрического состава):

- 1) видовое разнообразие бактериальной биомассы ($74,37$ кл/г $\times 10^6$ /фон – $64,13$ кл/г $\times 10^6$) увеличивается в 1,16 раза;
- 2) общая грибная биомасса ($39,02$ мкг/г/фон – $1,59$ мкг/г) – в 2,93 раза;
- 3) почвенное дыхание ($1,85$ мкмоль/г \times ч/фон – $1,14$ мкмоль/г \times ч) – в 1,62 раза;
- 4) численность почвенных грибов ($5,83$ КОЕ $\times 10^3$ /фон – $8,00$ КОЕ $\times 10^3$) – в 5,73 раза).

Микробиологические показатели по убыванию чувствительности к загрязнению почв фильтратом образуют следующий ряд: соотношение численности почвенных грибов, посчитанных прямым методом (люминесцентная микроскопия) и методом посева; общая грибная биомасса > почвенное дыхание (эмиссия CO_2 методом газовой хроматографии) > видовое разнообразие бактериальной биомассы по Шеннону (метод газовой хроматографии – масс-спектрометрии); общая бактериальная биомасса (метод газовой хроматографии – масс-спектрометрии) > доля спор в грибной биомассе (люминесцентная микроскопия) [11].

Также было отмечено, что в эколого-геологических системах рекультивируемой территории полигона ТБО (Пермский край) активно развиваются бактерии родов *Bacillus*, *Micrococcus*, *Mycobacterium*, *Pseudomonas*, большое количество бациллярных форм, численность которых составляет от 252 тыс. до 1,8 млн кл./г, актиномицеты и грибы – деструкторы целлюлозы [12].

Количественный и видовой состав микробных сообществ в микроценозах ЭГС массивов свалочных грунтов не постоянен во времени.

Особенности технитоценоза

Флора ЭГС массивов свалочных грунтов отличается значительной бедностью видового состава по сравнению с окружающими фитоценозами (рис. 5). В ней преобладают синантропные⁴ виды растений, большинство из которых – адвентивные⁵ (чужеродные) растения [13]. Еще одной особенностью растительности свалок является присутствие

⁴ Синантропные виды (от греч. syn - вместе, anthropos – человек) – виды организмов (микробов, растений, животных), связанные с жизнедеятельностью человека: с жилищем человека, продуктами питания, различного происхождения отходами людей и домашних животных

⁵ Адвентивные растения (от лат. adventus – приход) – пришлые растения, появление которых на изучаемой территории произошло под влиянием антропогенного влияния на флору и не связано с процессом естественного флорогенеза



Рис. 5. Фитоценоз вблизи полигона отходов Дмитровский Московской области



Рис. 6. Характер зарастания растительностью поверхности полигона ТКО «Жирошкино», Московская область (фото В.А.Королева)

дичающих *интродуцентов* – декоративных, пищевых и кормовых растений, переселенных из других мест на территорию, где они раньше не существовали. Общее биоразнообразие растений на территории полигона также ниже, чем на сопредельной территории.

Так, например, в автономных и транзитных ландшафтах на несанкционированных свалках г. Ульяновска широкое распространение имеют спонтанно формирующиеся неоднородные сообщества растений с доминированием крапивы двудомной (*Urtica dioica*), мари белой (*Chenopodium album*) и лебеды лоснящейся (*Atriplex sagittate*) [14]. В супераквальных ландшафтах (пойма р. Свяги) доминируют лопух паутинистый (*Arctium tomentosum*) и пустырник пятилопастной (*Leonurus quinquelobatus*).

На территории несанкционированной свалки в пойме р. Юца (г. Пятигорск, Ставропольский край) рудеральные⁶ растения представлены хвощом полевым (*Equisetum arvense*), полынью горькой (*Artemisia absinthium*), дурнушником обыкновенным (*Xanthium strumarium*), крапивой жгучей (*Urtica urens*), лопухом большим (*Arctium lappa*) и сурепкой обыкновенной (*Barbarea vulgaris*) [15].

