

На правах рукописи



Федоров Петр Михайлович

**Мониторинг геоэкологической системы «полигон твердых бытовых отходов» на  
примере г.Санкт-Петербурга**

Специальность 25 00 36 Геоэкология

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Санкт-Петербург  
2005

Работа выполнена на кафедре инженерного обеспечения городского хозяйства Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»

Научный руководитель:

Доктор технических наук, профессор

Семина Е. И.

Официальные оппоненты

Доктор технических наук

Журкович В. В.

Кандидат химических наук, доцент

Скорик Ю. И.

Ведущая организация: Санкт-Петербургский Государственный  
Технологический Институт ( Технологический Университет )

Защита состоится «31» мая 2005 г. в 15 часов 00 мин. на заседании диссертационного совета Д212.197.03 в Российском государственном гидро-метеорологическом университете по адресу: 195196, г. Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., д. 98.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Российского государственного гидрометеорологического университета

Автореферат разослан 28 мая 2005 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
доктор технических наук, профессор



Бескид И. П.

2006-4  
11082

2165933

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Проблема охраны окружающей природной среды от загрязнения бытовыми и промышленными отходами становится все более актуальной для современного общества и заставляет искать пути безопасной их утилизации. От успешного решения этой проблемы во многом зависит оздоровление природной среды урбанизированных территорий.

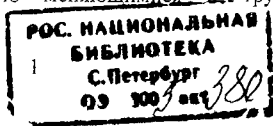
Существует около ста разновидностей технологий обезвреживания твердых бытовых отходов (ТБО). Самым простым и относительно дешевым методом обезвреживания твердых отходов является складирование на санитарных полигонах. Данный метод является наиболее распространенным, особенно в странах с развивающейся экономикой. В России технология захоронения твердых бытовых отходов на полигонах остается наиболее применяемой.

В процессе эксплуатации полигона твердых отходов, а также в течение продолжительного времени после его рекультивации происходит выброс газовых эмиссий в атмосферный воздух, образуются фильтрационные воды (фильтрат), а также изменение геопоказателей грунтов под телом полигона, что приводит к увеличению фильтрационной способностью грунтов и, как следствие, загрязнению грунтовых вод.

Поэтому несомненный интерес и большое практическое значение имеет изучение состояния полигонов ТБО и их воздействия на окружающую природную среду. Большой вклад в изучение состояния полигонов ТБО, протекающих физических и биохимических процессов и их воздействия на окружающую природную среду внесли: АКХ им. К.Д. Памфилова, МГУ, институт биохимии РАН, НИИЦЭБ РАН, СПбГИУ, СПбГУ, РГГУ, Министерство природных ресурсов РФ, Госсанэпиднадзор, Федеральная служба России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, Институт геологии и геохронологии докембрия РАН и др., а также отечественные и зарубежные специалисты: Абрамов Н.Ф., Вайсман Я.И., Грибанова Л.П., Донченко В.К., Жиров А.И., Журкович В.В., Лифшиц А.Б., Лихачев Ю.М., Мирный А.Н., Пожевникова А.Н., Панцхава Е.С., Разнощик В.В., Семин Е.Г., Сидоренко Г.И., Скублов С.Г., Федоров М.И., Щербо А.П., Коссу Р., Христиансен Т., Штегманн Р. и др.

Несмотря на большое количество проводимых в России и за рубежом исследований по оценке состояния полигонов ТБО и их воздействия на окружающую среду следует отметить, что в основном они имеют районный характер и направлены на решение частных задач, и трудно поддаются систематизации.

В целом полигон ТБО образует с окружающей средой единую динамичную геоэкологическую систему с постоянно меняющимися и труднопрогнозируемыми



параметрами, уникальную в каждом конкретном случае. Для изучения функционирования такой системы недостаточно использование натурного эксперимента, необходимо проведение комплексных исследований, включающих лабораторный эксперимент, математическое моделирование.

**Актуальность темы диссертационной работы** определяется необходимостью организации многоуровневого мониторинга геоэкологической системы «полигон ТБО», включающего натурные исследования, лабораторный эксперимент, математическое моделирование распространения загрязняющих веществ.

**Цель диссертационной работы** – разработка методики мониторинга геоэкологической системы «полигон ТБО». В соответствии с поставленной целью решаются следующие задачи:

- разработка структуры мониторинга геосистемы «полигон ТБО», включающей натурные исследования, лабораторный эксперимент и математическое моделирование;
- разработка методики исследования эмиссии загрязняющих веществ в окружающую среду;
- натурные исследования состояния геоэкологической системы «полигон ТБО»;
- лабораторный эксперимент по исследованию эмиссий загрязняющих веществ;
- математическое моделирование распространения загрязнений в окружающую среду;
- оценка состояния геоэкологической системы «полигон ТБО».

