

САЛИЕВА АЛЬФИЯ НУРГАЯНОВНА

**ОБОСНОВАНИЕ ЭКОГЕОХИМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КРИТЕРИЕВ
ОЦЕНКИ ОПАСНОСТИ МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ НА
ПРИМЕРЕ ТОГАЕВСКОГО ПОЛИГОНА ОТХОДОВ (Республика
Татарстан)**

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата химических наук

03.00.16 – ЭКОЛОГИЯ

Научный руководитель:

кандидат географических наук
Щеповских Анатолий Иванович

Научный консультант:

доктор химических наук, профессор
Латыпова Венера Зиннатовна

Казань - 2005

Работа выполнена на кафедре прикладной экологии и лаборатории экологического контроля Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Казанский государственный университет им. В.И. Ульянова-Ленина» (КГУ), а также в Специализированной инспекции аналитического контроля Министерства экологии и природных ресурсов Республики Татарстан (МЭПР РТ, г. Наб. Челны)

Научный руководитель: Кандидат географических наук (25.00.36)
Щеповских Анатолий Иванович

Научный консультант: Доктор химических наук (02.00.03; 02.00.05),
профессор
Латыпова Венера Зиннатовна

Официальные оппоненты: Доктор химических наук (02.00.02),
профессор Будников Герман
Константинович

Кандидат химических наук (03.00.16)
Тунакова Юлия Николаевна

Ведущее учреждение: Казанский государственный педагогический
университет, кафедра биоэкологии

Защита диссертации состоится "28" июня 2005 года в 14 часов на заседании диссертационного совета Д 212.081.19 при Казанском государственном университете им. В.И. Ульянова-Ленина, 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 18.

С диссертацией можно ознакомиться на кафедре прикладной экологии и в научной библиотеке Казанского государственного университета им. В.И. Ульянова-Ленина.

Автореферат разослан "___" _____ 2005 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор химических наук, профессор

Г. А. Евтюгин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В результате жизнедеятельности человека образуются большое количество отходов, количество которых увеличивается с ростом численности населения.

Свалочное отложение – это, по-существу, антропогенное геохимическое тело, оказывающее серьезное воздействие на природную среду и здоровье человека: оно может быть источником загрязнения всех компонентов многоэтажной структуры ландшафтов токсичными органическими и неорганическими веществами. Масштабы и интенсивность негативного воздействия крупных полигонов размещения отходов на окружающую среду значительны, а пути и механизмы воздействия отличаются повышенной сложностью и недостаточно изучены.

Решение проблемы отходов производства и потребления весьма актуальная и наукоемкая задача, она не только санитарно-гигиеническая, ресурсосберегающая, но связанная также и с сохранением основных механизмов стабильности биосферы.

Одной из актуальных проблем в области прикладной экологии является оценка и прогнозирование воздействия мест размещения отходов производства и потребления на сопредельные природные среды, на качество ресурсов и здоровье человека.

В связи с этим **целью** данной работы является обоснование экогеохимической системы критериев оценки воздействия и класса опасности мест размещения отходов для биотических и абиотических компонентов окружающей среды на основе эколого-геохимического обследования мест размещения полигонов отходов.

Модельный объект - Тогаевский полигон отходов (Восточное Прикамье РТ).

Задачи исследования:

1. Оценить воздействие ТогПО на сопредельные природные среды на основе экспериментальных результатов о составе многокомпонентных свалочных вод, степени загрязнения поверхностных, подземных вод, поступлении загрязняющих веществ в атмосферный воздух, о влиянии на почвы и растительность.

2. Определить местный геохимический фон токсичных элементов и соединений в почвах и поверхностных водах, оценить динамику формирования техногенных полей рассеяния тяжелых металлов в почвах зоны влияния полигона.

^{*)} Научным консультантом по геохимическим и биологическим аспектам работы является кандидат биологических наук, доцент Аида Хатифовна Хакимова (Камский институт, г. Наб. Челны), по санитарно-гигиеническим аспектам - кандидат медицинских наук Насыбуллин Айрат Ахмаевич (МЭПР РТ, г. Наб. Челны).

3. Разработать экогеохимическую систему критериев оценки опасности мест размещения отходов и классов их опасности для окружающей среды.

4. С использованием предложенной в работе системы критериев охарактеризовать класс опасности ТогПО и разработать программу мониторинга полигонов отходов на территории Прикамья РТ, для выявления закономерностей динамики экологически значимых показателей степени загрязнения окружающей среды, принятия управленческих решений и оценки эффекта природоохранных мероприятий.

Данная работа выполнена в рамках госбюджетной темы кафедры прикладной экологии КГУ "Развитие теоретических и прикладных основ экологического мониторинга", № ГР 01.98.0006937, код ГАСНТИ 87.43.21; а также Программы приоритетных направлений развития науки в Республике Татарстан на 2001-2005 годы по направлению "Экологическая безопасность" (грант № 09-9.3-245/2004-Ф).

Научная новизна. В работе на основе полевых и лабораторных исследований разработана система критериев оценки воздействия и ранжирование опасности мест размещения отходов для окружающей среды.

Дана оценка воздействия полигона отходов на степень загрязнения природных сред (поверхностные, подземные воды, атмосферный воздух, почву и растительность) приоритетными загрязняющими веществами, с учетом собственных и литературных данных обосновано ранжирование природных сред по степени подверженности их воздействию полигонов отходов при одновременном действии ряда факторов (химические, почвенные, биологические, геологические, климатические и др.).

Предложена корректировка программы мониторинга полигонов отходов на территории Прикамья РТ с учетом значимости определяемых показателей степени загрязнения окружающей среды для выявления закономерностей их динамики и принятия управленческих решений.

Практическая значимость. Разработанная программа мониторинга полигонов отходов на территории Прикамья РТ и предложенная система критериев оценки воздействия и категории опасности мест размещения отходов на окружающую среду переданы в МЭПР РТ для использования в области управления отходами производства и потребления.

Отдельные разделы диссертационной работы используются при чтении специальных курсов «Геохимический мониторинг» и «Управление в обращении с отходами» для студентов экологического факультета Казанского государственного университета, а также при чтении курсов «Экологический мониторинг» и «Промышленная экология» для студентов экологического факультета Камского Института (г. Наб.Челны).

На защиту выносятся:

Оценка степени загрязнения природных сред (поверхностные, подземные воды, атмосферный воздух, почву и растительность) приоритетными загрязняющими веществами в зонах воздействия мест

размещения отходов на основе полевых и лабораторных исследований Тогаевского полигона отходов как модельного.

Обоснование ранжирования природных сред по степени подверженности их воздействию исследуемого источника загрязнения при одновременном действии ряда факторов (геологические, почвенные, биологические, химические, климатические и др.) и наиболее информативных показателей, отражающих опасность мест размещения отходов.

Разработанная система критериев оценки, алгоритм расчета индекса и класса опасности мест размещения отходов для окружающей среды.

Рекомендации к корректировке программы мониторинга природных сред в зоне воздействия полигонов отходов на территории Прикамья РТ.