Увеличение площади и числа полигонов ТКО в конце XX – начале XXI века привело к резкому возрастанию популяций адвентивных растений. Интересно отметить, что ведущим фактором заноса новых адвентивных растений на территориях средней полосы России были железные дороги, а на втором месте – свалки и пустыри [16]. Наибольшее число видов адвентивных растений

на полигонах ТКО (до 300–700 видов) отмечено в Московской, Ленинградской и Тверской областях, где сформировалось значительное число полигонов ТКО. Растительные сообщества полигонов ТКО динамичны во времени, меняются в зависимости от стадий эксплуатации полигона, способа его рекультивации и т.п. (рис. 6).

Так, например, детальные исследования адвентивной флоры технофитоценозов в Тверской области показали, что степень разнообразия адвентивной флоры определяется не только объемом и характером привозимых на мусорные полигоны отходов, зависящими от размеров населенного пункта, активности хозяйственно-экономических связей, уровня развития торговой сети, но и особенностями эксплуатации свалок и полигонов. При интенсивной рекультивации мусора, исключающей возможность развития растений, на скапливающихся отвалах флористическое богатство резко снижается. Этому способствует и активное сжигание большого объема отходов. На всех изученных свалках Тверской области встречается 17 адвентивных видов. Среди них – широко распространенные сельскохозяйственные культуры и сорные растения (*Avena sativa*, *Echinochloa crusgalli*, *Secale cereale*, *Anethum graveolens*, *Helianthus annuus*, *Armoracia rusticana*, *Cucurbita pepo*, *Lycopersicon esculentum*, *Solanum tuberosum* и др.). 30 видов растений было отмечено на 12–19 свалках (т.е. более чем на половине изученных объектов) [16].

Геохимическое опробование растений вокруг свалок и полигонов в разных природно-климатических зонах показало, что содержание ТМ в них существенно превышает фоновые значения. По материалам Е.И. Поповой [17], для Mn, Zn, Cu, Sr и Pb хорошим индикатором техногенеза на территории Шапшинского полигона ТБО (г. Ханты-Мансийск) является мать-и-мачеха (*Tussilago farfara*). Загрязнение Zn (50 мг/кг сухой массы) лучше фиксируется клевером гибридным (*Trifolium hybridum*), Cr (25 мг/кг) – подорожником большим (*Plantago maior*), что, по-видимому, определяется индивидуальными особенностями растений в отношении избирательного поглощения элементов.

О.Л. Воскресенской с соавторами [18] установлено, что в местах сбора и

⁶ Рудеральные растения (от лат. ruderis – строительный мусор) – сорные растения, произрастающие на свалках мусора

временного хранения ТБО (г. Йошкар-Ола, р. Марий Эл) корни подорожника большого (*Plantago major*), горца птичьего (*Polygonum aviculare*) и ромашки пахучей (*Matricaria suaveolens*) накапливают большее количество ТМ (Pb, Cd, Zn и Cu) по сравнению с листьями. Последнее подтверждают коэффициенты биологического поглощения (A_x по Перельману).

Естественное зарастание свалок растениями происходит прежде всего у подножия и частично на боковых поверхностях, а затем позже распространяется на верхние участки. Небольшие заросшие участки на поверхности свалок чаще всего являются следствием проведения рекультивационных работ (горнотехнического и биологического этапов). При рекультивации полигонов происходит смена технофитоценоза.

Установлено, что технофитоценозам полигонов ТКО в основном присуща сингенетическая сукцессия, которая получает наибольшее развитие на северных экспозициях склонов полигонов. Губительными для сукцессионных процессов являются неконтролируемое горение мусора, системы накопления и отвода фильтрата, свалочный газ. Эти процессы тормозят гумусообразование и накопление фитомассы на свалках в целом [19].

Таким образом, технофитоценозы массивов грунтов, слагаемых твердыми коммунальными отходами, являются техноприродными, природно-техногенными или техногенными и характеризуются рядом специфических особенностей, зависящих от типа и размеров полигона, его возраста, способа рекультивации и климатических условий.

Особенности технозооценоза

В пределах ЭГС массивов свалочных грунтов формируются и специфические техногенные зооценозы, созданные человеком нецеленаправленно. В результате этого в составе таких технозооценозов распространяются синантропные животные, адаптированные к таким биотопам.

В составе технозооценозов ЭГС массивов свалочных грунтов со временем формируются сообщества беспозвоночных и позвоночных животных, значительную долю которых составляют *педобионты*.