**Новые научные результаты:**

1. Разработана методика мониторинга геоэкологической системы «полигон ТБО» для комплексной оценки и прогноза его состояния, а также воздействия на окружающую среду.
2. Определена структура мониторинга состояния полигона ТБО и его воздействия на окружающую среду.
3. Разработана методика исследования эмиссии загрязняющих веществ с тела полигона ТБО.
4. Определены состав и интенсивность эмиссии биогаза с тела полигона путем отбора проб из газовых скважин.
5. Определены химический состав фильтратов из тела полигона и степень загрязнения грунтовых вод.
6. Определена степень загрязнения подстилающих грунтов.

- 7 Данные лабораторных исследований эмиссии загрязняющих веществ при разложении образцов отходов из тела полигона ТБО

**Практическая значимость** Разработанная методика исследований апробирована на действующем полигоне ТБО ПТО-1 г Санкт-Петербурга, одном из крупнейших в России. Результаты выполненных исследований состояния геологической системы «полигон ТБО» могут быть использованы при разработке методик и инструкции по строительству и эксплуатации санитарных полигонов твердых отходов удовлетворяющих современным требованиям охраны окружающей природной среды. Данные исследований воздействия полигона твердых отходов на окружающую природную среду позволяют выбрать оптимальные технологии для очистки фильтрата, а также утилизация биогаза в качестве топлива.

**На защиту выносятся следующие положения:**

- 1 Методика мониторинга геологической системы «полигон ТБО»
- 2 Результаты натурных исследований состояния полигона ПТО-1 г Санкт-Петербурга
- 3 Результаты лабораторных исследований эмиссии загрязняющих веществ при разложении образцов отходов из тела полигона ТБО
- 4 Рекомендации по оптимизации системы мониторинга на полигоне ТБО в части натурных, лабораторных и модельных исследований

**Достоверность** научных положений и выводов обусловлена корректным использованием исторических основ геэкологии, применением научно-апробированных методов при проведении натурных и лабораторных исследований, математического моделирования и подтверждается полученными результатами.

**Личный вклад автора** заключается в разработке методики мониторинга состояния геологической системы «полигон ТБО»; организации и непосредственном участии в натурных и лабораторных исследованиях состояния геологической системы «полигон ТБО»; разработке практических рекомендаций по совершенствованию системы мониторинга и природоохранных мероприятий при реконструкции полигона ПТО-1 г Санкт-Петербурга.

**Апробация работы** проведена на российских и международных научно-технических конференциях, семинарах

Материалы работы докладывались и обсуждались на научно-технической конференции "Экология - 97" (Санкт-Петербург 1997 г), научной конференции «Безопасность и экология Санкт-Петербурга» (Санкт-Петербург, 2000 г), научно-практической конференции "Передовые технологии в сфере обращения с отходами" опыт,

практика концепция развития" (Санкт-Петербург, 2000 г.), конференции молодых ученых, аспирантов и соискателей "Экобалгика" СПбГТУ (Санкт-Петербург, 2001 г.), международном семинаре по проекту «Предварительная обработка и безопасное захоронение твердых отходов и ила сточных вод с целью защиты окружающей среды» (Падуя Италия 2002г), 5-ый международный конгресс химических технологий «Новые технологии переработки и хранения бытовых и промышленных отходов» (Аньяланкоски, Финляндия 2004 г) а также на научных семинарах кафедр "Инженерное обеспечение городского хозяйства" "Экологические основы природопользования" СПбГПУ

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения 4 глав заключения списка литературы и приложений Работа изложена на 130 страницах машинописного текста включает 19 таблиц 47 рисунков Библиография содержит 124 наименований

### **Краткое содержание работы**

**В Введении** сформулирована актуальность работы показана её практическая значимость научная новизна, определена цель исследования

