

Санкт-Петербургский государственный университет

На правах рукописи



004606863

Подлипский Иван Иванович

**ЭКОЛОГО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА
ПОЛИГОНОВ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ И РАЗРАБОТКА
РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО РАЦИОНАЛЬНОМУ
ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЮ**

Специальность 25.00.36 «геоэкология» (науки о земле)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени кандидата
геолого-минералогических наук

-- 1 ИЮЛ 2010

Санкт-Петербург
2010

Работа выполнена в Санкт-Петербургском государственном университете (СПбГУ)

**Научный
руководитель**

доктор геолого-минералогических наук,
профессор СПбГУ **Куриленко Виталий
Владимирович** (Санкт-Петербург)

**Официальные
оппоненты:**

доктор технических наук **Мац Николай
Александрович** (Санкт-Петербург)
кандидат геолого-минералогических
наук, доцент **Корвет Надежда
Григорьевна** (Санкт-Петербург)

Ведущая организация: Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена (РГПУ им. А.И.Герцена, Санкт-Петербург)

Защита состоится 10 июня 2010 г. в 15 ч. в ауд. 52 Главного здания СПбГУ на заседании совета Д 212.232.47 по защите докторских и кандидатских диссертаций при Санкт-Петербургском государственном университете.

Адрес: 199034, Санкт-Петербург, Университетская набережная, 7/9, геологический факультет.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке им. А.М. Горького (СПбГУ)

Автореферат разослан «__» мая 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета



Н.А. Калмыкова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы.

Масса мирового потока бытовых отходов составляет ежегодно около 400 млн. т., из которых 80% подвергается захоронению. Такое количество, без преувеличения, достигает геологических масштабов: с мусором в биосферу попадает около 85 млн. т. органического углерода. Пораженные масштабами проблемы экологические публицисты XX века констатировали: *человечество вошло в новую эру – мусорную.*

В мировой практике до настоящего времени подавляющее количество ТБО захоранивается на полигонах: в СНГ на свалки вывозят 97% образующихся ТБО, в США - 73%, в Великобритании - 90%, в Германии - 70%, в Швейцарии - 25%, в Японии - около 30%. В настоящее время в развитых странах производится от 1 до 3 кг бытовых отходов на душу населения в день, что составляет десятки и сотни миллионов тонн в год (в Бельгии, Великобритании, Германии, Японии на одного человека ежегодно приходится 340 - 440 кг бытовых отходов, в Австрии и Финляндии - свыше 600 кг), причем, в США, например, это количество, увеличивается на 10% каждые 10 лет (Мирный А.Н., Разнощик В.В., 1975 г.).

В связи с отсутствием мест для захоронения этого огромного количества отходов экологи в Западных странах заговорили о *кризисе отходов* или *кризисе свалок.*

Накопление ТБО в РФ в 90-х годах составило около 30 млн. т/год. В настоящее время ежегодное образование твердых бытовых отходов (ТБО) в России составляет около 50 млн. т/год. В результате практически 100%- ного захоронения в нашей стране около 40 тыс. га занимают работающие полигоны, 50 тыс. га составляет площадь закрытых (стадия рекультивации) мест складирования, кроме того, из всего количества полигонов только около 8% отвечают санитарно-гигиеническим требованиям. Дополнительно ежегодно отчуждается около 1 тыс. га для строительства новых и расширения старых участков размещения бытового мусора.

При внимательном рассмотрении эколого-геологическая проблема отходов представляется более сложной, чем просто нехватка места для новых свалок. Главная проблема – *воздействие на компоненты эколого-геологических систем.*

Для раскрытия проблемы и закономерностей, которым она подчиняется в соответствии с принципами, разработанными в рамках экологической геологии, полигоны ТБО рассмотрены автором как эколого-геологические системы – «полигон ТБО – окружающая среда (прилегающие территории)», представляющие собой совокупность абиотических элементов литогенной сферы и биоты, включая человека, находящихся в

функциональных отношениях и связях между собой, и образующих определенную целостность и единство.

В таких системах, центральную часть представляет собой природно-техногенное геологическое тело, сложенное техногенным биогеохимически активным грунтом, процессы трансформации которого приводят к загрязнению окружающей природной среды жидкими, газообразными и твердыми продуктами разложения и компонентами свалочного грунта.

Цель работы – эколого-геологическая оценка полигонов твердых бытовых отходов, обоснование методов изучения процессов, протекающих в теле полигона и на прилегающих территориях, а также разработка рекомендаций по рациональному природо- и недропользованию.

Задачи диссертации:

- эколого-геологическая характеристика полигонов ТБО как современных природно-техногенных геологических объектов;
- разработка комплекса методов эколого-геологического мониторинга и методов оценки состояния геологической среды на полигонах ТБО;
- обоснование принципов составления и применения электронных баз данных для решения эколого-геологических задач, связанных с полигонами ТБО;
- оценка воздействия полигонов ТБО на компоненты окружающей среды прилегающих территорий;
- разработка рекомендаций по рациональному складированию и природопользованию на разных этапах эксплуатации полигонов ТБО.

Фактический материал. В основу диссертации положены исследования автора, выполненные в процессе изучения полигонов ТБО в Санкт-Петербурге и Ленинградской области в период обучения в очной аспирантуре геологического факультета СПбГУ. При непосредственном участии автора проведен весь комплекс полевых и лабораторных исследований полигонов ТБО «Новый Свет ЭКО» (Гатчинский район), Спецавтотранс» (Тосненский район) и «Новоселки» (Выборгский район Санкт-Петербурга). Аналитические исследования выполнены на базе лаборатории кафедры экологической геологии геологического факультета СПбГУ, а также в специализированных лабораториях г. Санкт-Петербург и Ленинградской области.