Среди *беспозвоночных животных* здесь отмечаются гельминты, а также членистоногие. *Гельминты*, вызывающие паразитарные заболевания, представлены разными морфотипами их

пропагативных стадий: *Ascaris sp.*, *Toxocara sp.*, *T. leonina*, *N. vitulorum*, *Metastrongylus sp.*, *P. equorum*, яйцами трихоцефалидного типа, принадлежащие к родам *Trichocephalus*, *Capillaria* и *Thominx*, онкосферами цестод сем. *Taeniidae* и яйцами трематод сем. *Opistorchiidae* и *A. alata* [20]. Основные переносчики инфекций и инвазий – собаки, кошки, птицы, грызуны и насекомые, которые в большом количестве посещают полигоны ТБО в поисках пищи.

Биотестирование почв крупных свалок (Ульяновская обл.) с использованием культур инфузорий (*P. caudatum*) и дождевых червей (*E. foetidae*) показало, что все анализируемые пробы обладают токсическим эффектом [6, 20]. Основное негативное воздействие авторы связывают с особенностями технологии утилизации ТБО («котлованным захоронением») и процессами горения находящихся в составе отходов полимерных материалов. Воздействие высоких температур и токсичных продуктов горения приводит к значительному или полному исчезновению педобионтов в почвах свалок.

На территориях свалок ТКО многочисленны *членистоногие-герпетобионты*, обитающие на поверхности отходов. Установлено, что на свалках обитают ракообразные (представлены мокрицами *Oniscidea*), паукообразные (*Arachnida*), многоножки (*Myriapoda*) и насекомые (*Insecta*).

Исследования изменений численности членистоногих-герпетобионтов на свалках ТКО по сравнению с сопредельной (контрольной) зоной показало, что для разных групп видов соотношения различны. Так, например, исследования, проведенные на полигоне ТКО г. Прокопьевска Кемеровской области показали, что динамическая плотность на свалке ТКО по усредненным данным ниже по сравнению с контролем: паукообразных – в 1,2 раза, многоножек – в 2,3, насекомых – 1,3 раза. Исключением составляют ракообразные, плотность населения которых выше на свалке в 1,3 раза по сравнению с прилегающей (контрольной) территорией. Динамическая плотность пауков на свалке выше по сравнению с контролем, а сенокосцев и акариформных клещей, напротив, ниже [21].

Фауна насекомых ЭГС массивов полигонов ТБО изучена пока недостаточно. Из низших насекомых на полигонах ТКО преобладают ногохвостки-коллемболы (*Collembola*). Так, например, на свалках бытовых отходов Подмосквья

выявлена группировка коллембол, состоящая не менее чем из 42 видов. В ее составе преобладают ногохвостки *Xenylla weicht*, *Desoria trispinata* и *Cryptopygus thermophilus*. Доля видов семейства *Hypogastmridae* в общей численности – около 70%. Средняя численность коллембол на полигонах ТБО составила 44 тыс. экз./м². Обилие ногохвосток различалось по стадиям захоронения отходов и было наименьшим на участках свежего мусора. По сезонным срокам учетов численность коллембол возрастала в конце лета и стремительно падала к середине осени [22].

Наибольшее число видов из насекомых на свалках составляет отряд двукрылых (*Diptera*). Из них преобладают синантропные мухи, в том числе комнатная муха (*Muscina stabulans*), домовая муха (*Muscina stabulans*), жигалка (*Stomoxys calcitrans*), падальная муха (*Synomyia mortuorum*), червеедка обыкновенная (*Pollenia rudis*) и др., развитие личинок которых связано с обилием пищевых и органических отходов на свалках, а также с благоприятными термо-влажностными условиями для развития личинок. Все они имеют большое эпидемиологическое значение как механические переносчики возбудителей инфекционных и паразитарных болезней (возбудителей кишечных инфекций, полиомиелита, цист простейших, яиц гельминтов, эпидемического конъюнктивита и др.). Наличие личинок и куколок мух в свалочных грунтах, в почве населенных мест является прямым показателем (биоиндикатором) их загрязнения, плохой санитарной очистки территории, показателем неправильного сбора отходов, несвоевременного их удаления и обезвреживания. Мясные мухи (*Piophilidae*) откладывают яйца на трупы животных, птиц, гниющую и малосольную рыбу. Плодовые мухи (*Drosophilidae*) развиваются в гниющих овощах, фруктах, пивном сусле, посуде с остатками пищи, кормах животных. Сырные мухи (*Piophilidae*) откладывают яйца на соленую и копченую рыбу, сыр, ветчину, сало и др.