**Глава 1.** Захоронение ТБО на полигонах широко распространено в мире В России около 97% образующихся отходов захоранивается на полигонах, в странах Европейского сообщества в среднем – 66% в США около 57% Потенци ТБО всегда представлял опасность для окружающей среды спектр их воздействия весьма широк и разнообразен Некоторые воздействия легко поддаются контролю и прогнозируются, а значит могут быть учтены еще на стадии проектирования (отчуждение земель изменение ландшафта загрязнение и шум при транспортировке и захоронении отходов и т.д.) Другие, связанные с процессами внутри свалочной массы, приводящими к загрязнению окружающей среды, мало изучены плохо контролируются и поэтому представляют наибольшую опасность. Исследования последних десятилетий по состоянию полигонов и их воздействию на окружающую среду показали что многие из них не отвечают природоохранным и санитарным требованиям не имеют полноценной системы контроля и прогноза изменения окружающей природной среды Это обуславливает необходимость организации мониторинга состояния полигонов ТБО Рассмотрены существующие принципы организации мониторинга захоронения отходов, позволяющие контролировать состояние полигона и окружающей природной среды и определенным образом на них воздействовать в текущий период времени Однако, жизненный цикл полигона составляет многие десятки и даже сотни лет В течение всего этого времени происходит взаимодействие между полигоном и окружающей средой Это взаимодействие весьма разнообразно трудно предсказуемо, характер и

интенсивность его меняются во времени. Взаимосвязи между полигоном и окружающей средой становятся настолько сильны и очевидны, что систему полигон – окружающая среда целесообразно рассматривать как единую геэкологическую систему. Геэкологическая система «полигон ТБО» относится к сложным динамичным системам, включающим техногенно-измененную литосферу с техногенным массивом, обогащенным биогенными компонентами, геосферные оболочки и биоту, подверженные техногенному воздействию. Процессы, происходящие в такой системе, характеризуются большой продолжительностью, стохастичностью, требуют многофакторного анализа в течение длительного времени.

Для создания системы мониторинга состояния полигона ТБО и его воздействия на окружающую среду был выбран крупный полигон ПТО-1 «Волхонский» в Санкт-Петербурге, так как состав захораниваемых отходов типичен для российских полигонов, кроме того, на полигоне предполагается наличие двух зон – рекультивируемой и действующей, что позволяет изучать динамику эмиссии и распространения загрязнений на закрытом и активно заполняемом полигоне. На полигоне организован контроль за загрязнением грунтовых вод, при участии автора в рамках проекта международной программы «Иннокоперникус» выполнялись исследования по эмиссии и составу биогаза, составу фильтрата.

**1 лава 2.** Для комплексной оценки и прогноза состояния полигона ТБО разработана схема многоуровневого мониторинга геэкологической системы «полигон ТБО» (рис 1). Его особенностью является сочетание методов натурального эксперимента, лабораторных исследований и математического моделирования. Первым уровнем мониторинга является натуральный эксперимент. Для конкретного полигона разрабатывается программа проведения натуральных исследований, в которой должны быть обоснованы места отбора проб и периодичность отбора проб, перечень анализируемых показателей, методики измерения, техническое оборудование и др. Натуральные исследования включают контроль за эмиссией и составом биогаза, составом фильтрата, загрязнением грунтовых вод и почвы в зоне влияния полигона. Натуральные исследования позволяют получать текущую информацию об эмиссии и составе биогаза, фильтрата, загрязнения атмосферного воздуха, поверхностных и грунтовых вод, почвы, которая является основой базы данных о состоянии полигона. Кроме того, в базу данных включаются сведения о складировании отходов (объем, состав, время, место складирования, класс опасности, место образования и др.), а также о климатических, почвенно-геологических и других природных условиях в зоне размещения полигона.

Вторым уровнем мониторинга являются лабораторные исследования процессов разложения отходов для прогнозирования эмиссии загрязняющих веществ. Лабораторные



Рис 1 Схема мониторинга геоэкологической системы «полигон ТБО»

исследования должны стать обязательным компонентом мониторинга состояния геоэкологической системы «полигон ТБО». Создавая оптимальные условия в лабораторных установках можно ускорить процессы разложения отходов в десятки и более раз. Это позволяет оценить эмиссии загрязняющих веществ полигона в окружающую среду на ближайшее будущее и, следовательно, прогнозировать состояние полигона.

Результаты лабораторных исследований поступают в базу данных «состояние полигона ТБО».

Третьим уровнем мониторинга является математическое моделирование распространения загрязняющих веществ с полигона в природных средах, которое позволяет оценить воздействие полигона на окружающую среду, а также риски заболевания населения в любой момент времени на заданном расстоянии. Значение этого уровня мониторинга связано с тем, что организовать получение таких данных натурным путем нереально, а, следовательно, провести оценку риска. Итогом многоуровневого мониторинга является принятие решения по снижению воздействия полигона на окружающую среду. Структура мониторинга состояния геоэкологической системы «полигон ТБО» предполагает совершенствование в соответствии с меняющимися требованиями по охране окружающей среды.

