

*На правах рукописи*

САМБУУ ГАНТОМОР

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА  
УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ НА ОСНОВЕ  
ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО ПОДХОДА  
(на примере г. Улан-Батора)**

25.00.36 – геоэкология (науки о Земле)

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Хабаровск – 2013

Работа выполнена на кафедре обогащения полезных ископаемых и инженерной экологии Института недропользования ФГБОУ ВПО «Иркутский государственный технический университет»

- Научный руководитель** доктор химических наук, профессор,  
**Сарапулова Галина Ибрагимовна**
- Официальные оппоненты** **Семенов Юрий Михайлович**  
доктор географических наук, профессор,  
Институт географии им. В.Б.Сочавы  
СО РАН, заведующий лабораторией
- Нарбут Нина Анатольевна**  
кандидат биологических наук,  
старший научный сотрудник,  
Институт водных и экологических  
проблем ДВО РАН
- Ведущая организация** Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Тихоокеанский государственный  
университет» (г. Хабаровск).

Защита диссертации состоится «26» декабря 2013 г. в 10.00 часов на заседании диссертационного совета Д 005.019.01 на базе Института водных и экологических проблем ДВО РАН по адресу:  
680000, г. Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65.

Факс: (4212) 32–57–55, E-mail: [ivep@ivep.as.khb.ru](mailto:ivep@ivep.as.khb.ru)

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Института водных и экологических проблем ДВО РАН.

Автореферат разослан «\_\_\_» ..... 2013 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета,  
доктор биологических наук

Н.А. Рябинин

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность исследования.** Прогрессирующая урбанизация территории города Улан-Батора и ухудшение экологического состояния привело к сильному загрязнению почв нефтепродуктами (НП) и тяжелыми металлами (ТМ). Городские почвы являются депонирующей, отражают процессы нарушения геохимических циклов, влияют на структуру техногенных геохимических аномалий в антропогенных ландшафтах и служат индикаторами геоэкологического состояния территории. Изучение закономерностей аккумуляции и миграции ТМ при загрязнении почв НП, выявление латерального и внутрипрофильного их распределения, получение доказательств взаимообусловленности их влияния на формирование геохимических барьеров составляют научный аспект настоящих исследований. Необходимость постановки задач и получение критериев состояния антропогеннонарушенных почв обусловлена также развивающейся природоохранной политикой Монголии, направленной на сохранение природных геосистем в условиях усиливающегося техногенеза и урбанизации (Госдоклад Минприроды Монголии, 2008).

**Степень разработанности.** Город Улан-Батор характеризуется высокой концентрацией промышленного сектора, инженерных сооружений, интенсивной застройкой, хаотичным размещением юртового сектора, сети АЗС и автомагистралей. Это обусловило проведение ряда геохимических исследований, что позволило выявить зоны загрязнения поверхностного почвенного покрова тяжелыми металлами (например, Касимов Н.С., Кошелева Н.Е, 2011). Однако внутрипрофильное (радиальное) и поверхностное (латеральное) распределение ТМ в условиях многокомпонентного загрязнения территории, особенно при наличии в почвах НП, не изучено. Исследование миграционных процессов с вовлечением НП и ТМ, изучение особенностей взаимного влияния на их распределение в почве, формирование геохимических барьеров и техногенных аномалий, остается проблемным научным резервом для исследования урбанизированных геосистем.

**Цель** исследования – геоэкологическая оценка урбанизированной территории г. Улан-Батора при многокомпонентном загрязнении почвогрунтов, выявление особенности аккумуляции, профильной дифференциации и миграции ТМ, НП в урбаноземах на основе ландшафтно-геохимического подхода.

### **Основные задачи.**

1. Получение физико-химических, морфологических и эколого-геохимических параметров почв г. Улан-Батора в зоне влияния техногенных объектов: АЗС, нефтебазы, автомагистрали, ТЭЦ, а также центральной части города и юртовой зоны.
2. Выявление эмпирических зависимостей, описывающих распределение НП, ТМ от буферных свойств почв – рН, N, C<sub>орг</sub> и засоления.
3. Изучение пространственной и внутрипрофильной миграции НП и ТМ в почве, взаимообусловленности их влияния на формирование геохимических барьеров и техногенных аномалий.
4. Получение тематических ландшафтных карт на основе ГИС для выявления локальных зон загрязнения НП, ТМ территории города.