Следует отметить, что в последние десятилетия отмечено приобретение синантропности видами насекомых, которые до этого не являлись таковыми. При этом отмечено увеличение синантропности при движении с юга на север, т.е. по мере ухудшения условий питания.

Наряду с двукрылыми (*Diptera*) на свалках ТКО обитают и другие насекомые. Так, например, на полигоне ТКО г. Прокопьевска насекомые представле-



Рис. 7. Чайки на полигонах ТБО в Московской области (а) и в Саратове (б) (www.saratovkp.ru)

ны классами Insecta-Entognatha и Insecta-Ectognatha. Из класса Insecta-Entognatha отмечены немногочисленные виды отряда коллембол (*Collembola*). Класс Insecta-Ectognatha представлен отрядами *Heteroptera*, *Dermaptera*, *Coleoptera* и *Hymenoptera*. По численности преобладают два последних отряда, на них приходится 81,1% от всех сборов жуков на свалке и 82,3% – в контрольной зоне. Из отряда *Hymenoptera* на свалке наиболее многочисленны муравьи рода *Myrmica*, а из *Coleoptera* – стафилиниды и жуки (*Carabidae*), однако их численность ниже, чем в контроле [21].

Среди **позвоночных животных** на территориях ЭГС массивов полигонов ТБО отмечены различные **пресмыкающиеся** (змеи – медянка, гадюка, уж, живородящая ящерица), **птицы**, а также **млекопитающие**.

Специфической особенностью **орнитофауны** этих ЭГС является обилие таких птиц, как врановые (*Corvidae*) и чайковые (*Laridae*) (рис. 7). Наличие большого количества пищевых отходов, которые представляют собой корм для многих птиц, привлекает на свалки огромное количество различных птиц. В ряде случаев из-за наличия свалок даже нарушаются сезонные миграции птиц, которые при наличии большого количества корма на свалках не мигрируют на юг в зимний период, а остаются на зимовку. Эти факты были отмечены в большом количестве во многих европейских странах, включая Россию, относительно чаек, аистов, стервятников, черных коршунов и др.

Так, например, на свалках твердых бытовых отходов городов Северного Кавказа в зимний период было зарегистрировано 98 видов птиц, что составляет 27,8% состава орнитофауны регио-

на и 12,4% состава орнитофауны Российской Федерации [23]. На свалочных комплексах Северного Кавказа самым массовым зимующим видом был грач (*Corvus frugilegus*), на долю которого пришлось в среднем 55,0% орнитофауны. На свалках Ставрополя, Изобильного, Светлогорода, Махачкалы, Ростова-на-Дону и Элисты массово зимуют хохотунья, или степная чайка (*Larus cachinnans*), а также сизая чайка (*Larus canus*), составляющие около 25% орнитофауны. На свалках городов Ессентуки, Алагир, Ардон, Назрань, и Баксан среди доминирующих видов зимней орнитофауны – домовый воробей (*Passer domesticus*) и полевой воробей (*Passer montanus*), составившие соответственно 14,9 и 16,9% птичьего населения. На свалках Краснодара, Славянска-на-Кубани и Махачкалы на долю обыкновенного скворца (*Sturnus vulgaris*) пришлось 16,6% от общего числа орнитофауны.

Установлено, что на одну городскую свалку приходится в среднем около 3000, на сельскую – примерно 540 особей птиц. В зимний период на всех свалках Северного Кавказа зимует около 8,0 млн птиц [23]. Общая биомасса птиц, зимующих на свалочных комплексах городов Северного Кавказа, составляет около 1700 кг, на сельских – 170 кг. В подобных условиях биомасса птиц может достигать 2000 т.