Личный вклад автора. Постановка задачи, проведение полевых исследований, отбор, подготовка и анализ проб воды, донных отложений, атмосферного воздуха и растений, выполнение экспериментов, статистическая обработка полученных результатов, обобщение и формулирование выводов на их основе проведены лично автором. В обсуждении результатов принятия участие научный руководитель, научные консультанты и соавторы научных работ, которым автор приносит свою благодарность.

Публикации. Основные результаты работы изложены в 5 статьях и 11 тезисах докладов на конференциях.

Апробация работы. Результаты исследований были представлены на Международной научно-практической конференции «География и регион» (Пермь, 2002), Всероссийской конференции «Проблемы жизнеобеспечения больших промышленных городов» (Наб.Челны, 2002), конференции «Проблемы жизнеобеспечения больших промышленных городов» (Наб.Челны, 2002), 3-м Международном симпозиуме «Проблемы выживания и экологические механизмы хозяйствования в регионе Прикамья» (Наб.Челны, 2002), №3, III конференции – школа Казань - Чистополь «Химия и инженерная экология», 2003, IV конференция – школа Казань – Наб. Челны, «Химия и инженерная экология», 2004, Отчетной конференции КГУ им. В.И.Ленина, 2004.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 130 страницах машинописного текста, включает 13 рисунков, 31 таблицу. Состоит из введения, трех глав, выводов, списка использованных библиографических источников, включающего 106 ссылок на отечественные и зарубежные работы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ В УСЛОВИЯХ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Обзор литературы посвящен анализу этапов эколого-геохимической оценки территорий, геохимических методов исследования природной

среды в условиях химического загрязнения, способам обработки геохимических данных и показателей, критериям оценки эколого-геохимических условий на территории. Рассмотрены динамика образования, состав и использование отходов производства и потребления как масштабного источника загрязнения окружающей среды и их воздействие на различные природные среды.

ГЛАВА 2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В данной главе приведена **физико-географическая характеристика района исследования**, охарактеризован Тогаевский полигон отходов как модельный объект исследования. Охарактеризован **состав** бытовых отходов г. Наб. Челны и основных твердых неметаллических промышленных отходов ОАО «КамАЗ», поступающих на полигон.

Опробование почв проводили по румбам на территории радиусом 1,5 км от ТогПО. Пункты отбора располагали в 15, 50, 100, 250, 500, 750, 1000 и 1500 м от границ ТогПО. **Опробование растений** проводили на топоэкологическом профиле на учетных площадках 10x10 м через каждые 50-100м. Пробы почв и растений отбирали в соответствии с ГОСТ.

Пробы воды отбирали из контрольной наблюдательной скважины, расположенной в 50 м к югу от ТогПО, из р. Ордиушки в 1500 и 500 м выше по течению и в 500 м ниже по течению от ТогПО, в районе ТогПО. Пробы донных отложений р. Ордиушки отбирали там же, где и пробы воды. **Бактериологический анализ** проводили в соответствии с Методическими указаниями ГКСЭН (2001).

Отбор проб **атмосферного воздуха** производили в приземном слое воздуха на расстоянии 50 м от ТогПО на высоте 1,5-3,5 м от поверхности земли. При наличии дымления отбирали пробы на расстоянии 50, 100, 500 и 1000 м от источника загрязнения по направлению ветра.

Химический анализ образцов вод, почв, растительности трех ярусов, донных отложений, атмосферного воздуха осуществляли на базе лаборатории Специализированной инспекции аналитического контроля Прикамского территориального управления Министерства экологии и природных ресурсов РТ (МЭПР РТ) и лаборатории экологического контроля КГУ при непосредственном участии и под руководством автора. Использовали фотоколориметрический, атомно-абсорбционный, химический и потенциометрический методы анализа по стандартным рекомендованным для целей государственного экологического контроля методикам.

При **обработке геохимических данных** производили определение геохимических параметров: C_f - фоновых концентраций, K_c - коэффициентов концентрации, A_x и B_x - коэффициентов биологического поглощения химических элементов, БХА - биогеохимической активности растений, Z_c - суммарного показателя загрязнения.

Для выявления пространственной структуры распределения загрязняющих веществ строили карты техногенных аномалий и изогипс.

Расчеты рассеивания приземных концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе были выполнены по программе «Эколог 2.20», расчет производили для летнего периода, при средневзвешенной скорости ветра 0,5 м/с.

Статистический анализ полученных экспериментальных данных проводили общепринятыми методами (Лакин, 1990; Боровиков Л., Боровиков И., 1997), используя пакет стандартных компьютерных программ (Excel, Statistica). Обработка результатов включала вычисление статистических параметров и расчет коэффициентов корреляции.

ГЛАВА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

3.1. ВОЗДЕЙСТВИЕ ТОГАЕВСКОГО ПОЛИГОНА ОТХОДОВ НА СОПРЕДЕЛЬНЫЕ ПРИРОДНЫЕ СРЕДЫ

3.1.1. ПОЧВЫ

Почвенный покров территории, прилегающей к ТогПО, представлен сочетанием черноземов выщелоченных под сельскохозяйственными угодьями и коричнево-серых лесных почв под широколиственным лесом с преобладанием дуба. Механический состав почв преимущественно суглинистый и глинистый. Реакция среды нейтральная, слабокислая и слабощелочная (рН = 5,2 - 7,74).

В качестве фоновых концентраций металлов использовали данные для соответствующих типов почв: в условиях ненарушенных ландшафтов на расстоянии не менее 1,5 км от города (национальный парк «Нижняя Кама», лесные массивы Большой Бор и Красный Бор).

Анализ динамики коэффициентов концентрации ($K_c = C_{\text{п}}/C_{\text{ф}}$) металлов в почвах территории, прилегающей к полигону, за период с 1994 по 2001 гг. показал прогрессирующий рост загрязнения по ряду металлов (Cu, Cd, Zn). Пространственный анализ загрязнения показал формирование техногенной аномалии полиметаллического состава. Выявлены геохимические аномалии в распределении следующих элементов: Cu, Zn, Cd, Pb, Ni (табл. 1).

Таблица 1

Основные направления геохимических аномалий тяжелых металлов в почвах, прилегающих к полигону

Элемент	Фоновое содержание, (мг/кг)	Максимальные значения, (мг/кг)	Отношение макс/фон	Основное направление аномалии
Медь	$3,90 \pm 0,24$	$45,70 \pm 11,40$ $23,20 \pm 5,80$	11,25 5,75	Север, Северо-восток
Цинк	$0,29 \pm 0,02$	$58,02 \pm 14,20$ $15,00 \pm 3,80$	200,00 51,70	Север, Северо-восток
Кадмий	$0,46 \pm 0,12$	$173,60 \pm 43,41$ $24,27 \pm 6,07$ $14,56 \pm 3,64$ $7,20 \pm 1,80$	376,00 52,70 31,60 15,60	Запад Юг Север Восток

Основной поток миграции тяжелых металлов движется на север, северо-восток и восток, в соответствии с направлениями преобладающих ветров (юго-западных и южных). Следовательно, ведущую роль в распространении металлов играет их ветровой перенос в составе аэрозолей и твердых частиц.