5. Моделирование на основе Surfer 8 с целью изучения динамического распределения НП и химических элементов в городских почвах.

**Научная новизна.** Полученные результаты выявляют новые особенности динамического поведения НП и ТМ при загрязнении почв НП в условиях урбанизации. Показано, что в городских ландшафтах происходят значительные геохимические нарушения буферных свойств почвы, формируется новая экогеохимическая обстановка с образованием техногенных зон с аномальным внутрипрофильным распределением химических загрязнителей с аккумуляцией ТМ (вторичное загрязнение).

**Теоретическая значимость.** Изучение трансформации свойств урбанизированной почвы, как центрального буферного звена наземных экосистем, актуально с позиции выявления механизмов, обеспечивающих поддержание гомеостаза биосферы. В связи с этим полученные в работе критерии нарушения свойств городских почв при многокомпонентном загрязнении на основе ландшафтно-геохимического подхода важны для дальнейшей разработки методологии экодиагностики антропогенных ландшафтов.

**Практическая значимость** обусловлена включением результатов исследования в систему геоэкологического мониторинга и кадастровую оценку земель г.Улан-Батора. Полученные данные могут служить обоснованием для корректировки потоков автотранспорта, размещения сети новых АЗС и изменения подходов в городском управлении размещения юртовой части на территории города.

**Методология исследования** базировалась на теоретических основах почвоведения и геохимии ландшафта Виноградова А.П., Добровольского Г.В., Ковальского В.В., Ковды В.А., Полюнова Б.Б., Прасолова Л. И., Соколова И. А., Карпачевского Л.О., Глазовской М.А., Перельмана А.И., Солнцева В.Н., Касимова Н.С., Саета Ю. Е., Голдовской Л.Ф., Орлова Д.С. Изучение почв проводилось с учетом подходов исследования геосистем в антропогенно нарушенных условиях, проводимых Институтом географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, МГУ им. М. В. Ломоносова, а также исследованиям БИП СО РАН. Необходимость проведения геоэкологических исследований на нарушенных землях также следует из постановки проблемы Института Геоэкологии АН Монголии – Ж. Цогтбаатар, Д. Одонцэцэг, М. Эрдэнэбат.

**Идея работы.** На основании экогеохимической оценки почв взаимообусловленность пространственной и внутрипрофильной почвенной миграции НП и ТМ, показать и обосновать формирование техногенных геохимических барьеров и образование латеральных модулей загрязнения в ландшафтах города Улан-Батора.

**Объекты исследования** – почвы города в зоне трех АЗС, ТЭЦ, автомагистрали, промышленных объектов, центра города, отобранных по широтно-долготной сетке с глубины 0-5, 5-10 и 30 см до зоны корнеобитания в течение 4 лет с учетом поправки на запакованность почв.

Для решения задач использовались физико-химические методы анализа, IT - пакет программ статистики в EXCEL, ГИС, SURFER 8, ArcView 3.2, MapInfo, полевые обследования территории, анализы почв более 200 образцов, 1500

определений. Определение ТМ проводилось на атомно-абсорбционном спектрометре Perkin Elmer–5000 в институте физики и технологии АН Монголии. НП определены гравиметрически и спектрально. Оценка засоления и химизма почв проведена на основе водной вытяжки. Органический углерод  $C_{орг}$  и  $N_{общ}$  по Тюрину определены в институте СИФИБР СО РАН г. Иркутск.

#### **Положения, выносимые на защиту.**

1. Загрязнение почв г. Улан-Батора НП в анализируемых районах является определяющим геохимическим фактором, регулирующим пространственное и внутрипрофильное распределение ТМ и формирование геохимических барьеров с аккумуляцией металлов.

2. Получены диагностические признаки, подтверждающие существенные изменения буферных свойств урбанизированной почвы (карбонизированный характер, высокая щелочность, низкое содержание гумуса, высокую емкость поглощения катионов, ухудшение азотного режима, засоление), что обуславливает высокую аккумуляционную способность к химическому загрязнению.

3. Тематические ландшафтные моноэлементные карты распространения НП, ТМ на основе ГИС выявляют зоны загрязнения города в привязке к техногенным объектам. В зоне АЗС формируются локальные техногенные модули загрязнения НП, приводящие к вторичному загрязнению почв ТМ.