Таким образом, ЭГС массивов свалочных грунтов являются важнейшим фактором, регулирующим численность орнитофауны. Данный фактор можно использовать целенаправленно для обеспечения необходимого количества популяций отдельных видов птиц [23].

Наряду с птицами свалки привлекают и огромное количество **млекопитающих**: грызунов, бродячих собак и

других хищников. Среди грызунов на свалках преобладают: домовая мышь (*Mus musculus*), серая крыса (*Rattus norvegicus*), черная крыса (*Rattus rattus*), лесная мышь (*Apodemus uralensis*), полевая мышь (*Apodemus agrarius*), желтогорлая мышь (*Apodemus flavicollis*), рыжая полевка (*Clethrionomys glareolus*) и др. При этом в средней полосе европейской части России преобладают домовая мышь и серая крыса. Поскольку большинство этих животных являются переносчиками опасных заболеваний, то они во многом определяют в районах ЭГС массивов ТБО санитарно-эпидемиологическую обстановку.

Свалки ТБО регулярно посещаются стаями бродячих собак и их одиночными особями. Кроме того, они посещаются бурым медведем (*Ursus arctos*), что становится характерным для многих регионов Сибири, а также посещаются белым медведем (*Ursus maritimus*) в Заполярье (рис. 8). Наряду с ними свалки посещаются лисами (*Vulpes vulpes*), волками (*Canis lupus*), а в приполярных регионах – песцами (*Vulpes lagopus*). Многие из перечисленных животных посещают свалки со своими детенышами, способствуя закреплению этого рефлекса.

Многие из млекопитающих, посещающих городские свалки, являются переносчиками клещей, зараженных энцефалитом и боррелиозом, в связи с чем в ряде областей России (Карелия, Калужская и Томская области и др.) отмечается увеличение опасности заражения человека этими заболеваниями.

Закключение ►

Таким образом, ЭГС массивов свалочных грунтов представляют собой весьма специфические образования, для которых определяющую роль иг-



Рис. 8. Белые медведи на свалке Новой Земли (а) и бурые медведи на свалке в Мурманской области (www.regnum.ru)

рают их технолитотопы, представленные коммунальными отходами, богатыми органическими компонентами. Это, в свою очередь, влияет на состав техногенных почв (техногенных эдафотопов), а также техногенных микробо-, фито- и зооценозов.

При рассмотрении ЭГС массивов полигонов ТКО необходимо учитывать:

– особенности технолитотопа, к которым относятся: специфический состав самих грунтов, особый температурный режим, возможность самовозгорания, широкий диапазон прочностных и деформационных свойств, обводнен-

ность, зависящая от систем водоотведения, наличие биогаза, специфический парагенез ЭГП по бортам тела полигона и т.д.;

– особенности техноэдафотопа: маломощный почвенный покров технозома или его полное отсутствие;

– особенности техномикробоценоза: преобладание микробов-сапрофитов, зависимость видового разнообразия микробов-сапрофитов от состава грунтов, наличия органики, повышенная плотность популяций и биомассы микробов-сапрофитов, наличие специфических не характерных для дан-

ного региона форм микробных сообществ;

– особенности технофито- и технозооценозов: формирование специфических техногенных фито- и зооценозов, снижение видового разнообразия растений и животных, преобладание бродячих животных и падальщиков, увеличение численности синантропных насекомых. **И**

Указанные особенности следует иметь ввиду при проведении эколого-геологических исследований на территориях данных ЭГС, а также при инженерно-экологических изысканиях.