В настоящее время наблюдается тенденция к увеличению потока латеральной миграции тяжелых металлов от полигона. Были построены карты геохимических аномалий для сопряженной пары металлов Cu-Zn за период 1994-1998 гг. (рис.1). Выявлено накопление металлов в почве и рост площади аномалии.

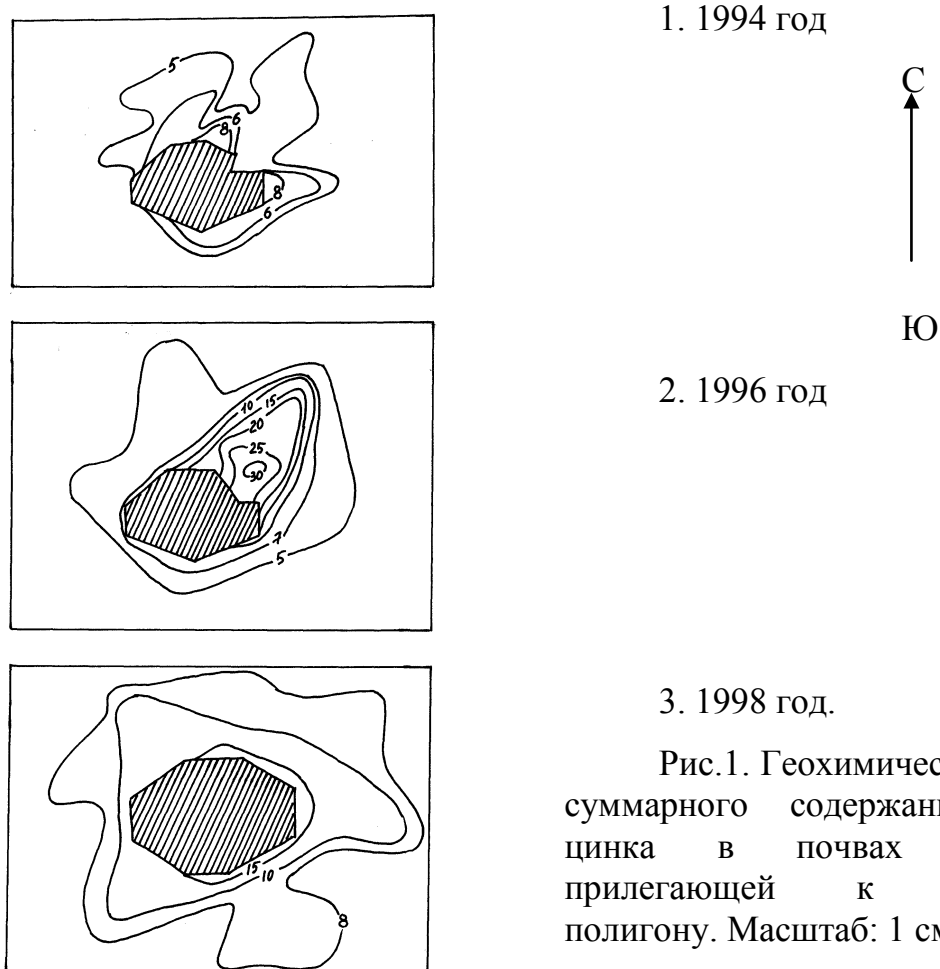


Рис.1. Геохимическая аномалия суммарного содержания меди и цинка в почвах территории, прилегающей к Тогаевскому полигону. Масштаб: 1 см: 500 м.

Выявлена линейная зависимость коэффициентов концентрации металлов в почвах (сельскохозяйственных угодий и лесного массива) в зоне воздействия ТогПО с их биофильностью (по Перельману), что может указывать на отсутствие заметных нарушений процессов почвообразования в экосистемах как агро-, так и лесного ландшафта, т.е. почвы способны выполнять буферную роль относительно техногенного загрязнения.

3.1.2. РАСТЕНИЯ

В работе определены коэффициенты и ряды биологического поглощения, сопоставляющие содержание элементов в почвенном и

растительном ярусах, а также биогеохимическая активность вида БХА (Авессаломова, 1987) для сравнительной оценки биогеохимических способностей растений.

В южной части исследуемого полигона имеется ложбина стока свалочного раствора. По пути следования стоков по рельефу местности имеется локальный участок полностью погибшей растительности. Выбранный нами топоэкологический профиль пересекает один из отрожков ложбины стока свалочного раствора. На данном участке содержание меди в почве составило 20-23 ПДК, свинца – 10,8-11,2 ПДК, цинка – 3,5-3,9 ПДК. В остальной части профиля содержание тяжелых металлов изменялось незначительно и составило для меди – 7,9 ПДК, для свинца – 2,1 ПДК, для цинка – 1,4 ПДК.

На рисунках 2-5 представлены гистограммы, отражающие изменение содержания металлов в почвах и золе растений по топоэкологическому профилю. Симбатный характер гистограмм для меди, никеля и цинка отражает прямую корреляционную зависимость между содержанием подвижных форм металлов в почвах и поступлением их в растения, что свидетельствует об отсутствии корневого барьера. Напротив, для свинца корневой барьер функционирует, и содержание металла в растениях практически постоянно не зависит от его содержания в почве.