Научные положения, выносимые на защиту:

- Современные полигоны ТБО представляют собой антропогенно-модифицированную эколого-геологическую систему, включающую геологическое тело природно-техногенного генезиса, подстилающие горные породы и прилегающие территории.

- Контроль, оценку и прогноз состояния природно-техногенной системы, включающей полигон ТБО, подстилающие горные породы, прилегающие территории и биоту, необходимо осуществлять на основе эколого-геологического мониторинга, включающего геологические, физико-химические и биологические методы наблюдения.
- Разработанный комплекс рекомендаций по рациональному природопользованию на полигонах ТБО позволяет минимизировать негативные процессы, протекающие в пределах природно-техногенной системы на разных этапах ее развития.

Научная новизна.

- Впервые дана сравнительная эколого-геологическая характеристика полигонов ТБО Ленинградской области («Новый Свет ЭКО», «Спецавтотранс», «Новоселки» и др.), находящихся на разных этапах их эксплуатации;
- Разработан эколого-геологический методологический подход к изучению полигонов ТБО как современных геологических объектов;
- Впервые проведена комплексная эколого-геологическая оценка состояния природной среды на полигонах ТБО и прилегающих к ним территориях на основе использования ряда геологических, физико-химических и биологических методов исследования в системе «горные породы-растения-животные»;
- Предложена методика организации сети эколого-геологического мониторинга для оценки состояния компонентов природной среды на полигонах ТБО и прилегающих к ним территориях;
- Установлены основные токсиканты жидкой компоненты смешанного мусора на полигонах ТБО, охарактеризованы индикаторные ассоциации тяжелых металлов, формы их нахождения и миграции;

Практическая значимость.

- Разработаны рекомендации по совершенствованию системы мониторинга полигонов ТБО (на примере полигона «Новый Свет Эко»);
- Для ряда полигонов Ленинградской области определен набор контролируемых параметров и обосновано количество и месторасположение пунктов сети мониторинга компонентов природной среды;
- Разработанные рекомендации по строительству, эксплуатации и рекультивации полигонов ТБО нашли применение при строительстве нового районного полигона «Спецавтотранс»;

- Результаты анализа динамики биогеохимических процессов, определяющих разложение органоминеральных масс ТБО при различных способах их складирования, позволили установить оптимальный набор методов временного контроля трансформации такой антропогенно-модифицированной эколого-геологической системы, как современные полигоны ТБО.

Апробация результатов диссертации.

Основные результаты работы докладывались и обсуждались на межвузовской молодежной научной конференции «Школа экологической геологии и рационального недропользования» в 2006-2009 годах, проводимой в Санкт-Петербургском государственном университете; на международном семинаре «Геология, геоэкология и эволюционная география» (Санкт-Петербург, 2007 г); на конференции «Месторождения природного и техногенного минерального сырья: геология, экологическая геология, менеджмент» (Воронеж, 2007 г); на международном совещании «Геохимия биосферы» (Новороссийск, 2007 г); на международной научной конференции «Проблемы экологической геохимии в XXI веке» (Минск, 2008 г); на международной конференции «Актуальные проблемы экологической геологии. Наука и образование» (Санкт-Петербург, 2008 г); на международной научно-практической конференции по проблемам снижения природных опасностей и рисков (Геориск-2009) (Москва, 2009 г); на международном научном симпозиуме «Проблемы геологии и освоения недр» (Томск, 2010 г).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 17 печатных работах, в том числе в рецензируемых научных журналах, входящих в перечень ВАК.

Работа выполнена в рамках исследований по гранту РФФИ (08-05-00719-а) «Исследование и моделирование биогеохимических процессов трансформации органо-минеральных масс на полигонах ТБО с целью геоэкологической оценки их влияния на окружающую среду» (2008-2010 г), где автор является исполнителем. Данная работа является непосредственным развитием исследований кафедры экологической геологии.

Структура и объем работы. Работа состоит из 6 глав, введения, заключения, списка литературы, словаря терминов и приложений. В работе 24 рисунков и 28 таблиц. Общий объем диссертации 204 листа.

Благодарности. Хочется выразить огромную благодарность, прежде всего научному руководителю д.г.-м.н., профессору Куриленко В.В. Выражаю глубокую благодарность сотрудникам геологического факультета и кафедры Экологической геологии за критический анализ и конструктивные советы Хайковичу И.М., Осмоловской Н.Г., Иванюковичу Г.А., Ваганову

П.А. и др.; руководству исследуемых полигонов ТБО Ленинградской области Веселковой Н.Я., Дегтяреву Е.Л.. Отдельное спасибо моей семье за терпение и понимание.

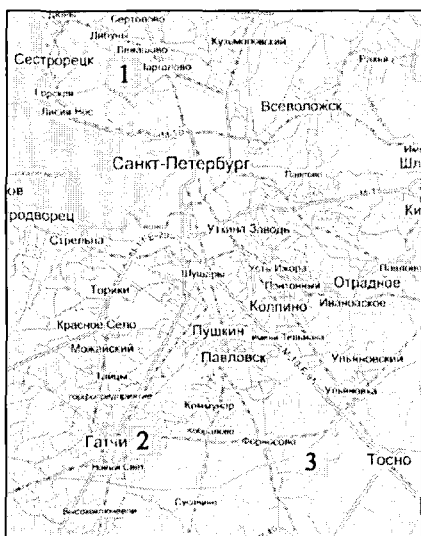
СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Глава 1. История и экогеологические проблемы образования и захоронения (размещения) отходов производства и потребления.

Эколого-геологический анализ проблем складирования.