Разработана методика исследования эмиссии биогаза с полигона ТБО, включающая контроль состава биогаза над поверхностью тела полигона, в почвенном воздухе на границе земля - воздух и непосредственно в газовых скважинах. Разработан порядок организации исследований состава фильтрата поверхностных сточных и грунтовых вод, а также загрязнения грунтов под телом полигона.

**Глава 3.** Выполнены натурные комплексные исследования эмиссии состава биогаза на полигоне ТБО ШО-1 в Санкт-Петербурге. На первом этапе проводилась оценка газовых эмиссий в воздухе на уровне 1,5–1,8 м над поверхностью полигона. Определялись концентрации метана, диоксида углерода, ряда органических соединений. Анализ проб воздуха проводился на стационарных высокоточных установках. Обработка результатов выполнялась в соответствии с методикой оценки выбросов неорганизованных источников загрязнения атмосферы. Выявлено повышенное содержание метана и диоксида углерода в приземном слое воздуха. Отмечается, что концентрации ароматических углеводородов не превышают предельно допустимые. На следующем этапе исследований изучалась эмиссия биогаза в почвенном воздухе полигона ТБО на границе раздела земля – воздух, а также в свалочной массе на разных горизонтах по вертикали. Основное внимание уделялось эмиссии метана, как основной составляющей биогаза, характеризующей процессы разложения

отходов, к тому же представляющую повышенную опасность для окружающей среды. Выполнена газо-геохимическая съемка основной площади гетла в ста точках (на глубине 0,7 м от поверхности) по сети профилей шагом 50 м. На поверхности полигона выявлены три области восходящих потоков метана. На площади около 15% концентрация метана составляет более 10%, на площади 25% содержание метана – 5–10%, на остальной части полигона – менее 5%. Выявлены активные очаги метанообразования, определены места заложения наблюдательных скважин. Для определения эмиссии и состава биогаза на репрезентативном участке полигона были пробурены и оборудованы три скважины С-1, С-2 и С-3 глубиной 10, 20 и 7 м на расстоянии 25–40 м.

Для оценки распределения метана в свалочной массе на разных горизонтах по вертикали осуществлялся отбор проб керна из пробуренных скважин в процессе их прохождения. Определялись количество сорбированного метана в пробах и продуктивность соответствующей свалочной толщи. Результаты газокернового анализа представлены в виде изолиний концентраций сорбированного метана по разрезу скважин (рис 2).

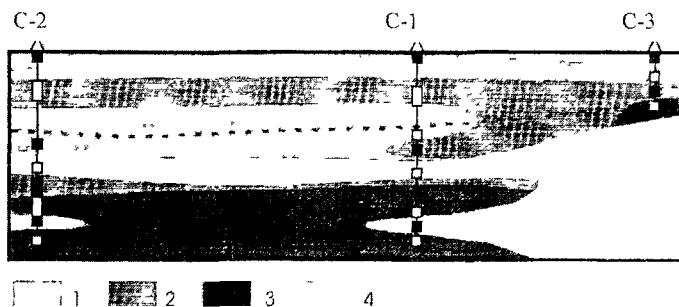


Рис.2 Изолинии концентраций сорбированного метана по разрезу скважин

1 – 0,1–1,0  $\text{см}^3/\text{кг}$ ; 2 – 1,0–3,0  $\text{см}^3/\text{кг}$ ; 3 – более 3,0  $\text{см}^3/\text{кг}$ ,

4 – уровень грунтовых вод на момент окончания бурения

Максимальное образование метана наблюдается в нижней части толщи свалочной массы скважин С-1, С-2. Содержание сорбированного метана превышает 3  $\text{см}^3/\text{кг}$ . В скважине С-3 на глубине 5–7 м зафиксирована еще более активная метанообразующая зона с содержанием метана до 20  $\text{см}^3/\text{кг}$ . В целом, по скважинам фиксируется чередование интервалов относительно низких (менее 0,1  $\text{см}^3/\text{кг}$ ) и повышенных (до 1–3  $\text{см}^3/\text{кг}$ ) по образованию метана зон.

Было проведено исследование состава биогаза в скважинах С-1, С-2, С-3 на глубине 3 и 6 м. Осуществлялся периодический контроль содержания метана, диоксида углерода и др. компонентов. Дополнительно определялось содержание метана в водной пробе скважины С-1. Выявлено, что содержание метана в водной фазе во много раз превышает содержание метана в керне. Результаты измерений показали, что в пробах, взятых с глубины 3 и 6 м, нет существенной разницы в составе биогаза. На рис. 3 представлено содержание метана в скважинах С-1, С-2, С-3 на глубине 3 м.