Список литературы ►

1. Королев В.А. Очистка и восстановление геологической среды. М.: ООО «Сампринт», 2019. 430 с.
2. Королев В.А. Полигоны ТБО: есть ли альтернатива? // Инженерная геология. 2010. № 1. С. 46–56.
3. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов от 2 ноября 1996 года. М.: Министерство строительства РФ, 1996. 39 с.
4. Бартоломей А.А., Брандл Х., Пономарев А.Б. Основы проектирования и строительства хранилищ отходов. М.: Изд-во АСВ, 2004. 145 с.
5. Родькина И.А., Самарин Е.Н. Защитные экраны, применяемые на полигонах ТКО в России и за рубежом // ТБО. 2018. № 12. С. 35–42.
6. Оценка состояния почв и растительности в районах размещения свалок и полигонов твердых бытовых отходов (обзор) / И.В. Замотаев, И.В. Иванов, П.В. Михеев и др. // Почвоведение. 2018. № 7. С. 907–924.
7. Безуглова О.С., Невидомская Д.Г., Морозов И.В. Почвы полигонов твердых бытовых отходов и их экология. Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального ун-та, 2010. 232 с.
8. Ларионов Н.С., Боголицын К.Г., Кузнецова И.А. Комплексная оценка влияния свалки твердых бытовых отходов г. Архангельска на компоненты природной среды // Рос. хим. ж. (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2011. Том LV. № 1. С. 93–100.
9. Баева Ю.И., Остапенко М.А. Оценка влияния полигонов твердых бытовых отходов на загрязнение почв полихлорированными бифенилами (на примере полигона ТБО «Жирошкино» городского округа Домодедово) // Вестник РУДН. Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. 2013. № 4. С. 68–78.
10. Замотаев И.В., Михеев П.В. Изменение микробиологических показателей почв в зоне влияния полигона твердых бытовых отходов // Материалы VII Съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева, Белгород, Россия, 15–22 августа, 2016. С. 220–221.
11. Попутникова Т.О. Экологическая оценка почв и отдельных компонентов окружающей среды в зоне размещения полигона твердых бытовых отходов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2010. 24 с.

12. Зомарев А.М. Санитарно-гигиенический мониторинг полигонов захоронения твердых бытовых отходов (ТБО) на этапах жизненного цикла: автореф. дис. ... докт. мед. наук. Пермь, 2010. 23 с.
13. Аревкин Ю.А. Прогноз загрязнения геологической среды в зонах свалок твердых бытовых отходов: на примере полигона «Тимохово»: автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. М.: 2002. 24 с.
14. Иванова Ю.С. Влияние несанкционированных свалок бытовых отходов на экологическое состояние почв (на примере территории г. Ульяновска): автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ульяновск, 2012. 24 с.
15. Лега С.Н., Тихонова И.Н., Маршалкин М.Ф. Особенности трансформации травянистых экосистем поймы реки Юца под воздействием свалки строительного мусора и ТБО // Международный научно-исследовательский журнал. 2017. Т. 5. № 59. С. 95–98.
16. Нотов А.А. Роль свалок и полигонов твердых бытовых отходов в формировании адвентивной флоры Тверской области // Вестник ТвГУ. Серия «Биология и экология». 2006. Вып. 2. С. 101–116.
17. Попова Е.И. Содержание тяжелых металлов в почве и растительности на территории хранения твердых бытовых отходов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21895> (дата посл. обращения: 21.02.2024).
18. Воскресенская О.Л., Воскресенский В.С., Алябышева Е.А. Накопление тяжелых металлов почвой и растениями в местах сбора и временного хранения твердых бытовых отходов // Научное обозрение. Биологические науки. 2014. № 1. С. 43–43.
19. Попович В.В. Биоиндикация техногенных эдафотопов свалок с помощью изучения жизнедеятельности *Lumbricus terrestris* // Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2016. Т. 2. № 2. С. 64–78.
20. Любомирова В.Н. Комплексная оценка экологической опасности несанкционированных свалок твердых бытовых отходов в сельских районах Ульяновской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ульяновск, 2013. 23 с.
21. Еремеева Н.И., Раенко С.В. Структура населения герпетобионтов в условиях свалки твердых коммунальных отходов // Успехи современного естествознания. 2018. № 2. С. 76–80.
22. Шарин В.Г. Коллемболы (Hexapoda: Collembola) на свалках городских отходов в Подмоскowie: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: Межд. независимый эколого-политологический ун-т, 2005. 24 с.
23. Хохлов Н.А. Зимующие птицы свалок городов Северного Кавказа: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ставрополь: Ставроп. гос. ун-т, 2006. 23 с.