#### **Степень достоверности и апробация результатов.**

Достоверность результатов подтверждена использованием методов классической геохимии и геоэкологии; построением оптимальной схемы физико-химического опробования почв; использованием гостированных аналитических методик; проверкой результатов в аттестованных лабораториях; применением методов статистического анализа, моделирования и ГИС; апробацией результатов на научных конференциях.

**Личный вклад автора заключался** в непосредственном участии при проведении полевых и лабораторных исследований, обработке результатов, построении ландшафтных тематических карт загрязнения территории. Работа выполнена на материалах исследований в период 2007-2012 гг.

Результаты работы были доложены на международных симпозиумах и конференциях: “Проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Монголии” (Улан-Батор, 2009 г.); “Актуальные проблемы нефтегазовой отрасли Монголии и пути их решения” (Улан-Батор, 2007, 2009-2010 гг.); “Динамика геосистем и оптимизация природопользования” (Иркутск, 2010 г.); “Перспективы развития техноло-гии, экологии и автоматизации химических пищевых и металлургических производств” (Иркутск, 2009-2011 гг.); “Безопасность-2010” (Иркутск, 2010 г.); “Устойчивое развитие горных территорий в условиях глобальных изменений” (Владикавказ, 2010 г.); “Экология арктических и приарктических территорий” (Архангельск, 2010 г.); “Студенчество в науке – инновационный потенциал будущего” (Набережные Челны, 2010 г.); “Научные основы и современные процессы комплексной переработки труднообогатимого минерального сырья” (Казань, 2010 г.); “Наука и образование” (Кемерово, 2010 г.); “Разнообразие почв и биоты северной и центральной Азии” (Улан-Удэ, 2011 г.).

По теме диссертации опубликовано 20 работ, в т.ч. по списку ВАК – 3 статьи, в международных и российских рецензируемых изданиях – 7, в Материалах конференций и сборниках докладов – 10.

**Структура диссертации:** 4 главы, 196 стр. текста, 16 таблиц, 92 рисунков и карт, 221 библиографии.

**Благодарности.** Глубокую признательность и благодарность выражаю научному руководителю – д.х.н., профессору кафедры обогащения полезных ископаемых и инженерной экологии НИ ИрГТУ Сарапуловой Галине Ибрагимовне, а также к.х.н., доценту ИГУ Салаурову Валерию Николаевичу за помощь в моделировании и полезные советы.

Благодарю кафедру обогащения полезных ископаемых и инженерной экологии НИ ИрГТУ за доброжелательное сопровождение исследований, ценные советы и замечания.

## **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во **Ведении** обоснована актуальность темы, сформулированы цели и задачи, охарактеризованы объект и предмет, методология и методы исследования, научная новизна и практическая значимость работы.

### **Глава I. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ (обзор литературы)**

В первой главе представлен анализ геоэкологических методов исследования, современных подходов геохимической оценки урбанизированных территорий, рассмотрены основные результаты и публикации ведущих ученых в области геохимии ландшафтов и геоэкологии, проанализированы приемы статистики, методы моделирования, картографирования и использования ГИС технологий для изучения природных и техногенно-трансформированных геосистем.

Основоположниками геохимического метода являются В. И. Вернадский, Б. Б. Польшов, А. Е. Ферсман. Геохимическая оценка территории базируется на данных эколого-геохимических исследований, направленных на выявление источников загрязнения, путей миграции загрязняющих веществ (исследования МГУ им. М.В. Ломоносова, ин-та Географии СО РАН, БИП СО РАН и др.). Далее в главе обосновано экологическое значение почв в условиях урбанизации. Особое внимание уделено проблемам диагностики и нормирования тяжелых металлов и нефтезагрязнений.

Формирование техногенных ландшафтов сопровождается возникновением геохимических аномалий. Эти вопросы изучаются на основе экодиагностики, которая направлена на выявление и изучение признаков, характеризующих современное и ожидаемое состояние экосистем. В главе также рассмотрены исследования антропогенной трансформации почв, включая ее основные геохимические и экологические характеристики. Оценивать степень загрязнения почв, особенно на урбанизированной территории, необходимо с учетом конкретного сочетания поликомпонентности состава загрязнителей; структуры почвенной экосистемы; многообразия и изменчивости внешних факторов

воздействия. Значение ПДК нефтепродуктов в почве в настоящее время не установлено. Значения фоновых концентраций НП изменяются также в широких пределах. Количественный подход к нормированию НП в разных странах зависит от характера региональной загрязненности среды, так и от эколого-географических условий и экологических требований в каждом случае. Программа геоэкологического картирования России рекомендовала следующие критерии нормирования НП в почвах: допустимые уровни до 50 мг/кг; умеренно опасные и опасные от 50 до 1000 мг/кг; чрезвычайно опасные выше 1000 мг/кг. Однако проблема экодиагностики и нормирования содержания НП в почвах, несмотря на неизменную актуальность, все еще далека от оптимального разрешения.