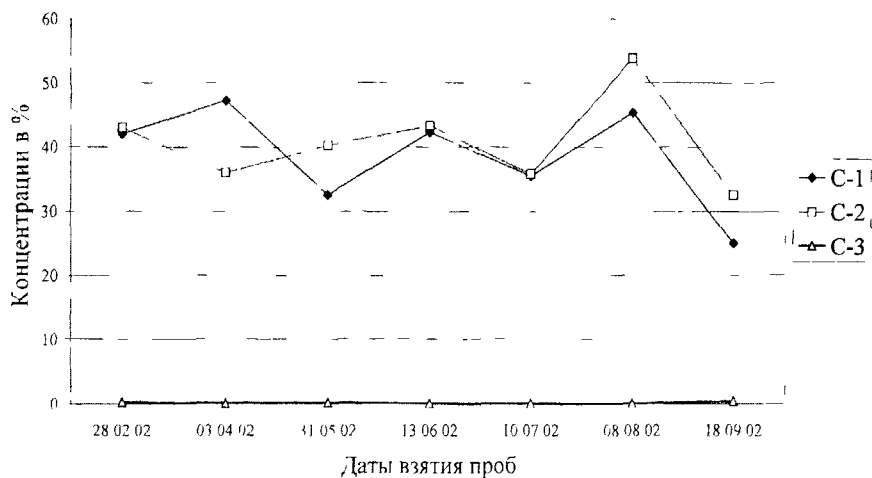


Рис. 3 Концентрация метана в скважинах С-1, С-2, С-3 на глубине 3 м

Выявлено сезонное изменение содержания метана в биогазе. Концентрация метана в скважине С-1 изменялась в пределах 11–49%, в скважине С-2 – 26–53%. В скважине С-3, расположенной на периферии газового поля, концентрация метана не превысила 8%. Соответственно концентрация диоксида углерода изменялась в скважине С-1 – в пределах 3–36%, в скважине С-2 – 16–36% и в скважине С-3 – 0,13–9%. Для расчета параметров газового поля полигона ГБО была выполнена оценка эмиссии биогаза по метану и диоксиду углерода в скважинах С-1, С-2 и С-3. Проводились пробные откачки биогаза, оценивалась скорость восстановления начальных концентраций  $\text{CH}_4$  и  $\text{CO}_2$  и интенсивность газового

потока, измерялись параметры газового поля (температура, давление, влажность)

Результаты исследования представлены на рис 4

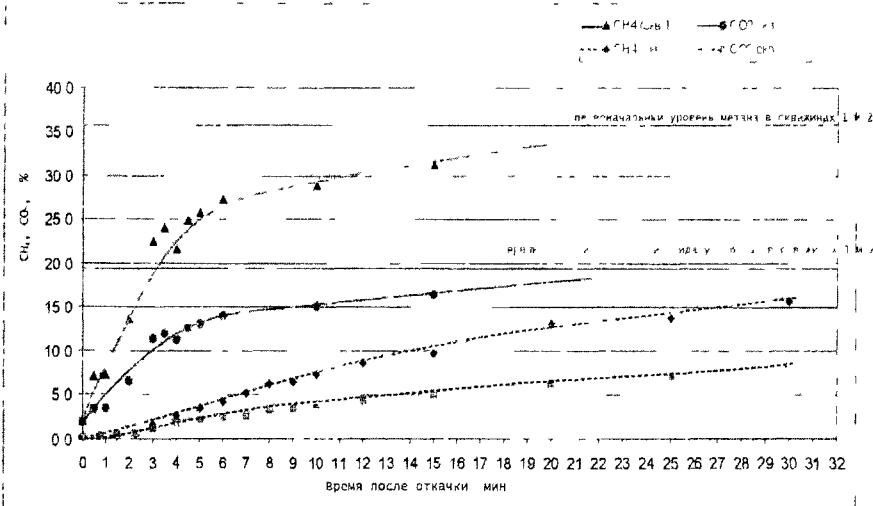
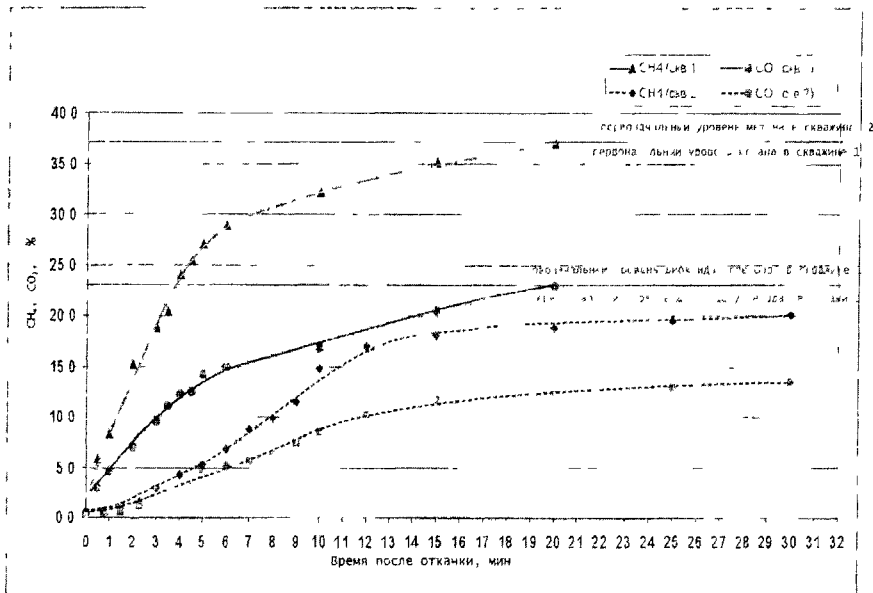