References ▶

1. Korolev V.A. Ochistka i vosstanovlenie geologicheskoi sredy [Cleaning and restoration of the geological environment]. M.: ООО «SamprinT», 2019. 430 s. (in Rus.).
2. Korolev V.A. Poligony TBO: est' li al'ternativa? [Landfills of solid household waste: is there an alternative?] // Inzhenernaya geologiya. 2010. № 1. S. 46–56. (in Rus.).
3. Instruktsiya po proektirovaniyu, ehkspluatatsii i rekul'tivatsii poligonov dlya tverdykh bytovykh otkhodov ot 2 noyabrya 1996 goda [Instructions for the design, operation and reclamation of landfills of solid household waste dated November 2, 1996.]. M.: Ministerstvo stroitel'stva RF, 1996. 39 s. (in Rus.).
4. Bartolomei A.A., Brandl KH., Ponomarev A.B. Osnovy proektirovaniya i stroitel'stva khranilishch otkhodov [Fundamentals of the design and construction of waste storages]. M.: Izd-vo ASV, 2004. 145 s. (in Rus.).
5. Rod'kina I.A., Samarin E.N. Zashchitnye ehkrany, primenyaemye na poligonakh TKO v Rossii i za rubezhom [Protective screens used at municipal solid waste landfills in Russia and abroad] // TBO. 2018. № 12. S. 35–42. (in Rus.).
6. Otsenka sostoyaniya pochv i rastitel'nosti v raionakh razmeshcheniya svalok i poligonov tverdykh bytovykh otkhodov (obzor) [Assessment of the state of soils and vegetation in the areas of dumps and landfills of solid household waste (overview)] / I.V. Zamotaev, I.V. Ivanov, P.V. Mikheev i dr. // Pochvovedenie. 2018. № 7. S. 907–924. (in Rus.).
7. Bezuglova O.S., Nevidomskaya D.G., Morozov I.V. Pochvy poligonov tverdykh bytovykh otkhodov i ikh ehkologiya [Soils of municipal solid waste landfills and their ecology]. Rostov-na-Donu: Izd-vo Yuzhnogo federal'nogo un-ta, 2010. 232 s. (in Rus.).
8. Larionov N.S., Bogolitsyn K.G., Kuznetsova I.A. Kompleksnaya otsenka vliyaniya svalki tverdykh bytovykh otkhodov g. Arkhangel'ska na komponenty prirodnoi sredy [Integrated assessment of the influence of the Arkhangelsk municipal solid waste landfill on the environmental components] // Ros. khim. zh. (ZH. Ros. khim. ob-va im. D.I. Mendeleeva). 2011. Tom LV. № 1. S. 93–100. (in Rus.).
9. Baeva YU.I., Ostapenko M.A. Otsenka vliyaniya poligonov tverdykh bytovykh otkhodov na zagryaznenie pochv polikhlorirovannymi bifenilami (na primere poligona TBO «ZhiroshkinO» gorodskogo okruga Domodedovo) [Assessment of the influence of municipal solid waste landfills on soil pollution with polychlorinated biphenyls (using the example of the Zhiroshkino landfill in Domodedov City District)] // Vestnik RUDN. Ser. Ehkologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. 2013. № 4. S. 68–78. (in Rus.).
10. Zamotaev I.V., Mikheev P.V. Izmenenie mikrobiologicheskikh pokazatelei pochv v zone vliyaniya poligona tverdykh bytovykh otkhodov [Change in the microbiological parameters of soils in the influence zone of a landfill of solid household waste] // Materialy VII S"ezda Obshchestva pochvovedov im. V.V. Dokuchaeva, Belgorod, Rossiya, 15–22 avgusta, 2016. S. 220–221. (in Rus.).