Изучение техногенного загрязнения ТМ окружающей среды городов не менее важная проблема. Однако, распределение концентраций химических элементов в геосистемах – это сложная функция многих переменных. Анализ литературы показал, что в разных странах нет единого подхода к разработке нормативных показателей содержания тяжелых металлов в почвах, а существующие нормативы (ПДК, ОДК, токсичные концентрации и др.) слабо обоснованы, часто не отражают действительной роли конкретных элементов в динамичных условиях при техногенезе. Наличие в почвенном слое НП может существенным образом отражаться на миграционных особенностях ТМ.

При рассмотрении вопросов, связанных с миграцией и аккумуляцией тяжелых металлов в почвенном покрове ландшафтов, вводится понятие "геохимический барьер" (А. И. Перельман). Геохимические барьеры часто приурочены к границам горизонтов почв и коры выветривания, возникают при субвертикальном (сверху вниз и снизу вверх) движении растворов (радиальные барьеры), а также к границам между разностями почв при боковой миграции веществ (латеральные барьеры). Концентрирование химических элементов на геохимических барьерах связано с окислительно-восстановительной и кислотно-щелочной зональностью и, как следствие, с зональным типом почв. Именно поэтому для почв разных природно-климатических зон характерны разные геохимические барьеры либо их определенное сочетание. Обобщение литературных данных свидетельствуют об активном и многоаспектном развитии геохимии ТМ как в России, так и за рубежом. Роль техногенной миграции химических элементов заслуживает особого внимания. Развитие представлений о геохимических барьерах весьма важно для понимания процессов миграции, аккумуляции химических элементов в почвах.

Обзор литературных данных по геоэкологическим исследованиям техногенно- измененных геосистем свидетельствует о необходимости дальнейшей разработки и совершенствовании комплексного подхода экогеохимической индикации состояния городских почвогрунтов.

Наряду с проведенными в последние годы экогеохимическими исследованиями территории г.Улан–Батора, в частности почв, все же полного представления о масштабах распространения химических элементов, в том числе ТМ и НП, с учетом их внутривертикальной миграции, не имеется. Таким образом, представленные в главе методы и подходы геоэкологических исследований, выявили некоторые пробелы в изучении миграционных свойств ТМ и НП. Это

позволило научно и методологически обосновать проведение настоящих исследований с учетом опыта отечественных и зарубежных работ. Особое внимание было уделено почвам в зонах влияния АЗС, нефтебаз, расположенных среди городских кварталов, с целью исследования взаимообусловленности распространения НМ и ТМ в почвенном слое и получения новых эмпирических зависимостей, расширяющих представление о геохимии урбанизированных ландшафтов.

## **Глава II. ФИЗИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕРРИТОРИИ**

Анализ физико-географической особенности территории г. Улан-Батора свидетельствует о специфическом линейном расположении столицы Монголии. В состав города входит часть предгорья Хэнтэй, поднимающиеся на высоту до 2181 м и окаймляющие город с севера и востока, а также, отделенный от этого хребта долиной р. Туул, горный массив Богд Хаан-Уул (2268 м), представляющий собой южное окаймление города. Координаты города 106<sup>0</sup>55 в.д. и 47<sup>0</sup>55 с.ш. Общая площадь территории г. Улан-Батора составляет 4856 км<sup>2</sup>.

Рельеф города характеризуется сочетанием крутых, асимметричных склонов и плоских округлых вершин. Аллювиальные отложения подстилаются породами третично-мелового возраста и среднего палеозоя.

Распространенной литологической разностью являются гравийно-галечниковые грунты с песчаным заполнителем на глубинах 0,20–40 м от дневной поверхности. Почва имеет песчаный механический состав, структура почвы – аллювий и солончаковый аллювий озер. Основу почвенного покрова составляют различные варианты мучнисто-карбонатных или бескарбонатных каштановых почв с малым содержанием гумуса. По территории города протекает р.Туул, с притоками Улиастай и Сэлбэ, протяженностью русла в г. Улан-Баторе 35 км. Глубина воды в реке в межень колеблется: на перекатах от 0-2 до 0,5 м, на плесах от 1,0 до 1,5 м. Скорость течения в межень –0,5-0,7, в паводок– 2,5-3,0 м/сек .