Рис 4 Изменение во времени концентрации метана и углекислого газа в скважине С-1, С-2 после откачки биогаза

Эмиссия метана составляет из скважины С-1 – 140 л/ч, скважины С-2 – 30 л/ч, скважины С-3 – 1,2 л/ч. Соответственно, эмиссия диоксида углерода составляет из скважины С-1 – 100 л/ч., скважины С-2 – 35 л/ч, скважины С-3 – 0,8 л/ч. По результатам натуральных экспериментов было определено, что эмиссия метана на полигоне ПТО-1 превышает 27 т/сут.

**Глава 4** Контроль химического состава фильтрата и грунтовых вод является важнейшим элементом мониторинга окружающей среды. Для контроля за химическим составом стоков и фильтрата был организован отбор проб из внешней дренажной канавы, внутренней канавы, буферного водоема-колодца и из скважины С-2. Выполненные исследования показали, что дренажные стоки имеют нейтральную и слабощелочную реакцию, повышенные концентрации биогенных элементов, взвешенных веществ и ряда тяжелых металлов.

Особый интерес представляют результаты впервые выполненного анализа фильтрата из скважины С-2 (непосредственно из тела полигона). Установлено, что рН фильтрата изменяется в пределах 7,8–8,4, ХПК – 8500–20200 мг О<sub>2</sub>/л, БПК<sub>5</sub> – 310–1310 мг О<sub>2</sub>/л, N<sub>общ</sub> – 2000–2700 мг/л, C<sub>неорг</sub> – 13600–14850 мг/л, C<sub>орг</sub> – 1565–1830 мг/л. Концентрация металлов составляет Pb – 0,219 мг/л, Ni – 0,74 мг/л, Cd – 0,026 мг/л, Hg – 0,002 мг/л, Cr – 1,54 мг/л. На рис. 5 представлены результаты измерений БПК<sub>5</sub> и ХПК.

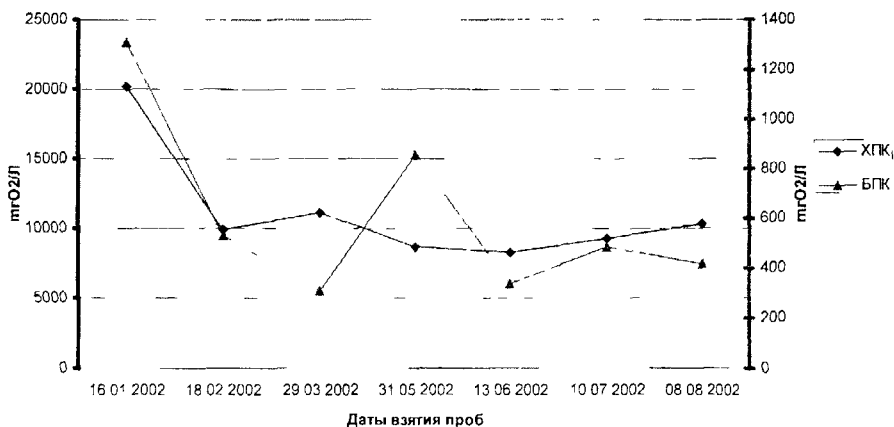


Рис. 5 Содержание ХПК и БПК<sub>5</sub> в фильтрате скважины С-2

Для контроля состава грунтовых вод осуществлялся отбор проб из двух наблюдательных скважин расположенных выше и ниже полигона ПТО-1 по течению грунтовых вод. Анализ данных показал, что грунтовые воды имеют нейтральную и слабощелочную реакцию (рН – 6,75–9,1), содержат биогенные элементы, но их количество во много раз меньше чем в фильтрате. Содержание металлов Zn, Pb, Ni, Cu, Cr, As, Hg находится в пределах допустимых концентраций. Химический состав грунтовых вод в значительной степени зависит от погодных факторов (температура, количество осадков и др.). Выявлено, что полигон незначительно влияет на загрязнение грунтовых вод, так как показатели химического состава грунтовых вод нижней скважины мало отличаются от фоновых.