В первой главе дается обзор литературы по теме работы, проводится обоснование актуальности диссертационного исследования, описываются проблемы, связанные с накоплением и захоронения ТБО в общемировом масштабе по работам отечественных и зарубежных специалистов (Систер В.Г., Мирный А.Н., Вилсон Д., Разнощик В.В., Перельгин В.М., Максимова С.В., Глушанкова И.С., Зайнуллин Х.Н., Абдрахманов Р.Ф., Савичев Н.А., Вайсман Я.И., Петров В.Ю., Артемов Н.И., Серeda Т.Г., Костарев С.Н., Низамутдинов О.Б., Путилина В.С., Галицкая И.В., Юганова Т.И., Jones-Lee A., Lee G.F., Bicheno J.R., Childs R.A., Blume H.P., Boznkamm R., Sukopp H., Rogus C.A., Christensen T.H., Tjell J.C., James A.G., Watson-Craik I.A., Senior E. и др.).

Глава 2. Характеристика объектов исследования – полигонов ТБО Санкт-Петербурга и Ленинградской области.



Глава посвящена характеристике объектов исследования – 3-х полигонов ТБО Санкт-Петербурга и Ленинградской области, а именно, «Новый Свет ЭКО» (Гатчинский район), «Спецавтотранс» (Тосненский район) и «Новоселки» (Выборгский район Санкт-Петербурга) (рис. 1).

Рис. 1. Расположение объектов исследования в Ленинградской области: 1 – полигон ПТО-3 «Новоселки», Выборгский район Санкт-Петербурга; 2 - ООО «Новый Свет Эко», Гатчинский район; 3 – «Спецавтотранс», Тосненский район.

При описании полигонов ТБО, которые рассматриваются как эколого-геологические объекты, приводятся современные классификации, принципы проектирования, строительства и эксплуатации объектов захоронения отходов. Дается обоснование выбора объектов, их уникальности для целей настоящей диссертации, местоположение и физико-географическая, геологическая, гидрогеологическая характеристика территорий расположения.

Отмечается, что в геоморфологическом отношении участок, где располагаются полигоны 2 и 3 (рис. 1), на территории которых проводилось геохимическое и биогеохимическое опробование, представляет собой плоскую озерно-ледниковую и ледниковую равнину.

При рассмотрении геологического строения района исследований отмечается, что в кровле кристаллического фундамента, в пределах территории расположения полигонов, залегает толща кембрийских отложений (120 - 150 м.). Отложения системы представлены глинами, песчаниками и алевролитами. Вверх по разрезу средний ордовик сложен толщей карбонатных пород, преимущественно известняков и доломитизированных известняков (90-100 м.). Отложения наровского возраста представлены глинисто-мергельно-доломитовыми породами (14 - 38 м.). Старооскольские отложения представлены песчаниками с прослоями и линзами красно-бурых глин, мощностью до 24,0 м. Выше по всей площади участка полигона залегают песчаные, суглинистые, супесчано-суглинистые озерно-ледниковые и ледниковые отложения четвертичной системы мощностью до 40 м. В геологическом строении территорий размещения полигонов 2 и 3 (рис. 1), в пределах разведанных глубин, принимают участие техногенные и болотные образования, верхнечетвертичные озерно-ледниковые отложения.

При описании гидрогеологических условий, отмечается, что разрез представлен рядом водоносных горизонтов и относительно водоупорных отложений. В зоне аэрации (болотные отложения и моренные пески) установлены линзы верховодки. Грунтовые воды приурочены к старооскольским отложениям - пескам, песчаникам и моренным пескам (эрозионные врезы в девонских отложениях). Подошвой старооскольского водоносного горизонта являются глины наровского горизонта, которые представляют собой водоупор. Мощность наровских глин 10-14 м. На отдельных участках наровские глины размыты, что определяет возможность прямой гидравлической связи между старооскольским водоносным горизонтом и ордовикской водоносной системой.

Под наровскими глинами залегают ордовикские известняки. К ним приурочен напорный водоносный комплекс, пьезометрический уровень которого устанавливается на 1 м ниже уровня грунтовых вод

старооскольского водоносного горизонта, что определяет возможность инфильтрации грунтовых вод в более глубокие водоносные горизонты в пределах полигона.

Таким образом, территории расположения полигонов «Новый Свет ЭКО» и «Спецавтотранс» характеризуются сложными эколого-геологическими условиями. Строительство и эксплуатация может осуществляться лишь при условии сооружения систем защиты окружающей геологической среды от воздействия полигонов ТБО.

Глава 3. Методика проведения эколого-геологических исследований мест складирования ТБО.

В главе раскрыты научно-методологические принципы организации системы эколого-геологических исследований на объектах складирования ТБО и описана структура сети и система методов комплексного эколого-геологического мониторинга (ЭГМ).

В основе ЭГМ лежит представление о полигонах как о системе «геологическое тело полигона ТБО – прилегающие территории» и, соответственно, разделение мониторинга на элементы, ориентированные на исследование свалочного тела и окружающей природной среды (рис. 2).



Рис. 2. Схема мониторинга в системе режимных наблюдений в пределах полигонов ТБО.

Приведенное деление позволяет рассмотреть отдельно компоненты системы, раскрыть механизмы воздействия объектов исследования на состояние окружающей природной среды и разработать методы по контролю, управлению и прогнозу воздействия.

Мониторинг источника антропогенного воздействия является обязательной частью как экологического (мониторинг экологически значимых параметров) так и технологического (мониторинг технологического цикла) приемов контроля. Для полигонов ТБО система наблюдения должна состоять из контроля состояния твердой, жидкой, газообразной и биологической компоненты свалочных грунтов.

Вторая часть комплексного ЭГМ состоит из 2-х блоков. Обязательный блок является необходимым для любого типа антропогенного объекта и состоит из методов и подходов наблюдения за состоянием компонентов окружающей среды (воздушный мониторинг, мониторинг поверхностных и подземных вод, мониторинг почво-грунтов, мониторинг состояния геологической среды и т.д.). Кроме того, в состав рассматриваемого блока входит комплекс социоэкологического мониторинга, который направлен на регистрацию гигиенических, санитарно-эпидемиологических и др. параметров среды.