Рис.2. Содержание меди в почве и золе растений по топоэкологическому профилю

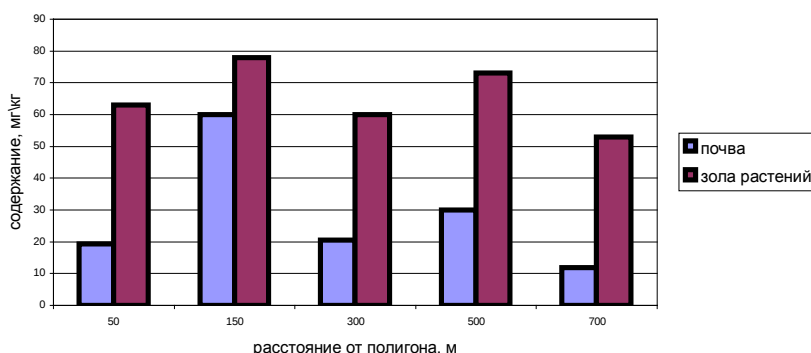


Рис. 3. Содержание свинца в почве и золе растений по топоэкологическому профилю

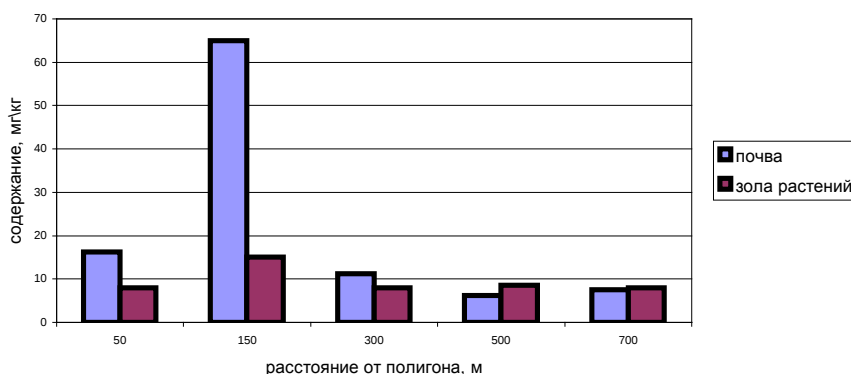


Рис. 4 Содержание никеля в почве и золе растений по топтоэкологическому профилю

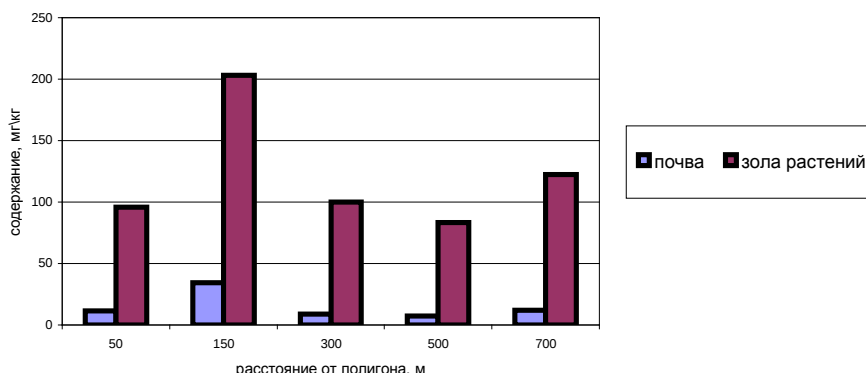
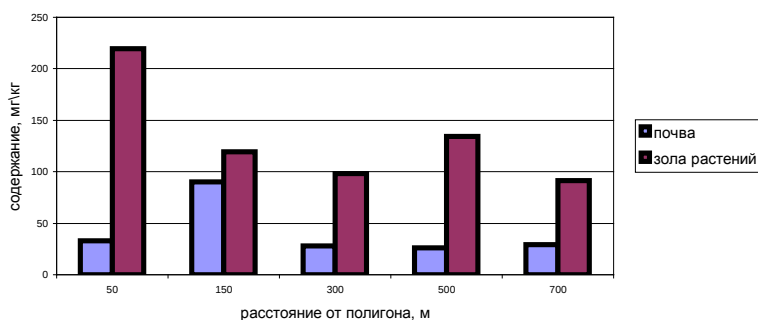


Рис. 5. Содержание цинка в почве и золе растений по топтоэкологическому профилю



В таблице 2 приведены результаты анализа рядов биологического поглощения для растений исследуемой территории. Они составлены в двух вариантах: по A_{x1} , (относительно кларков литосферы по Виноградову (Алексеев, 2000)) и по A_{x2} (относительно региональных кларков в почвообразующих породах верхнепермской формации (Сунгатуллин, 2001)).

Полученные результаты позволили выделить группу элементов энергичного и сильного биологического накопления в местных геохимических условиях (В, Cu, Zn, Ni, Cr, Mn, Mo, Sn, Ba, P и Sr).

В условиях исследуемой территории происходит резкое снижение содержания в древесных породах В, Mn, V, в травянистой растительности - В ($A_{x2} < A_{x1}$). Напротив, более интенсивно поглощаются древесной растительностью - Ag, Co, Sr, травянистой растительностью – Sr, Pb, P, Sn ($A_{x2} > A_{x1}$).

Для количественного выражения общей способности вида к концентрации микроэлементов рассчитывали биогеохимическую активность вида (БХА), представляющий собой сумму коэффициентов биологического поглощения отдельных микроэлементов: $БХА = \sum A_x$ (Авессаломова, 1987). Анализ БХА (рассчитанной на основании A_{x2}) показал, что для древесной растительности БХА = 39,27, для травянистой -

27,3, что в 1,44 раза ниже. Следовательно, в данных условиях наибольшая биогеохимическая активность характерна для древесных пород.

Таблица 2

Ряды биологического поглощения элементов растениями в 150 м к югу от полигона

Коэффици- циент	Ряды биологического поглощения			
	I группа, 10n	II группа, 10-n	III группа 0,n	IV группа 0,0n.
	поглощение		захват	
Лиственные породы деревьев				
A _{x1}	B	Cu,Zn,Ni,Cr,Mn, Mo, Sn,Ba,P	Pb,Co,V,Sr	Ag,Ti
A _{x2}		Cu,Zn,Ni,Co,Cr,M o,Ag,Sn,Ba,P, B,Sr	Pb,Mn	V,Ti
Травянистые растения				
A _{x1}	Sr	Ni,Mo,Ba,Sr,B	Cu,Zn,Pb,Co,Cr, Ag, Mn,P	V,Ti,Sn
A _{x2}		Pb,Ni,Mo,Ba,B,P, Sn,Sr	Cu,Zn,Co,Cr,Ag, Mn,P,B	V,Ti

Примечание. * $A_{x1} = C_x / n_x$, $A_{x2} = C_x / m_x$, где C_x – содержание элемента в растениях, n_x – кларк литосферы, m_x – региональный кларк.

Таблица 3

Коэффициенты B_{x1} доступности элементов для различных типов растительности (пункт опробования в 500 м к югу от полигона)

Виды и органы растений	Лиственные породы деревьев	Травянистая растительность	Корни трав	Кустарниковая растительность
Cu	5,67	2,77	2,77	1,43
Zn	5,43	6,25	5,23	5,18
Ni	6,39	6,82	7,09	8,56
Pb	0,80	1,00	0,80	0,80

Для различных видов исследованных растений определены величины B_{x1} . B_{x1} — коэффициент, отражающий соотношение состава сухого вещества растений и подвижных форм элементов в почве, который характеризует актуальную доступность элементов растениям и степень их

использования (Гаврилова, Касимов, 1989). Расчет коэффициентов B_{x1} для различных видов растительности показан в таблице 3.

Значение B_{x1} зависит как от природы металла, так и от вида растений и биогеохимической специализации различных органов (корней, ветвей, листьев, регенеративных органов и др.).

3.1.3. АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ

Приоритетным загрязнением атмосферного воздуха в зоне влияния полигона являются диоксид серы, диоксид азота, аммиак, фенол и эпизодически обнаруживаются формальдегид, фурфурол и ацетон.

В таблицах приведены среднегодовое и сезонные содержания загрязняющих веществ в атм.воздухе относительно среднесуточных ПДК.

Диоксид серы – основной загрязняющий компонент атмосферного воздуха, его среднегодовая концентрация за исследуемый период составила 2,26 ПДК с/с. Зарегистрировано максимальное превышение его концентрации более 13 ПДК. Летом наблюдается резкий рост его концентрации, что оказывает отрицательное влияние на растительность (начинает влиять на фотосинтез при $c > 30-40$ мг/л). Среднегодовая концентрация аммиака превышает ПДК на 30-40%, кратность превышения максимально разовой концентрации – более 10-ти. Концентрация аммиака возрастает в весенне-летний период. Максимально разовая концентрация диоксида азота превышала ПДК более, чем в 6 раз. Загрязнение атмосферы фенолом незначительно. Формальдегид обнаруживается в пробах нерегулярно. Тем не менее, выявляется тенденция к росту его содержания в воздухе в весенне-летний период. Наибольшее превышение ПДК по формальдегиду наблюдалось 14.08.01 (20,0 ПДКс/с).