Состояние грунта под терриконом полигона твердых отходов является важным показателем его защитных свойств. Изучена динамика загрязнения по истилаэтих грунтов под телом полигона. зафиксировано увеличение области загрязнения примерно на 1,4 м в глубину за четыре года. Установлено, что геэкологическая система «полигон ТБО» на данный момент времени обеспечивает защиту окружающей природной среды, однако является динамически изменяющейся системой и требует постоянного контроля.

Проведенные натурные исследования обеспечили контроль состояния геэкологической системы «полигон ТБО» почти в течение двух лет, что позволило оценить степень воздействия полигона ТБО на окружающую природную среду в текущий период. Однако динамичный характер геэкологической системы (полигон ТБО) заставляет искать пути прогнозирования его состояния в будущем. Для решения этой задачи были исследованы процессы биохимического разложения ТБО в теле полигона путем их моделирования в биореакторе. Использование лабораторного эксперимента для мониторинга состояния полигона позволяет сократить материальные затраты на проведение дорогостоящих натурных наблюдений в течение многих лет. Лабораторные исследования выполнялись с использованием созданного в СПбГПУ автоматизированного учебно-научного комплекса «Биореактор». В состав лабораторного комплекса входят термокамера, биореакторы и система автоматического контроля обработки и передачи информации. В термокамере поддерживается постоянная температура, оптимальная для биоразложения отходов. Биореакторы изготовлены из нержавеющей стали, имеют объем боэес 100 л каждый, оборудованы системой рециркуляции фильтрата. Подобие условий лабораторного эксперимента реальному полигону обеспечивается составом отходов, поддержанием заданной температуры и влажности, созданием анаэробных условий. Ускорение процесса разложения отходов достигается добавлением свежей воды и частичным удалением

фильтрата. При бурении 20 м скважины С-2 на полигоне ПТО-1 был отобран грунт из различных слоев сваточных отложений (в количестве 85,5 кг) и загружен в биореактор №1. Перед загрузкой и после выгрузки замерялась высота слоя отходов в биореакторе, определялся их вес, образцы отходов измечались для химического анализа. Эксперимент продолжался в течение 350 дней с момента загрузки (до полного прекращения эмиссии биогаза). За это время эмиссия биогаза в пересчете на сухую массу отходов составила из биореактора №1 60 л/кг. Содержание метана в биогазе в биореакторе №1 изменялось в пределах 41-60%. Также проводился анализ показателей состава фильтрата из биореактора №1. Проводилось сопоставление результатов лабораторных экспериментов процессов разложения отходов в биореакторе №1 и данных натурных наблюдений скважины на исследуемом полигоне, откуда был изъят исследуемый материал, которое показало совпадение исследуемых показателей. Это подтверждает объективность данных полученных в ходе исследований процессов разложения отходов в биореакторе, и позволяет рекомендовать лабораторный метод исследования процессов разложения отходов для оценки состояния действующих и закрытых полигонов ТБО.

Комплексная оценка состояния геоэкологической системы полигон ТБО и его воздействия на окружающую среду требует определения распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе а также в грунтовых водах поскольку главным образом в этих средах происходит миграция загрязнений на большие расстояния. Для выполнения этой задачи целесообразно использовать методы математического моделирования процессов распространения загрязняющих веществ, так как натурные исследования дороги и трудоемки. Данные натурных исследований показали, что существенное загрязнение окружающей среды происходит за счет эмиссии биогаза.

В работе моделирование загрязнения атмосферного воздуха производилось с использованием экологического программного комплекса «Зопа» позволяющего выполнять расчеты пространственной диффузии примесей с учетом метеорологической ситуации, рельефа местности и др.

С использованием натурных данных эмиссии биогаза из тела полигона ТБО ПТО-1 выполнены расчеты распространения метана в атмосферном воздухе.

### **Заключение**

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. Анализ способов утилизации твердых бытовых отходов показал, что их захоронение на полигонах является приоритетным в мире и основным в России.

Систематизированные факторы воздействия полигонов на окружающую природную среду и принципы организации мониторинга состояния полигонов.