В состав инвариантного блока входят биологические методы мониторинга - наиболее чувствительные и оперативно реагирующие на определенный набор параметров и характеристик (показатели ранней диагностики негативных изменений), и представляющие комплексную оценку состояния природных экосистем.

Основной объем второй главы посвящен подробному описанию методов исследования (отбор и анализ проб), составляющих отдельные блоки в системе комплексного ЭГМ. В первой части дан анализ развития подходов к исследованию полигонов ТБО в историческом развитии, указаны основные недостатки современных методик исследования свойств твердых отходов.

В конце главы приводится описание разработанной нами структуры, порядка составления и обоснование необходимости применения электронной базы данных (БД) для целей эколого-геологических исследований объектов временного размещения и окончательного депонирования (захоронения) отходов.

Глава 4. Полигон ТБО – природно-техногенное геологическое тело.

Для оценки воздействия, оказываемого отходами на экологическое состояние окружающей среды, рационально рассматривать всю систему в целом, учитывая как прямые, так и обратные связи. Изучаемые объекты можно представить как эколого-геологические системы и проводить

исследование по принципам и методам, разработанным в области экологического и геологического знания.

Изучение любого геологического тела можно проводить двумя способами: по составу (твердая, жидкая, газообразная и биологическая компонента) и по функциональной характеристике грунта (компрессия, водопроницаемость, стратиграфия и т.д.). В рамках проведенного исследования был применен первый подход.

Мониторинг масс смешанного бытового мусора, представляющих природно-техногенное геологическое тело полигона, базируется, в рамках настоящей диссертации, на регистрации параметров, характеризующих качественный и количественный состав твердой, жидкой и газовой компонент.

Таблица 1.

Морфологический состав твердой компоненты свалочного грунта по различным районам исследования и по литературным данным (по массе, %)

Наименование компонент свалочных грунтов	Москва и Московская область	«Новый Свет ЭКО» Гатчинский район	«Спецавтогранс» Тосненский район	Смоленский район (2005)
1.Пищевые отходы	30-40	23,07	22,5	30-35
2.Бумага, картон	36-39	21,22	32,5	25-37
3.Дерево	1-2	3,3	3,5	-
4.Черный металл	3-4	5,8	3,5	4,5
5.Цветной металл	0,5-1,5	0,2	3	0,5
6.Текстиль	3-5	6,21	4	2-3
7.Кости	1-2	1,5	-	-
8.Стекло	2-3	8,9	6,5	6-9
9.Кожа, резина	0,5-1	1 - 2	1	-
10.Полимеры	4-5	5,5	12,5	8-12
11.Прочее	1-2	1,7	1,5	2
12.Отсев менее 15 мм	5-7	11,5	9,5	10-12
13.Садовые отходы	0,5-1	1	-	-

В работе были выделены два основных параметра для характеристики качественного состава твердого вещества полигонов ТБО – морфологический и фракционный¹. Морфологический состав – это содержание составляющих частей (бумага, текстиль, кухонные отходы и др.), выраженное в процентах к общему весу (или объему) (табл. 1). Фракционный состав – это содержание частей разного размера, определяемое величиной ячеек сит, выраженное в процентах к общему весу (табл. 2).

Образование геологических тел исследованных полигонов ТБО происходит за 10-25 лет, процесс осадконакопления идет постепенно за счет привоза новых объемов отходов и пересыпки их инертным грунтом, часто представляющим локальные водоупоры. Скорость увеличения объемов отложений зависит в основном от интенсивности и площади складирования, а также от состава твердой компоненты свалочного грунта и составляет на исследованных полигонах в среднем от десятков сантиметров до нескольких метров в год.

Таблица 2.

Фракционный состав бытового мусора (% , по массе) на полигонах Санкт-Петербурга и Ленинградской области

Место образования свалочного грунта	Остаток на сите при размере ячеек, выраженных в мм								
	<300	300-250	250-200	200-150	150-100	100-50	50-30	30-20	>20
Санкт-Петербург	---	3.05	3.36	6.34	17.25	27.15	14.01	8.02	20.82
Ленинградская область	---	---	1.40	6.70	19.60	23.70	10.30	17.60	20.70

Формирование природно-техногенного геологического тела полигонов можно сравнить с формированием природной осадочной породы и выделить следующие этапы:

- образование осадочного материала (образование отходов);
- перенос осадочного материала (транспортировка к месту захоронения);
- накопление осадка (складирование на полигоне);
- преобразование осадка в осадочную горную породу (процессы биогеохимической трансформации органоминерального вещества полигона ТБО).

Газовая компонента свалочного грунта формируется, в основном, за счет газов, являющихся продуктом жизнедеятельности живых организмов (в

¹ В литературных источниках, при характеристике гранулометрического состава твердой компоненты свалочного грунта применяется термин – фракционный состав.

основном микроорганизмов) и относится, таким образом, к биологическому генетическому типу (биогаз).

Газы свалочных грунтов являются подвижными компонентами, они легко попадают в атмосферный воздух в результате перепада давлений по порам и трещинам, а также за счет отжатия при уплотнении пород. Состав биогаза может насчитывать около 50 примесей (H_2O , CO_2 , NO_2 и др.), основным компонентом является метан (содержание 60–97%) – один из главнейших парниковых газов (табл. 3).

Полигоны свалочного грунта, после десяти лет функционирования, можно считать техногенными месторождениями горючего газа. При правильной организации сбора, из 1 тонны свалочного грунта за 10-20 лет можно получить 120-250 м³ газа. По данным химического исследования свалочного грунта на полигонах Ленинградской области («Новый Свет ЭКО» Гатчинский район, «Спецавтотранс» Тосненский район) была оценена потенциальная газопродуктивность масс смешанного мусора по методике Карюхиной Т.А. (1974 г.).