Климат г. Улан-Батора находится в сфере влияния западного переноса с циклоническими и антициклоническими процессами, с жарким летом и холодной зимой. Максимальная величина годовой амплитуды температуры составляет 43.8°. Максимум осадков приходится на июль-август, минимум – на декабрь-январь. Максимум солнечной радиации приходится на июнь-июль. По ботанико-географическому районированию территория г. Улан-Батора относится к Евразийской степной области, Дауро-Монгольской подобласти. Наблюдается мозаичность пространственной структуры скудной растительности. Леса из *Larix sibirica* тяготеют к верхним частям склонов сопки северной экспозиции города. В главе последовательно дается анализ состояния атмосферного воздуха, почвы, поверхностной и подземной воды. Хаотичное размещение юртовой части, наращивание сети АЗС, концентрация промышленности, ландшафтные особенности в сочетании с метеорологическими факторами и высоким уровнем урбанизации способствуют обострению экологических проблем в г.Улан-Баторе. Это обуславливает неослабевающий интерес к изучению экогеохимической обстановки города и особенно почв, являющихся индикаторами геохимического



состояния. Налицо большой научный резерв для исследования особенностей латерального и радиального распределения загрязняющих веществ в геохимических ландшафтах в условиях урбанизации с целью полноты геоэкологической оценки и дальнейшего выявления механизма нарушения буферности почв.

### Глава III. ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для участков города, включенных в единую топографическую сеть с нанесенными точками пробоотбора, проведены полевые работы и физико-химических анализы. Было охвачено 30 участков города. Наибольший интерес представляло исследовать геохимическое состояние почв в зоне АЗС с целью выявления латеральных и радиальных миграционных потоков ТМ при загрязнении НП. Отбор образцов проводился по широтно-долготной сетке с глубины 0-5, 5-10 и 30-40 см до зоны корнеобитания в течение 4 лет с учетом поправки на запакованность почв. Изучены три наиболее типичных почвенных разреза, морфологические и физико-химические параметры. Содержания ТМ Cu, Cd, Ni, Pb, Zn, Hg, а так же As определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии в соответствии с методикой ISO/TC190/SC3/WG1 на приборе Perkin Elmer-5000. Содержания НП определялись спектральным методом, значения рН – потенциометрически. Органический углерод и N<sub>общ</sub> определяли по Тюрину в институте СИФИБР СО РАН г. Иркутск. Солесодержание и химизм почв исследованы для водной вытяжки образцов. Полученные результаты обрабатывались с помощью программ STATISTICA в EXCEL, моноэлементные карты распространения НП и ТМ получены с использованием MapInfo, компьютерные модели на основе Surfer 8.

### Глава IV. ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ г. УЛАН-БАТОРА НА ОСНОВЕ ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Для оценки физико-химических свойств почвенного покрова на урбанизированной территории были выбраны три наиболее типичных разреза (R-01, R-02, R-03) до глубины 100 см, проведено морфологическое описание почв, получены химические характеристики (таблица 1).

Таблица 1.

Химические свойства почвогрунтов обследованных разрезов

профиль	Глубина, см	Гумус, %	рН H <sub>2</sub> O	абсорбированные			подвижные		Карбонатный CO <sub>2</sub> , %
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	сумма	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	
				мг-экв/100 г			мг/100 г		
R-01	5-10	7,10	8,4	12,5	19,7	32,2	10,8	97,1	0,544
	10-25	4,60	8,3	27,3	4,2	31,5	6,5	52,5	0,096
	25-45	1,30	8,0	8,9	5,8	14,7	3,2	5,6	0,100
R-05	1-4	2,00	7,3	14,4	5,6	20,0	3,5	38,0	0,328
	4-20	1,70	7,4	4,0	6,0	10,0	15,0	2,0	0,064
	20-37	0,50	7,0	8,7	0,7	9,4	10,8	1,2	0,124
R-06	0-4	4,22	7,1	18,4	7,8	26,2	12,4	184,0	0,450
	4-20	2,17	6,7	12,6	7,3	19,9	26,8	30,0	-