2 Обоснована необходимость изучения полигонов ТБО в качестве геоэкологической системы. Разработана структура мониторинга геоэкологической системы «полигон ТБО», включающая натурные исследования, лабораторный эксперимент и математическое моделирование.

3 Разработаны методики и обоснован порядок организации исследований эмиссий биогаза и состава фильтрата на полигоне ТБО.

4 По результатам натурных исследований полигона ТБО ПТО-1 г Санкт-Петербурга определены состав, интенсивность эмиссии биогаза, выявлены зоны наиболее активной эмиссии на поверхности полигона и в свалочных массах на различных горизонтах по вертикали. Установлено, что полигон является крупным источником эмиссии метана, позволяющего рассматривать его в качестве дополнительного энергетического ресурса.

5 Экспериментально исследованы физико-химические свойства фильтрата, дренажных и грунтовых вод. Установлено, что грунтовые воды содержат тяжелые металлы в допустимых пределах, повышенное количество биогенных элементов, зависящие от погодных условий и имеют в основном слабощелочную реакцию.

6 Определено, что площадь загрязнения подстилающих грунтов и грунтовых вод ограничивается санитарной зоной, что подтверждает удовлетворительное функционирование защитных систем полигона ТБО ПТО-1 на данный момент времени.

7 Выполнены лабораторные исследования процессов разложения свалочных масс в биореакторе. Выявлена удовлетворительная сходимость результатов натурных и лабораторных исследований, что позволяет рекомендовать последние для изучения и прогнозирования биохимических процессов и эмиссий биогаза и фильтрата, а также оценки состояния геоэкологической системы «полигон ТБО». С помощью математического моделирования определен уровень и распространение загрязнения с полигона ТБО в атмосферном воздухе.

#### **Основные положения диссертации опубликованы в работах:**

- 1 Система обращения ТБО в городе Санкт-Петербурге. Семина Л. I., Лихачев Ю. М., Полузков В. В., Федоров П. М. // Вестник госпитальной инженерии. 1997, № 1 - С. 13-23.
- 2 V Yelistratov, V Maslikov, E Pokrovskaya, E Negullyeva, and P Fedorov. Composite environmentally safe power engineering technologies for the utilization of solid municipal

waste //Green energetics from the modern technologies to the new philosophy //Proceedings from the the fourth international seminar, Tiedonantoja 103 Research Notes University of Joensuu, 1998 г , -S 125 –131

3. Глистратов В В, Масляков В И, Федоров П М Использование полигона ГБО для получения биогаза энергетический и экологический аспекты //Тезисы научных докладов научно-практической конференции ' Передовые технологии в сфере обращения с отходами опыт, практика, концепция развития' СПб 2000.-С.22-24
4. Анализ и оценка зарубежного опыта обращения с твердыми бытовыми отходами. Лихачев Ю М, Селиванова С В, Глазов И Н, Федашко М Я, Федоров П М, Семин Е Г //Кн комплексная переработка ТБО наиболее передовая технология РАН, СПб 2001 -С 72-89
5. Федоров П М, Негуляева Е Ю, Покровская Е Р Исследования и моделирование биохимических процессов, происходящих в полигонах твердых бытовых отходов //Кн комплексная переработка ТБО - наиболее передовая технология РАН, СПб 2001.- С 62-72.
6. Статика динамика процессов адаптации вредных примесей в коммунальных золах в строительные материалы Лихачев Ю М, Семин Е Г, Селиванова С В, Федоров С В, Федоров П М, Лыпина О Е, Семина К Е //Кн комплексная переработка ТБО - наиболее передовая технология РАН, СПб . 2001 - С.117-152.
7. Лихачев Ю М, Федашко М Я, Федоров П М 30-летний опыт работ лучшего мусороперерабатывающего завода России //Материалы второго международного конгресса по управлению отходами М ВэйсТэк - 2001 -С 112-113.
8. Федоров П М Мониторинг за воздействием полигона твердых бытовых отходов на окружающую среду //Региональная экология - 2001 № 3-4 -С 48-51.

Лицензия ЛР №020593 от 07.08.97

---

Подписано в печать *27 04 2005* Формат 60x84/16. Печать офсетная.  
Уч. печ. л. *1,0* . Тираж *100* . Заказ *226* .

---

Отпечатано с готового оригинал-макета, предоставленного автором,  
в типографии Издательства Политехнического университета.  
195251, Санкт-Петербург, Политехническая, 29.

}

■

•

•

40 - 6. 1. 11

РНБ Русский фонд

2006-4

11082