11. Poputnikova T.O. Ehkologicheskaya otsenka pochv i otdel'nykh komponentov okruzhayushchei sredy v zone razmeshcheniya poligona tverdykh bytovykh otkhodov [Environmental assessment of soils and individual environmental components in the area of a solid waste landfill]: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. M., 2010. 24 s. (in Rus.).
12. Zomarev A.M. Sanitarno-gigienicheskii monitoring poligonov zakhoroneniya tverdykh bytovykh otkhodov (TBO) na ehtapakh zhiznennogo tsikla [Sanitary-hygienic monitoring of landfills of solid household waste burial at the stages of their life cycles]: avtoref. dis. ... dokt. med. nauk. Perm', 2010. 23 s. (in Rus.).
13. Arevkin YU.A. Prognoz zagryazneniya geologicheskoi sredy v zonakh svalok tverdykh bytovykh otkhodov: na primere poligona «TimokhovO» [Forecasting the geological environment pollution in the areas of landfills of solid household waste: on the example of the Timokhovo landfill]: avtoref. dis. ... kand. geol.-min. nauk. M.: 2002. 24 s. (in Rus.).
14. Ivanova Yu.S. Vliyanie nesantsionirovannykh svalok bytovykh otkhodov na ehkologicheskoe sostoyanie pochv (na primere territorii g. Ul'yanovska) [The influence of unauthorized landfills of household waste on the ecological state of soils (on the example of the territory of Ulyanovsk)]: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Ul'yanovsk, 2012. 24 s. (in Rus.).
15. Lega S.N., Tikhonova I.N., Marshalkin M.F. Osobennosti transformatsii travyanistykh ehkosistem poimy reki Yutsa pod vozdeistviem svalki stroitel'nogo musora i TBO [Features of transformation of grassy ecosystems of the Yutsa River floodplain under the influence of landfills of construction debris and solid household waste] // Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal. 2017. T. 5. № 59. S. 95–98.
16. Notov A.A. Rol' svalok i poligonov tverdykh bytovykh otkhodov v formirovanii adventivnoi flory Tverskoi oblasti [The role of dumps and landfills of solid household waste in the formation of the adventitious flora of the Tver region] // Vestnik TVGU. Seriya «Biologiya i ehkologiya». 2006. Vyp. 2. S. 101–116. (in Rus.).
17. Popova E.I. Soderzhanie tyazhelykh metallov v pochve i rastitel'nosti na territorii khraneniya tverdykh bytovykh otkhodov [The content of heavy metals in the soil and vegetation on territories of solid waste storage] // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. 2015. № 5. URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=21895> (data posl. obrashcheniya: 21.02.2024). (in Rus.).
18. Voskresenskaya O.L., Voskresenskii V.S., Alyabysheva E.A. Nakoplenie tyazhelykh metallov pochvoi i rasteniyami v mestakh sbora i vremennogo khraneniya tverdykh bytovykh otkhodov [Accumulation of heavy metals by soil and plants in places of collection and temporary storage of solid household waste] // Nauchnoe obozrenie. Biologicheskie nauki. 2014. № 1. S. 43–43. (in Rus.).
19. Popovich V.V. Bioindikatsiya tekhnogennykh ehdafotopov svalok s pomoshch'yu izucheniya zhiznedeyatel'nosti Lumbricus terrestris [Bioindication of man-made landfill edaphotopes by studying the vital activity of Lumbricus terrestris] // Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta. Ehkologiya i prirodopol'zovanie. 2016. T. 2. № 2. S. 64–78. (in Rus.).
20. Lyubomirova V.N. Kompleksnaya otsenka ehkologicheskoi opasnosti nesantsionirovannykh svalok tverdykh bytovykh otkhodov v sel'skikh raionakh Ul'yanovskoi oblasti [Comprehensive assessment of the environmental hazard of unauthorized landfills of solid household waste in rural areas of the Ulyanovsk region]: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Ul'yanovsk, 2013. 23 s. (in Rus.).
21. Eremeeva N.I., Raenko S.V. Struktura naseleniya gerpetobiontov v usloviyakh svalki tverdykh kommunal'nykh otkhodov [The structure of herpetobiont populations in municipal solid waste landfills] // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. 2018. № 2. S. 76–80. (in Rus.).
22. Sharin V.G. Kollemboly (Hexapoda: Collembola) na svalkakh gorodskikh otkhodov v Podmoskov'e [Collemboles (Hexapoda: Collembola) at municipal waste dumps in the Moscow region]: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. M.: Mezhd. nezavisimyi ehkologo-politologicheskii un-t, 2005. 24 c. (in Rus.).
23. Khokhlov N.A. Zimuyushchie ptitsy svalok gorodov Severnogo Kavkaza [Wintering birds of landfills in the North Caucasus cities]: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. Stavropol': Stav. gos. un-t, 2006. 23 c. (in Rus.).



Телеграм-канал журнала

Независимый электронный журнал

ГеоИнфо

- Новости
- Статьи
- Обсуждения

<https://t.me/geoinfonews>