Таблица 3.

Усредненный морфологический состав обезвоженной газовой компоненты свалочного грунта.

Наименование вещества	Выброс, %	Наименование вещества	Выброс, %
<i>Диоксид азота</i>	0,6	Пропан	0,02
<i>Аммиак</i>	0,33	Сажа	0,09
Ангидрид сернистый	0,04	Сероводород	0,06
<i>Декан</i>	0,02	Трихлорфторметан	0,01
Дихлордифторметан	0,02	Углеводороды	0,09
<i>Дихлорэтан</i>	0,04	<i>Диоксид углерода</i>	1,01
Изопропилбензол	0,01	Хлор (общ.)	0,01
<i>Метан</i>	97,39	Хлорэтан	0,04
Метилбензол	0,08	Эстен	0,01
Нонан	0,06	Этан	0,01
<i>О-крезол</i>	0,1	Этилбензол	0,03

Расчетным путем был получен максимально возможный выхода газа - он составил 280-300 м³ на тонну размещенных ТБО. Увеличение параметра газопродуктивности на исследуемых объектах связано с частичным разделением отходов на станциях перегрузки и увеличения, вследствие этого, доли органической компоненты.

С гидрогеологических позиций в пределах геологического тела полигона формируется безнапорный водоносный горизонт, выше свободной поверхности которого располагается зона аэрации, а ниже зона насыщения.

Снизу водоносный горизонт подстилается искусственным водупором. Масса смешанного свалочного грунта, слагающая геологическое тело полигона, играет роль водовмещающих отложений. При этом области питания и распространения подземных (грунтовых) вод совпадают.

Подземные воды, формирующиеся в теле полигона, представляют собой достаточно мобильную и экологически значимую компоненту, которая, с одной стороны, является средой переноса большого количества различных веществ (в том числе и поллютантов), а с другой определяет развитие ряда физико-химических процессов в рамках системы «порода – вода – газ – живое вещество».

Источником образования жидкой фазы являются три процесса: инфильтрация атмосферных осадков (60%), отжим влаги из твердых компонент (в основном органического происхождения) за счет давления вышележащих слоев грунта (30%), а также биогеохимические процессы разложения, одним из продуктов которого является вода (10%). Количественное содержание жидкой компоненты (весовая влажность) в свалочных грунтах Санкт-Петербурга и Ленинградской области по нашим данным составляет около 50-55%.

Компонентами жидкой фазы свалочного грунта являются органические вещества, хлориды, сульфаты, тяжелые металлы и металлоиды (Fe, Mg, Mn, Zn, Cr, Co, Pb, As, Cu, Ni, Hg и др.) и различные их производные (формы нахождения и миграции). В этой среде создаются наиболее благоприятные условия для образования комплексных соединений с металлами, присутствующими в отходах, возможного перевода их в растворимые формы и миграции с водными потоками в окружающую среду.

Источниками всего многообразия химических соединений в жидкой фазе свалочного грунта являются биогеохимическая трансформация органического вещества и процесс растворения.

Органическая фракция на полигонах не однородна. Нами было выделено три основные фазы (стадии) ее разложения, которые определяются химизмом процессов, осуществляемых преобладающими бактериальными популяциями: гидролитическая (ацидофикация), гетероацетогенная и метаногенная стадии.

Каждая из выделяемых стадий характеризуется своим комплексом биогеохимических процессов и, следовательно, своим составом жидкой компоненты. На практике, гетероацетогенная стадия является переходной и непродолжительной, маркерные микроорганизмы существуют в малом количестве и объеме и не оказывают существенного влияния на физико-химические свойства фильтрата. Таким образом, в эволюционном развитии современного природно-техногенного геологического тела полигона ТБО по

качественному и количественному составу жидкой фазы можно выделить две стадии развития, условно названные «молодая» и «старая».

Содержание тяжелых металлов в двух типах фильтрата заметно отличается. По результатам проведенных исследований установлено, что стадия кислого брожения характеризуется, прежде всего, низкими значениями pH (5,5-7,0), большим количеством низкомолекулярных продуктов распада, высокими валовыми концентрациями элементов, в том числе и тяжелых металлов и, кроме того, низкими значениями концентраций гумусовых веществ (гумусовых и фульвокислот). В таких физико-химических условиях складываются благоприятные условия для образования металлоорганических и метилированных (метилртуть, метилсвинец и др.) соединений: избыток лиганд и ионная форма существования тяжелых металлов. Этим можно объяснить высокие показатели токсичности жидкой компоненты свалочных грунтов первого этапа разложения, полученные нами посредством экспресс-методов оценки общей токсичности вод из серии «ПРМ – тест».

Стадия метаногенеза характеризуется высокими значениями pH (7,0-8,5), значительно меньшими валовыми содержаниями металлов и органических веществ, наличием гуминовых соединений (фульвокислот) и низкими показателями токсичности. Это можно объяснить уменьшением доли металлоорганических и увеличением комплексных соединений металлов с растворенными органическими веществами (РОВ), что подтверждается нашими данными о химическом составе фильтрата разного возраста.

Согласно результатам проведенного нами мониторинга изменения содержания органического вещества в свалочном фильтрате на полигонах Ленинградской области, первоначальное значение ХПК составляло 2000-5000 мг O₂/л, далее в течение двух лет происходило выравнивание до 200-500 мг O₂/л. Значение БПК_{полн14} составляло примерно 10% от ХПК, что указывало на более медленное разложение органического вещества, чем в природных условиях. (БПК_{полн} = 20)

Для комплексной характеристики экологического состояния системы «полигон ТБО – прилегающие территории» дополнительно был использован комплекс биологических методов оценки, а именно, биоиндикация и биотестирование.