Выявлено, что почвенный (плодородный) слой слабо развит, горизонты не отличаются разнообразием, гумусовый горизонт не превышает 4 см. Почвогрунты квалифицированы как слаборазвитые урбаноземы с разной степенью нарушенности. Регистрируется отсутствие генетического почвенного слоя А+В, горизонты насыпные, сильно уплотнены, с резкими переходами и выраженной границей между слоями, что подтверждает их искусственное происхождение. С глубиной содержание гумуса быстро падает до 1.3 %, повышенные содержания карбонатов до 0.544 % определяют щелочной характер почвогрунтов. Емкость поглощения (сумма обменных катионов) достигает 33.2 мг–экв/на 100 г почвы (для чистых дерново-подзолистых почв 10-15 мг–экв/на 100 г почвы). Разница между значениями  $pH_{\text{вод}}$  и  $pH_{\text{сол}}$  до 5-1 подтверждает образование в поверхностном слое почвы активного обменного комплекса. Это обуславливает высокие сорбционные свойства урбаноземов по отношению к ТМ, а также общее снижение их устойчивости к химическому загрязнению.

Анализ комплекса геохимических параметров почвогрунтов в разных районах города позволил выявить специфику распространения ТМ, НП и выявить зоны их наибольшей локализации с помощью ГИС технологий. Получены тематические ландшафтные моноэлементные карты распределения ТМ, НП, а также рН и органического вещества на территории г. Улан-Батора (25 карт). Особенно выделяются ореолы распространения для Cd, Zn, Ni, Pb и As, позволяющие привязать зоны загрязнения к техногенным объектам (например, рис.1. и рис.2 ).

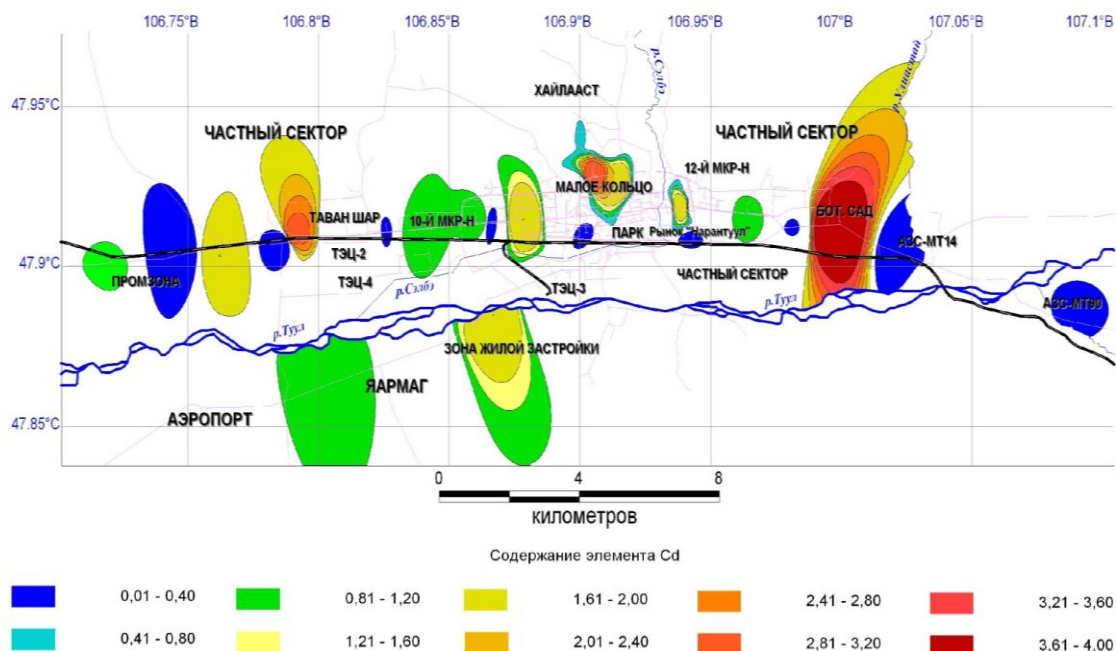


Рис. 1. Распределение Cd (мг/кг) на территории г. Улан-Батора

Так, повышенные концентрации химических элементов зарегистрированы вдоль автодороги для центральной части с плотной застройкой, в селитебной, промышленной и юртовой зонах, частном секторе, Малое кольцо. Содержания Zn

в почвах в среднем приближаются к ПДК, а концентрации As превосходят таковые более, чем в 2 раза, практически, для всех участков автодороги, проходящей внутри города.