Ореол загрязнения атмосферного воздуха вытянут на север и северо-восток, в соответствии с преобладающими направлениями ветров и покрывает значительное расстояние. Шлейф загрязнения достигает пос. Нов. Сарайлы, расположенного к северо-западу от ТогПО и удаленного от полигона более чем на 1,5 км. Во время дымления полигона согласно расчетам на территории поселка концентрации токсикантов превышают ПДКм/р: в 3,7 раз для SO_2 , 32,4 - для NH_3 , 10,0 - для NO_2 , 5,8 - для фенола и 15,3 - для формальдегида. Расчеты были проведены с учетом средневзвешенной скорости ветра 0,5 м/с (при температуре 240С и давлении 748 мм рт.ст.). Результаты расчета показывают недопустимо высокий уровень загрязнения атмосферного воздуха в зоне воздействия полигона.

Наибольшее загрязнение атмосферного воздуха вблизи полигона наблюдается в весенне-летний период, когда преобладающими являются меридиональные направления ветра. Наименьшее загрязнение атмосферного воздуха наблюдается в зимний период, когда преобладают западные и юго-западные ветра.

3.1.4. ПОВЕРХНОСТНЫЕ И ПОДЗЕМНЫЕ ВОДЫ

Гидрогеологические условия исследуемого участка характеризуются наличием одного водоносного горизонта, водовмещающими породами являются отложения Белебеевской свиты верхнеказанского подъяруса верхней перми, P_2kz_2 (blb), питание осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и талых вод на водораздельном пространстве рр. Шильны и Ордиушки.

Для оценки качества природных вод использовали величины предельно допустимых концентраций (ПДК) загрязняющих веществ, принятых для вод хозяйственно-питьевого и рыбохозяйственного назначения, а также фоновые региональные концентрации, определенные для вод соответствующего гидростратиграфического подразделения (P_2kz_2) Нижнекамской территории (Сунгатуллин, 2001) (табл.6).

Таблица 6

Средние значения гидрохимических показателей подземных вод - А (P_2kz_2 Территория ТогПО, $n=15^*$) в сравнении с соответствующими фоновыми значениями - В (P_2kz_2 Нижнекамская территория, $n=70^*$) и величинами ПДК

Ингредиенты	А	В	ПДК
Жесткость, моль/л	20,99	6,1	
pH	7,25	7,4	
Окисляемость, мг O_2 /л	12,2	3,5	
NH_4^+ , мг/л	0,23	0,2	0,5
$Fe_{общ.}$, мг/л	0,52	0,04	0,1
Cl^- , мг/л	354,76	16,0	300
SO_4^{2-} , мг/л	112,13	16,2	100
NO_2^- , мг/л	0,008	0,01	0,08
NO_3^- , мг/л	0,067	7,3	40

Примечание. * n - число проб.

Свалочный фильтрат представляет собой темно-коричневую жидкость с неприятным запахом, с минерализацией 27-30 г/л и очень высоким содержанием органических веществ, в т.ч. фенолов (более 120 ПДК). В фильтрате в высоких концентрациях присутствуют тяжелые металлы – медь (660 ПДК), свинец (35,8 ПДК), кадмий (9,6 ПДК). Отмечены превышения ПДК для сульфат-иона (в 71,9 раза), хлорид-иона (в 32,1 раза), нитрит-иона (в 14,5 раза), фосфат-иона (в 4,9 раза).

Подземные воды. Тогаевский карьер после отработки имел максимальные измерения 515 x 280 м, глубину от 5-6 до 15-17 м. К началу складирования отходов дно карьера представляло собой вскрытые отложения белебеевской свиты верхнеказанского подъяруса верхней перми P_2kz_2 (blb), представленные разуплотненным песчаником

Многолетние (1990-2003 гг.) наблюдения за качеством подземных вод показали, что минерализация за этот период увеличилась почти в 7 раз. Наблюдается высокая жесткость воды (9,2-55). Реакция среды близка к

нейтральной и слабощелочной (7,0-7,8). Содержание всех подвижных форм азота растет, в первую очередь, нитрат-ионов. Наблюдается снижение суммарного содержания металлов (медь, цинк), по-видимому, в результате их извлечения из состава отходов, активно практикуемого в последние годы. Заметна тенденция к снижению содержания нефтепродуктов и АСПАВ. Превышение предельно допустимых концентраций железа характерно для естественно-геохимического фона.

Гидрогеологические условия территории таковы, что подземный поток подвергается загрязнению в месте резкого увеличения уклона, что приводит к непосредственному поступлению загрязненных грунтовых вод в р. Ордиушку.

Показано, что расположение полигона в области питания подземных вод приводит к загрязнению практически всего водоносного горизонта. Поскольку водоносный горизонт не изолирован, исключается сорбция загрязнителей породами и грунтами и происходит постоянное поступление свалочных растворов в водоносный горизонт.

Поверхностные воды. Нами показано, что разгрузка загрязненных подземных вод, а также поверхностный сток с территории полигона, несмотря на многократное разбавление, изменяют химический состав воды в реке. Мы анализировали содержание в воде тех компонентов, источником которых является полигон. Так, на участке разгрузки подземных вод и ниже полигона содержание некоторых из них увеличивается по сравнению с фоновым.

Таблица 7.

Содержание основных загрязняющих веществ в подземных, поверхностных водах и свалочном растворе, мг/л

Проба \ Ингредиент	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Al	ХПК
Фон	0,78	5,64	19,46	<0,04	12,59
Свалочный раствор ТогПО	0,40	9627	7195	6,20	30080
Подземная вода из контрольной наблюдательной скважины	2,17	229,4	236,68	0,009	548,8
Вода р. Ордиушки (участок разгрузки подземных вод)	2,00	14,09	20,08	0,12	13,98
Вода р. Ордиушки (ниже ТогПО на 500м по течению)	1,63	21,42	20,08	0,12	14,44

Прежде всего, под влиянием ТПО в водах р. Ордиушки вниз по течению величина химического потребления кислорода возрастает на 15-26%. Особенно высокие значения ХПК характерны для подземных вод (в 44 раза выше фона). Аномально высокие количество органических веществ, выносимых водными растворами из свалочных

масс. По-видимому, большая часть соединений сорбируется частицами почв и грунтов, однако после насыщения их сорбционной емкости соединения, сохранившие подвижность, поступают в подземные воды.

Для оценки экологического состояния р. Ордиушки определяли потенциальную способность вод к биохимическому самоочищению в зоне влияния ТогПО. Для проб воды р. Ордиушки (июль 2003 г.), рассчитывали величины индекса самоочищения (I) по следующей формуле (Фрумин, Слотина, 1993): $I = (БПК_{зв} - БПК_{к}) / БПК_{т}$, где $БПК_{зв}$ и $БПК_{к}$ – полное биохимическое потребление кислорода (БПК) в пробах воды, содержащих стандартное загрязняющее вещество и в контрольной (холостой) пробе соответственно; $БПК_{т}$ – рассчитываемое теоретически по уравнению реакции окисления стандартного вещества при выбранной начальной концентрации. Частные индексы (I_i) биохимического самоочищения получали экспериментально с использованием 5 стандартных веществ: метанола (М), н-пропанола (н-П), н-гептана (н-Г), этиленгликоля (Э) и фенола (Ф). Общий индекс рассчитывали по формуле: $I = I_i / 5$; коэффициент (v) вариации определяли по формуле: $v = (6/I) \cdot 100\%$, где 6 – СКО в выборке из 5-ти частных индексов с добавками перечисленных выше стандартных веществ (табл.9). Значение I изменяется от 0 до 1 в зависимости от степени самоочищения: $0,9 < I < 1$ – "высокая"; $0,3 < I < 0,9$ – "средняя"; $0 < I < 0,3$ – "низкая".