В работе был применен метод «ПРМ - почва», разработанный для выявления степени токсичности почв и донных отложений. В ходе проведенных исследований были определены параметры токсичности следующих проб: жидкая фаза ТБО («Новый Свет ЭКО»); пробы свалочного грунта разного возраста складирования, отобранные в верхней (0-2,5 м) и нижней частях разреза (3,5-5,5 м) («Новый Свет ЭКО»); пробы почвогрунтов: в районе предполагаемого разлива жидкой фазы ТБО и проб,

отобранных в северо-западной части исследуемого района на полигоне «Спецавтотранс» (Тосненский район).

Исследование токсичности пробы фильтрата показало, что основными загрязняющими компонентами являются соединения азота (в том числе аммонийный азот), сероводород, поверхностно-активные вещества (ПАВ) и тяжелые металлы. Степень токсичности фильтрата – чрезвычайно высокая, 5 баллов по шкале токсичности, что сравнимо с токсичностью вод, содержащих в среднем от 10 до 100 ПДК загрязняющих веществ.

Токсичность свалочного грунта уменьшается с глубиной залегания - от 5 баллов (чрезвычайно высокая степень токсичности) - в верхней части разреза до 4 баллов (в нижней части разреза). Основные токсиканты для бытовых отходов с глубины 0-2,5 м – тяжелые металлы и азотистые соединения. Для ТБО с глубины 3,5-5,5м характерно загрязнение токсикантами разных классов, в том числе тяжелыми металлами, соединениями азота, ПАВ и др.

Содержание тяжелых металлов заметно снижается с глубиной. Вероятно, со временем токсичность отходов снижается за счет вымывания загрязняющих веществ. Этим фактом обосновывается необходимость рециркуляции фильтрата на этапе работы и рекультивации полигонов ТБО Ленинградской области

Таким образом, с экологической точки зрения наиболее опасным для окружающей природной среды являются подземные воды геологического тела полигона ТБО на первых этапах существования.

Биоту, присущую бытовым отходам на полигонах, можно подразделить на макроорганизмы и микроорганизмы.

Среди макроорганизмов свалочных грунтов полигонов Ленинградской области наиболее представительны растения (главным образом высшие), грибы и животные. Число видов растений, произрастающих на свалочных грунтах, достигает нескольких десятков. Основными являются экологические группы факультативных рудеральных (сорных) растений и олиготрофов (мать-и-мачеха обыкновенная, полынь горькая, полынь обыкновенная, горец птичий и др.). Роль растений в биоценозе активно функционирующего полигона невелика, но они являются участниками биогеохимических процессов и после биологической рекультивации становятся важным звеном энергетического и вещественного обмена.

Среди беспозвоночных широко распространены некоторые виды моллюсков, круглых (нематоды) и кольчатых червей, панцирных клещей (орibatид), насекомых и их личинок, пресноводных ракообразных (моллюски), многоножек и др. Среди позвоночных, использующих свалочные грунты в качестве кормовой базы, наиболее представительна экологическая группа синантропных организмов – крысы, чайки и др.

Микроорганизмы в массиве свалочного грунта являются непосредственными или косвенными участниками всех сложных превращений: продукты разложения → фильтрат → биогаз → живое вещество.

Структура бактериальных ценозов образцов свалочного грунта, отобранных нами с различной глубины (до 5,5 м), характеризуется ярко выраженными доминантами, отсутствием или малочисленностью часто встречающихся видов и большим количеством случайных видов. По этим признакам можно заключить, что бактериальное сообщество субстрата нестабильно и, по-видимому, находится в стадии формирования.

Эти данные подтверждаются проведенными микробиологическими исследованиями проб свалочных грунтов, отобранных с различной глубины при заложении разреза на полигоне «Новый Свет Эко» и бурении на картах складирования полигона «Спецавтотранс».

В рамках материала, представленного в четвертой главе диссертации, приводятся данные проведенного сопоставления двух способов складирования, применяемых в Ленинградской области (в прессованном виде и в естественном сложении). Сравнение проводится по скорости разложения и по уменьшению объема массы смешанных ТБО, оценивается экономическая эффективность эксплуатации карт складирования полигонов ТБО.

Глава 5. Оценка воздействия полигонов ТБО на компоненты окружающей природной среды.

Основным способом удаления промышленных и твердых бытовых отходов является захоронение в приповерхностной геологической среде. В этих условиях отходы подвергаются сложным многостадийным биогеохимическим преобразованиям вследствие жизнедеятельности микробной экосистемы. В результате, основными экологически значимыми продуктами полигонов является: свалочный газ (биогаз) и жидкая фаза ТБО (фильтрат). Наиболее значимой компонентой свалочного грунта, оказывающей негативное экологическое воздействие на состояние почвогрунтов, геологической среды, поверхностных и подземных вод зон санитарной охраны полигонов ТБО, является жидкая.

За весь период проведения работ по теме диссертации были отобраны более 200 проб почво-грунтов и свалочных грунтов, около 150 проб растительности различных видов (побеги и корни фиксировались по отдельности), проведены токсикологические исследования некоторых образцов, кроме того, отобраны 21 образец тканей и органов живых организмов.

В результате рентгено-флуоресцентного анализа образцов почво-грунтов был установлен широкий диапазон колебаний концентраций исследуемых ТМ: Ni (10-173 ppm), Mn (78-2996 ppm), Pb (10-354 ppm), Cu (10-874 ppm), Fe (0,5-7,6%), Cr (28-101 ppm), Zn (19-977 ppm).

Для оценки состояния почво-грунтов в работе применялись стандартные методики, с использованием показателей коэффициентов концентрации и показателя суммарного загрязнения (Z_c), кроме того, рассматривалась рациональность применения 2-х подходов к расчету Z_c (по отношению к фоновым концентрациям и по отношению к ПДК) для решения задач эколого-геологических исследований (Ревич Б.А., Саэт Ю.Е., 1982).