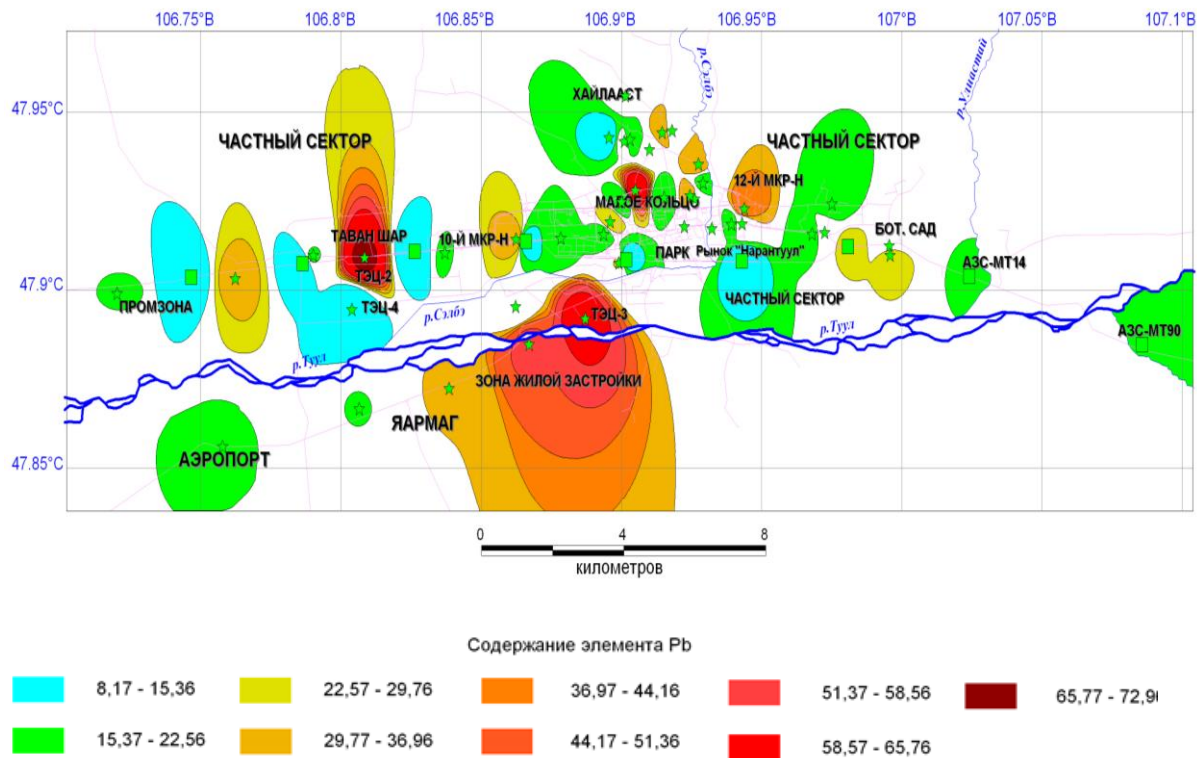


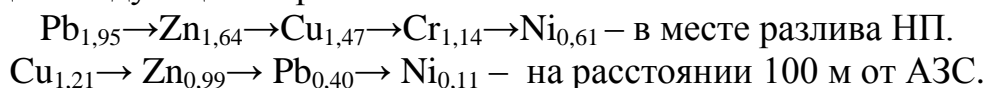
Рис. 2. Распределение Pb (мг/кг) на территории г. Улан-Батора

Следует подчеркнуть, что в зоне ТЭЦ, в частном секторе, в юртовой части, в 12-м микрорайоне выявлены отдельные участки с содержанием Cu в почвогрунтах до 36.6, Ni до 34, НП до 270, Hg до 4-5 мг/кг. Локальные места загрязнения Cd особенно наглядны в районе Ботанического сада, рынка Нарантуул, Юртовой части, Малого кольца. Зоны с наиболее значимыми содержаниями ТМ также тяготеют к стихийным свалкам мусора, гаражам, автопредприятиям, стоянкам автомашин, бывшим территориям грязных производств и заводов. Распространение ТМ ориентированы в меридиональном направлении, что определяются, ландшафтными условиями, а также метеорологическими факторами (аэротехногенные выпадения).