Вода р. Ордиушки выше места расположения ТогПО (1) характеризуется "средней" мощностью биохимического самоочищения, в месте расположения ТогПО (2) и поступления загрязняющих веществ мощность самоочищения резко падает и определяется уже как "низкая". Ниже по течению реки (3) мощность самоочищения несколько повышается.

Расчетные величины, полученные на основе проведенных модельных экспериментов, приведены в таблице 8.

Таблица 8

Частные (I_i), общий (I) индексы самоочищения воды р. Ордиушки и коэффициенты вариации (v)

Место отбора проб воды *)	I_i					I	v
	М	Э	Ф	н-Г	н-П		
1	0,97	1,16	0,54	0,35	0,58	0,72	45,8
2	0,31	0,09	0,37	0,13	0,02	0,18	81,5
3	0,44	0,39	0,02	0,21	0,50	0,31	61,3

Примечание. *) Обозначения по тексту.

Изменение индекса биохимического самоочищения воды р. Ордиушки вниз по течению позволило охарактеризовать пространственное изменение мощности самоочищения: она падает в области прямого антропогенного воздействия полигона, что согласуется с результатами гидрохимического обследования реки.

Кроме того, показано, что свалочные массы являются также носителем патогенной микрофлоры, что способствуют бактериологическому загрязнению природных вод.

Таким образом, поверхностные и подземные воды в зоне влияния полигона находятся в активной гидравлической взаимосвязи, что приводит к постоянному загрязнению речных вод. В результате ТогПО оказывает негативное влияние на состояние подземных и поверхностных вод.

Многолетняя динамика состояния подземных вод показывает формирование очага загрязнения в зоне влияния ТПО, обусловленное постоянной инфильтрацией загрязнителей, о чем свидетельствуют тенденции повышения уровня минерализации, подвижных форм азота, сульфат- и хлорид-ионов.

3.2. МОНИТОРИНГ И СИСТЕМА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ НА ПРИРОДНЫЕ СРЕДЫ

3.2.1. КОМПЛЕКСНЫЙ ЭКОГЕОХИМИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ПРОГРАММЕ МОНИТОРИНГА В МЕСТАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ

Обобщение полученных и опубликованных результатов по экогеохимическому состоянию полигонов отходов смешанного типа позволил нам обосновать программу геоэкологического и экогеохимического мониторинга природной среды в зоне их воздействия – совокупность показателей и оптимальную структуру оценки их воздействия в системе мониторинга.

Характер и масштабы влияния мест размещения отходов (МРО) на прилегающие территории определяются: 1) показателями объектов (площадь МРО, возраст объекта, масса и объём отходов, класс опасности отходов, мощность отходов и др.); 2) природными характеристиками МРО и прилегающих территорий (ландшафтно-географические, гидрогеологические, геологические, почвенные условия, растительный покров и др.).

Для действующих полигонов необходим мониторинг основных параметров, которые целесообразно разделить на три группы по результатам многолетних исследований в зонах воздействия ТогПО и с учетом некоторых литературных данных (Хакимова, Салиева и др., 2003, 2004, Беляева, 2003).

1. Оценка технических условий эксплуатации полигона.

а) состояние системы водоотведения; б) состояние слоев гидроизоляции; в) состояния системы сигнализации утечек газа и фильтрата; г) просадка тела и основания захоронения.

2. Характеристика тела захоронения отходов.

а) объём и плотность укладки отходов; б) скорость перемещения вредных веществ в теле захоронения; в) температурные условия (степень распада органических веществ); г) выход дренажных вод (количество, химический состав); д) выход газа (количество, химический состав).

3. Оценка уровня загрязнения природных сред в зоне воздействия МРО.

а) почвенный покров; б) поверхностные воды; в) подземные воды; г) донные отложения водотоков и водоемов; д) атмосферный воздух; е) растительность.

На основании совокупности результатов данной работы (Хакимова, Салиева и др., 2003, 2004) и некоторых литературных данных (Бочеввер, 1979, Мотузова, 1999, Королев, 1995 и др.) оптимизирована структура экогеохимических исследований 3-й группы показателей в системе мониторинга.

3.2.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В МЕСТАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ОТХОДОВ

Прелагаемая система представляет собой матрицу (табл. 9). Полученные результаты позволяют ранжировать природные среды в зоне влияния смешанных полигонов по степени подверженности загрязнению: грунтовые воды > почвы > донные отложения > поверхностные воды > атмосферный воздух > растительность. На этой основе нами предложена система критериев от 1 до 5 рангов для оценки опасности мест размещения отходов (МРО) на примере Тогаевского полигона отходов. В первом столбике табл. 9 сверху вниз опасность отходов для природных сред понижается.

Критерий 1 ранга (коэффициент значимости 0,5) – состояние подземных вод как аккумулирующего резервуара стоков (в наблюдательных скважинах, расположенных между МРО и ближайшим водотоком).

Критерий 2 ранга (коэффициент значимости 0,4) – состояние почвенного покрова как интегрального показателя загрязнений (500 м от МРО).

Критерий 3 ранга (коэффициент значимости 0,3) – состояние донных отложений как информативного показателя загрязнений водотоков и водоемов (500 м ниже места разгрузки грунтовых вод, подверженных загрязнению).

Критерий 4 ранга (коэффициент значимости 0,2) – состояние поверхностных вод как приемника поверхностных стоков и разгрузки загрязненных грунтовых вод (в месте поверхностного стока или в месте разгрузки загрязненных грунтовых вод).

Критерии 5 ранга (коэффициент значимости 0,1) – состояние растительности как показателя загрязнения почв (100 м от МРО) и состояние атмосферного воздуха (100 м по направлению ветра от очага дымления).

Каждый из показателей подразделяется на 4 категории опасности для каждой из природных сред, причем в основу ранжирования положены некоторые принятые нормативы, а в их отсутствие – обобщены собственные и литературные данные.