На основании проведенных нами анализов и построения схем распределения областей превышения предельно-допустимых концентраций, были выявлены ореолы, их местоположение и степень превышения допустимых норм; но эти схемы не предоставляют возможность определить общий уровень нагрузки на состояние экогеосистем, а также выявить направление миграции областей повышенных концентраций.

Схемы распределения суммарного показателя загрязнения, рассчитанного по отношению к фоновым концентрациям, (рис. 3) представляют информацию об интенсивности воздействия объекта на состояние грунтов. Показатель Z_c , рассчитанный по отношению к ПДК, отображает зоны потенциальной опасности для состояния здоровья людей, но не отражает динамику воздействия на уровне выше фонового. Поэтому для целей настоящего исследования использование показателя Z_c (к фону) наиболее обосновано.

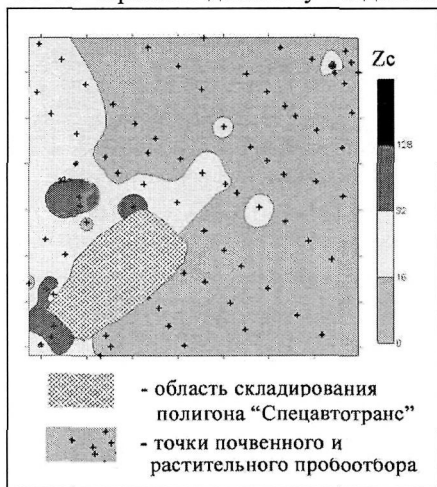


Рис. 3. Схема распределения значений Z_c (к фону) и её изменение во времени на полигоне «Спецавтотранс» (Тосненский район).

На основе проведенного нами факторного анализа геохимических характеристик грунтов санитарных зон полигона ТБО «Спецавтотранс» (Тосненский район) установлено, что первым и ведущим (определяющим главную изменчивость системы)

является фактор, определяющий состав ассоциации поллютантов. Он контролирует распределение Ni, Pb, Cu, Fe и Zn, связанных между собой и составляющих ассоциацию химических элементов, поэтому при

исследовании воздействия полигона на состав почво-грунтов достаточным будет определение указанных ТМ.

Одной из задач нашего исследования было выбор оптимальных видов растений для оценки загрязнения грунтов санитарной зоны полигонов ТБО. Одним из главных факторов выбора – доступность и возможность сбора в достаточном количестве, поэтому для анализа проводился отбор нескольких видов однолетних растений, широко представленных как на территории зоны складирования, так и за ее пределами.

Анализ проб растительности, собранной на полигонах и прилегающих к ним территориях, проводился на содержание в них тех же металлов, которые определялись в грунте (Mn, Fe, Pb, Cu, Zn, Cr, Ni). Была установлена хорошая положительная корреляция между присутствием повышенных концентраций токсичных металлов Pb, Cu, Zn, Cr, Ni в грунте санитарной зоны полигонов и в растениях, прежде всего, в их корнях. Так на наиболее загрязненном участке полигона «Спецавтотранс» (Госненский район) с концентрацией свинца 2549 мг/кг содержание этого металла в мг/кг (сухой массы) в корнях полыни составило 498, а у крапивы – 277. Отмечена очень высокое содержание железа в мг/кг сухой массы в корнях растений - 27000 у крапивы, 22800 - у мать-и-мачехи и 17800 - у полыни. Высокие уровни биоаккумуляции отмечены по хрому (50-100 мг/кг в корнях растений мать-и-мачехи и полыни) и по цинку – до 201-267 мг/кг у полыни.

По результатам проведенного химического анализа тканей различных растений (в зоне влияния полигонов ТБО) были отобраны наиболее подходящие виды для решения эколого-геологических задач, а именно, мать-и-мачеха обыкновенная и представитель рода крапива.

В полной мере, испытывая пагубное воздействие антропогенного загрязнения биосферы, птицы и млекопитающие являются индикаторами наличия этого загрязнения, а также мониторами состояния природной среды. В качестве наиболее удобного объекта была выбрана сизая чайка.

По результатам проведения исследований отобранных нами образцов (7 особей) органов и тканей сизой чайки и сопоставления результатов с медико-биологическими требованиями (Медико-биологические требования и санитарные нормы качества продовольственного сырья и пищевых продуктов, 1989; СанПиН 2.3.2.1078-01; Донченко Л.В., Надыкта В.Д., 2001) были сделаны следующие выводы:

- концентрация меди и цинка в составе исследуемых тканей и органов птиц не показала превышений относительно стандартов для пищевых продуктов. Ртуть и свинец, в отличие от цинка и меди, не являются незаменимыми микроэлементами для биохимических процессов внутри организма, поэтому их предельные концентрации номинально значительно ниже. Эти элементы наиболее показательно иллюстрируют

биоаккумуляция ТМ, содержащихся в пищевых ресурсах: так превышение ПДУ по Pb – печень - более чем в 6 раз (3,71 мг/кг), селезенка – более чем в 100 раз (69,55 мг/кг). Превышения по ртути не столь показательны: печень – почти в 2 раза (0,1653 мг/кг), селезенка – более чем в 3 раза (0,3345 мг/кг).

- свинец наиболее оперативно отражает токсикологические характеристики пищевого рациона, поэтому для целей оценки состояния окружающей природной среды полигонов ТБО является наиболее подходящим.

Глава 6. Рекомендации по совершенствованию работы полигонов ТБО на этапах проектирования, эксплуатации и рекультивации.

На основе обобщения результатов диссертационного исследования приводятся рекомендации по совершенствованию работы полигонов ТБО на всех этапах проектирования, эксплуатации и рекультивации:

- этап проектирования полигонов ТБО:
 - приводятся рекомендации к строительству системы защитных инженерных сооружений, описывается вариант конструкции защитного экрана полигонов ТБО, который по экологическим и экономическим показателям имеет ряд преимуществ перед нормативно установленными системами защиты;
 - описываются разработанные рекомендации по строительству системы мониторинговых пунктов (минимальное количество, местоположение, назначение и т.д.) по наблюдению за состоянием подземных вод, приводится перечень контролируемых параметров, список которых уже существующего и по данным нашего исследования является представительным (индикаторным);
 - приводятся рекомендации по обоснованию размеров зон санитарной охраны, установление которых должно базироваться не столько на нормативных требованиях, сколько на эколого-геологических характеристиках участка;
- этап строительства и эксплуатации полигонов:
 - приводятся рекомендации по методам уплотнения ТБО (на основании данных о состоянии микробиологических популяций толщи ТБО сделаны выводы о необходимости дополнительного уплотнения и предложен конкретный метод) и комбинации способов складирования (в прессованном и свободном виде) на полигонах (по результатам сопоставления применяемых в Ленинградской области способов размещения отходов по скоростям разложения, предложены варианты их комбинации);

- рассматривается разработанная схема эксплуатации карт складирования (последовательность заполнения) на полигонах различных типов (полигоны районные и городские));
- этап закрытия полигонов и рекультивации территории (проводится сравнение предлагаемого метода рекультивации и применяемого на сегодняшний день подхода).

Разработанные рекомендации по рациональной эксплуатации мест захоронения ТБО определяют возможность контроля трансформации эколого-геологической системы, включающей геологическое тело природно-техногенного генезиса и прилегающие территории.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

Статьи, опубликованные в научных изданиях рекомендованных ВАК РФ:

1. Подлипский И.И. Полигон бытовых отходов как объект геологического исследования. // Вестник СПбГУ, 2010 г. (Сер. 7, вып. 1.), с. 15-31;

Тезисы докладов научной конференции «Школа экологической геологии и рационального недропользования» за 2006-2009 годы:

2. Подлипский И.И., Куриленко В.В. Методологические основы прогнозирования состава, токсичности и миграционной способности веществ фильтрата твердых бытовых отходов. СПб. 2006 г. С. 264-266;
3. Подлипский И.И., Куриленко В.В. Оценка экологического воздействия ТБО г. Смоленска на компоненты окружающей среды. СПб. 2006 г. С. 262-264;
4. Подлипский И.И., Куриленко В.В. Разработка методики экологической оценки технологии упаковки ТБО PowerPack Waste packing system. СПб. 2007 г. С. 241-243;
5. Подлипский И.И., Куриленко В.В. Определение маркерного показателя разлива жидкой фазы полигона ТБО. СПб. 2008 г. С. 286-287;
6. Подлипский И.И., Куриленко В.В. Разработка рекомендаций совершенствования системы управления бытовыми отходами города (на примере, Санкт-Петербурга). СПб. 2008 г. С. 287-290;
7. Подлипский И.И., Куриленко В.В. Захоронение прессованных отходов как способ утилизации ТБО. СПб. 2008 г. С. 290-292;
8. Подлипский И.И., Куриленко В.В. Разработка нового научно-технического норматива – паспорт полигона ТБО – и обоснование его необходимости. СПб. 2008 г. С. 292-293;
9. Подлипский И.И., Куриленко В.В. Полигоны бытовых отходов как современные природоохранные объекты. СПб. 2009 г. С. 44-55;
10. Подлипский И.И., Куриленко В.В. Изучение миграции тяжелых металлов в свалочных грунтах. СПб. 2009 г. С. 240-242;

Тезисы докладов научных конференций:

11. Подлипский И.И., Куриленко В.В. Разработка методики мониторинга масс смешанных ТБО (на полигонах) как органоминеральной массы / Тезисы VII Международного семинара «Геология, геоэкология и эволюционная география». 21-22 декабря 2007 г. С. 183-187;

12. Подлипский И.И., Куриленко В.В. Моделирование биогеохимической активности органо-минеральных масс смешанных ТБО в местах их захоронения. // Тезисы международной научной конференции «Проблемы экологической геохимии в XXI веке». Минск 25-26 июня 2008 г. С. 290-302;
13. Подлипский И.И., Куриленко В.В. Исследование химического состава БО для моделирования активной продукцией жидких и газообразных веществ разложения. / Тезисы конференции «Месторождения природного и техногенного минерального сырья: геология, экологическая геология, менеджмент». Воронеж 12-16 ноября 2007 г. С. 166-174;
14. Подлипский И.И., Куриленко В.В. Мониторинг загрязнений почвенного покрова санитарно-защитной зоны полигона ТБО. / Тезисы IV международного совещания «Геохимия биосферы» Новороссийск май-июнь 2007 г. С. 211-215;
15. Подлипский И.И., Куриленко В.В. Изучение параметров вероятности самовозгорания отходов на полигонах ТБО. Международная научно-практическая конференция по проблемам снижения природных опасностей и рисков (Геориск-2009). М.: 2009 г. С. 156-159;
16. Куриленко В.В., Подлипский И.И. Совершенствования сети мониторинга полигонов твердых бытовых отходов (ТБО) в рамках эколого-геологических исследований. XIV Международный научный симпозиум «Проблемы геологии и освоения недр». Томск (В печати).

Подписано в печать 04.05.2010 г.
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 1,3. Тираж 100 экз.
Заказ № 1610.

Отпечатано в ООО «Издательство "ЛЕМА"»
199004, Россия, Санкт-Петербург, В.О., Средний пр., д.24
тел.: 323-30-50, тел./факс: 323-67-74
e-mail: izd_lemma@mail.ru
<http://www.lemaprint.ru>