Таблица 9

Критерии оценки опасности мест размещения отходов для природных сред

Среда (ранг опаснос- ти)	Показатель	Коэф-т значи- мости показа теля	Категория опасности показателя			
			Мало- опасная (норма)	Умеренно опасная	Опасная	Чрез-вычай- но опасная
			1	2	3	4
Грунтов ые воды (0,5)	УГВ от дна захоронения, м	0,5	- 10	От –5 до - 2	От –2 до 0	0 и выше
	Минерализация, г/л	0,4	<5	5-20	20-50	>50
	Zc	0,3	3-5	10-50	50-100	>100
	ХПК	0,2	< 10	10 - 50	50 - 100	>100
Почва (0,4)	K _I (подв. формы)	0,5	1	5	25	60
	K _{II} (подв. формы)	0,4	1	10	30	64
	Мощность гумусово- го горизонта, см	0,3	<10	10-25	25-80	>80
	Нефтепр-ты, мг/кг	0,2	500-1000	1000-2000	2000-5000	>5000
Донные отложе- ния (0,3)	K _I (подв. формы)	0,5	1	5	25	60
	K _{II} (подв. формы)	0,4	1	10	30	64
	Zc (подв. формы)	0,3	<10	10-30	30-100	>100
	Смолы, асфальтены, мг/кг сухой массы	0,2	50-100	100-1000	1000-5000	>5000
Поверх- ностные воды (0,2)	Речной сток, куб.м/с	0,5	20-30	10-20	5-10	0,6-5,0
	ИЗВ	0,4	< 1	1-5	5-10	> 10
	O ₂ , мг/л (лето)	0,3	> 8	4-8	1-4	<1
	Азот аммонийный, мг/л	0,2	< 0,1	0,1-1	1-3	> 3
Расти- тель- ность (0,1)	K _I (подв. формы)*	0,5	≤ 1	1-10	10-15	> 15
	K _{II} (подв. формы)	0,4	≤ 1	1-10	10-20	> 20
	Радиус нарушения морфологических признаков, м	0,3	0-5	5-10	10-50	> 50
	Расстояние до границы сельхоз- угодий, 1/г, км ⁻¹	0,2	< 1/3	1/3-1/2	1/2-1/1	> 1
Атмос- ферный воздух (0,1)	Высокотоксичные органические соединения, ПДК	0,5	≤ 1	1-5	5-10	>10
	Оксиды азота и серы, ПДК	0,4	≤ 1	1-10	10-25	>25
	Расстояние до сели- тебной зоны, 1/г, км ⁻¹	0,3	< 1/3	1/3-1/2	1/2-1/1	> 1
	Пыль, ПДК	0,2	≤ 1	1-20	20-50	>50

Примечание. * K_I – коэффициент концентрации для металлов I класса опасности – Pb, Zn, Cd. K_{II} - коэффициент концентрации для металлов II класса опасности – Cu, Ni.

Таким образом формируется матрица критериев оценки опасности МРО для природных сред. Далее матрица используется для расчета индекса опасности МРО (табл. 10).

Таблица 10

Расчет индекса опасности (ИО) мест размещения отходов

Грунтовые воды (ГВ)	$0,5(0,5x + 0,4y + 0,3z + 0,2u)$
Почвы (П)	$0,4(0,5x + 0,4y + 0,3z + 0,2u)$
Донные отложения (ДО)	$0,3(0,5x + 0,4y + 0,3z + 0,2u)$
Поверхностные воды (П)	$0,2(0,5x + 0,4y + 0,3z + 0,2u)$
Растительность и воздух (Р, АВ)	$0,1(0,5x + 0,4y + 0,3z + 0,2u)$
Индекс опасности: $ИО = ГВ + П + ДО + П + Р + АВ$	

Индексы опасности МРО положены в основу характеристики уровня техногенной нагрузки и состояния природных сред в зоне влияния МРО разного класса опасности. Рассчитанные на основе матрицы значения индексов опасности МРО оказались в диапазоне от 2.24 до 8.82, который поделен нами на 4 интервала, соответствующим четырем классам опасности (табл.11).

Таблица 11

Ранжировочная таблица экогеохимической системы критериев оценки опасности мест размещения отходов

Класс опасности	Индекс опасности	Нагрузка МРО на природные среды	Состояние природной среды
1 (малоопасный)	2,24 - 3,92	Слабая	Удовлетворительное
2 (умеренно опасный)	3,92 - 5,60	Умеренная	Неблагоприятное
3 (опасный)	5,60 - 7,28	Сильная	Критическое
4 (чрезвычайно опасный)	7,28 - 8,92	Чрезмерная	Катастрофическое

Индекс опасности, определенный для Тогаевского полигона отходов с применением всего массива многолетних исследований и предлагаемой в данной работе системы, составляет 5,62, что позволяет отнести его к 3 классу опасности для природной среды (сильная техногенная нагрузка), состояние которой характеризуется как критическое.

ВЫВОДЫ

1. В работе на основе полевых и лабораторных исследований дана оценка воздействия ТогПО на природные компоненты (почву, поверхностные, подземные воды, растительность и атмосферный воздух). В качестве критерия степени загрязнения окружающей среды наряду с

нормативными величинами (ПДК, ОДУ и т.п.) использованы значения местного геохимического фона (C_{ϕ}) токсичных элементов (Cu, Cd, Zn, Pb, Ni, Al, Fe, Co, Mn) в почвах, поверхностных водах, донных отложениях, растительности, определенного на основе экспериментальных результатов и литературных данных.

2. Выявлена линейная зависимость коэффициентов концентрации металлов в почвах (сельскохозяйственных угодий и лесного массива) в зоне воздействия ТогПО с их биофильностью (по Перельману), что может указывать на отсутствие заметных нарушений процессов почвообразования в экосистемах как агро-, так и лесного ландшафта, т.е. почвы способны выполнять буферную роль относительно техногенного загрязнения.

3. Пространственный анализ загрязнения исследуемых почв в зоне воздействия ТогПО выявляет техногенную аномалию полиметаллического состава (Cu, Zn, Cd, Pb, Ni). Изучение динамики изменения коэффициентов K_c металлов выявил их сопряженное накопление и изменение активности накопления в следующем ряду: $Cu < Cd < Zn$. Построены карты геохимических аномалий для сопряженной пары металлов Cu-Zn за период 1994-1998 гг., выявлена тенденция к росту площади аномалии.

4. Выявлена протяженность распространения морфологически измененных форм растений, произрастающих в лесном массиве и в сельхозугодьях в зоне воздействия ТогПО. Количественно охарактеризована степень поглощения различных микроэлементов (Cu, Zn, Pb, Ni, Co, Cr, V, Mo, Ag, Mn, Sn, Ti, B, Sn, Be и Sr) различными видами (древесные, кустарниковые и травянистые) и органами растений.

5. Показаны характер и степень негативного влияния ТогПО на качество подземных и поверхностных вод в результате поступления фильтрата в условиях активного бокового стока в р. Ордиушку, подъема уровня грунтовых вод, подтопления тела свалочных масс и отсутствия дренажно-коллекторной системы. Многолетняя динамика качества подземных вод показывает формирование ореола загрязнения в зоне влияния полигона, обусловленное наличием постоянного техногенного потока, о чем свидетельствуют тенденции повышения уровня минерализации, подвижных форм азота, сульфат- и хлорид-ионов. Под влиянием ТогПО повышается содержание органических веществ и нитрат-ионов в речной воде. Свалочные массы являются также носителем патогенной микрофлоры, что способствуют бактериологическому загрязнению природных вод.

6. Показано, что высокотоксичные металлы 1 и 2 класса опасности (Cu, Zn, Pb, Cd), поступая в речные воды, сорбируются взвешенными частицами и поступают в донные отложения, отражая многолетнее загрязнение и накапливаясь в донных отложениях ниже источника загрязнения.

7. Изменение индекса биохимического самоочищения воды р. Ордиушки вниз по течению позволило охарактеризовать пространственное изменение мощности самоочищения: она падает в области прямого

антропогенного воздействия, что согласуется с результатами гидрохимического обследования реки.

8. Приоритетными загрязнителями атмосферного воздуха в зоне влияния полигона являются диоксид серы, диоксид азота, аммиак, фенол и др. Ореол загрязнения вытянут на север и северо-восток, в соответствии с преобладающими направлениями ветров и покрывает значительное расстояние, достигая близлежащих населенных пунктов.

9. Обосновано ранжирование природных сред по степени подверженности их воздействию со стороны полигонов отходов при одновременном действии ряда факторов (геологические, почвенные, биологические, химические, климатические и др.). Разработана методика и система критериев оценки опасности мест размещения отходов для окружающей среды. С использованием предложенной в работе системы Тогаевский полигон отнесен к 3-му классу опасности (опасный), а экологическое состояние при «сильной техногенной нагрузке» охарактеризовано как «критическое».

10. Предложена корректировка программы мониторинга природной в зоне воздействия полигонов отходов для выявления закономерностей динамики показателей состояния и для принятия управленческих решений.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Волкова Е.В. Источники загрязнения малых рек Тукаевского района Республики Татарстан / Е.В. Волкова, А.Х. Хакимова, А.Н. Салиева //География и регион. IV. Гидрология и охрана водных ресурсов. Материалы Международной научно-практической конференции. Пермь, 2002. - С. 58-61.
2. Салиева А.Н. Влияние Тогаевского полигона на формирование техногенной геохимической аномалии тяжелых металлов. IX. / А.Х. Хакимова, А.Н. Салиева, Р.Х. Гареев //География и регион. IX. Природопользование и экологический мониторинг. Материалы Международной научно-практической конференции. Пермь, 2002. - С. 107-110.
3. Салиева А.Н. Основная характеристика и оценка состояния водных ресурсов Прикамского региона / А.Х. Хакимова, А.Н. Салиева, Е.В. Никитина //Материалы Всероссийской конференции «Проблемы жизнеобеспечения больших промышленных городов». Наб.Челны, 2002. – С. 361-363.
4. Салиева А.Н. Принципы комплексного управления отходами (КУО). / М.Н. Мифтахов, Г.В. Маврин, М.П. Соколов, Р.Г. Тимергалеев, А.А. Насыбуллин, А.Н. Салиева, Н.В. Кашеваров //Материалы конференции. «Проблемы жизнеобеспечения больших промышленных городов». Наб.Челны, 2002. – С. 363-366.
5. Салиева А.Н. Экологические проблемы управления промышленными и бытовыми отходами в городе Набережные Челны / А.А. Насыбуллин, А.Н. Салиева //Материалы 3-го Международного симпозиума «Проблемы выживания и экологические механизмы хозяйствования в регионе Прикамья». Наб.Челны, 2002. – С. 110-112.

6. Салиева А.Н. Оценка влияния антропогенной нагрузки на качество вод малых рек города Набережные Челны / А.Х. Хакимова, А.Н. Салиева, А.А. Насыбуллин // Вестник ТО РЭА, 2003. - №3. – С. 55-58.
7. Салиева А.Н. Влияние Тогаевского полигона отходов на состояние сопредельных природных сред. Часть 1. Почвенный покров / А.Х. Хакимова, А.Н. Салиева, А.И. Щеповских // Вестник ТО РЭА, 2003. - № 4. – С. 54-60.
8. Салиева А.Н. Влияние Тогаевского полигона отходов на состояние сопредельных природных сред. Часть 2. Природные воды / А.Х. Хакимова, А.Н. Салиева, К.Н. Малова, В.З. Латыпова // Вестник ТО РЭА, 2003. - № 4. – С. 60-66.
9. Салиева А.Н. О функциональном содержании системы мониторинга окружающей среды / Е.И. Игонин, А.Н. Салиева, А.В. Токарев // III конференция – школа «Химия и инженерная экология». Казань - Чистополь, 2003. – 21с.
10. Салиева А.Н., Латыпова В.З., Токарев А.В., Валеева Г.Р. Оценка влияния антропогенной нагрузки на качество вод малых рек города Набережные Челны / А.Н. Салиева, В.З. Латыпова, А.В. Токарев, Г.Р. Валеева // III конференция – школа «Химия и инженерная экология». Казань - Чистополь, 2003. – 23с.
11. Салиева А.Н. Влияние Тогаевского полигона отходов на состояние сопредельных компонентов природной среды. Часть 3. Растительный покров / А.Х. Хакимова, А.Н. Салиева, А.И. Щеповских, В.З. Латыпова // Вестник ТО РЭА, 2004.- № 2. – С. 60-66.
12. Салиева А.Н. Влияние Тогаевского полигона отходов на состояние сопредельных природных сред. Часть 4. Атмосферный воздух / А.Х. Хакимова, А.Н. Салиева // Вестник ТО РЭА, 2004. - № 2. – С. 71-73.
13. Салиева А.Н. Региональные особенности и проблемы охраны окружающей среды. Прикамский регион / А.Н. Салиева, А.А. Насыбуллин // В кн. «Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Татарстан в 2001г. - Казань, 2002. - С. 289-306.
14. Салиева А.Н. Региональные особенности и проблемы охраны окружающей среды. Прикамский регион / А.Н. Салиева, А.А. Насыбуллин // В кн. «Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Татарстан в 2002г. - Казань, 2003. - С. 257-273.
15. Салиева А.Н. Региональные особенности и проблемы охраны окружающей среды. Прикамский регион / А.Н. Салиева, А.А. Насыбуллин // В кн. «Государственный доклад о состоянии природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Татарстан в 2003г. - Казань, 2004. - С. 257-273.
16. Салиева А.Н. Влияние Тогаевского полигона отходов на состояние сопредельных компонентов природной среды / А.Н. Салиева // «III конференция – школа Химия и инженерная экология». Казань – Наб. Челны, 2004. – 19с.

Таблица 4

Средняя концентрация загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в 50 м от полигона, в долях от среднесуточных значений ПДК_{с/с}

Год	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
SO ₂	1,96	5,84	4,02	2,06	6,82	2,8	1,78	3,56	3,38	4,72	2,04
NH ₃	1,7	1,47	0,92	1,32	3,72	1,62	1,2	1,17	2,97	3,07	0,27
NO ₂	0,87	0	1,55	1,05	5,05	1,17	1,05	1,17	0,47	2,62	0,70
Фенол	0,45	0,75	0,76	0,52	0,18	0,77	0,79	0,77	0,48	0,23	0,53

Таблица 5

Среднемноголетнее сезонное содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе вблизи полигона (относительно ПДК_{с/с}) за период 1993-2003 гг.

Сезон года	SO ₂	NH ₃	NO ₂	Фенол	n ^{**}
Осень	2,18	0,30	0,65	0,60	21
Зима	2,83	1,12	1,12	0,80	27
Весна	3,06	2,62	1,23	0,53	24
Лето	4,88	2,09	1,87	0,55	45

Примечание. * n - количество измерений.