В столице Монголии и регионах работают около 300 АЗС, более 20 топливных складов и нефтебаз, в г. Улан-Баторе сосредоточено 186 АЗС. Сфера нефтепродуктообеспечения хаотично и быстро развивается, что способствует деградации почвенных экосистем города. Отсутствие системы экологического контроля почв создает опасность первичного и вторичного загрязнения объектов окружающей среды. Было выявлено повышенное содержание НП от 0.36-0.80 г/кг почвы и более, практически вдоль всей центральной автомагистрали, а также для частного сектора, ТЭЦ и промзоны. Но особенно выделяются зоны влияния АЗС и нефтебаз.

Анализ работы АЗС выявил, что количество проливов у топливораздаточных колонок и на площадке слива топлива остается высоким: до

100 г на 1 т бензина и 50 г на 1 т дизельного топлива. Поверхностный водный сток содержит: НП до 28,7; хлоридов - до 109; сульфатов - до 17; свинца - до 0,005, меди - до 0,05, цинка - до 0,08 мг/л. В условиях многофакторного воздействия на почвы и многокомпонентного загрязнения экологическая опасность территории возрастает. Так, результаты химического обследования почвогрунтов в зоне АЗС свидетельствуют о существенном превышении содержаний ТМ относительно ПДК в верхнем слое почвы. При этом, накопительный ассоциативный ряд для ТМ выглядит следующим образом:



Полученные результаты свидетельствуют об образовании локального модуля загрязнения ТМ в центре г. Улан-Батора.

В зоне нефтебазы Толгойт, где часто фиксируются протечки НП, концентрации НП составляют от 800 до 1200-1500 мг/кг почвы. Содержание паров НП около резервуаров в 6,7-6,6 раза больше максимального допустимого уровня. Выявлены размеры зоны распространения НП, что составляет по площади около 200 x 1200 м с толщиной сильно загрязненного слоя 10 – 15 см. Это означает образование еще одного техногенного модуля на территории г. Улан-Батора.

На примере трех АЗС изучены особенности пространственной и внутрипрофильной дифференциации НП, а также особенности миграции ТМ в условиях нефтепродуктового загрязнения. Выявлен устойчивый рост концентраций НП с глубиной профиля до 30 см по всем трансектам, а также повышение концентраций ТМ (рис. 3). Этот эффект наиболее выражен на расстоянии 100 м от АЗС, где содержание НП возрастает до 800 мг/кг. Показано, что направление миграционного потока НП подчиняется катенарному принципу. Причем в сторону ландшафтного уклона к р.Туул этот эффект наиболее выражен. На расстоянии более 250 м от АЗС этот эффект ослабевает, происходит рассеивание НП. Карты распространения НП (рис.4) выявляют их вынос из почвенного профиля в сторону р.Туул.

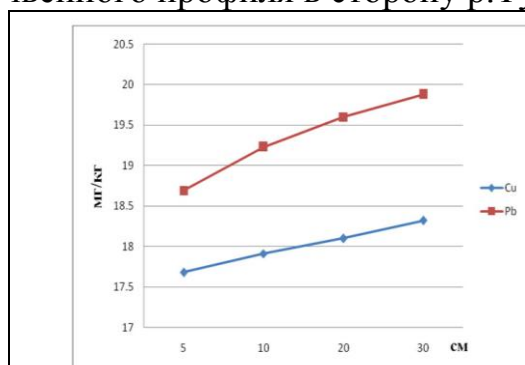


Рис. 3. Распределение Cu и Pb по профилю почвогрунтов в зоне АЗС

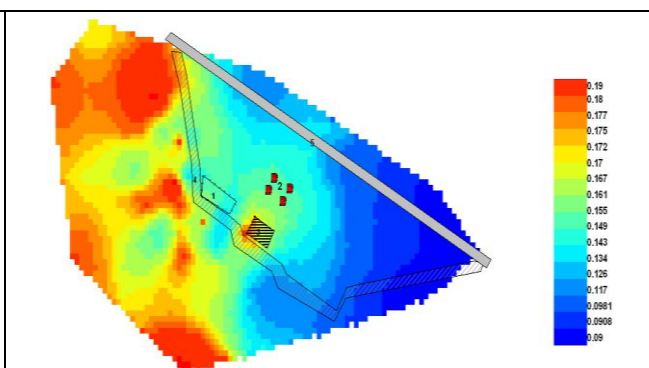
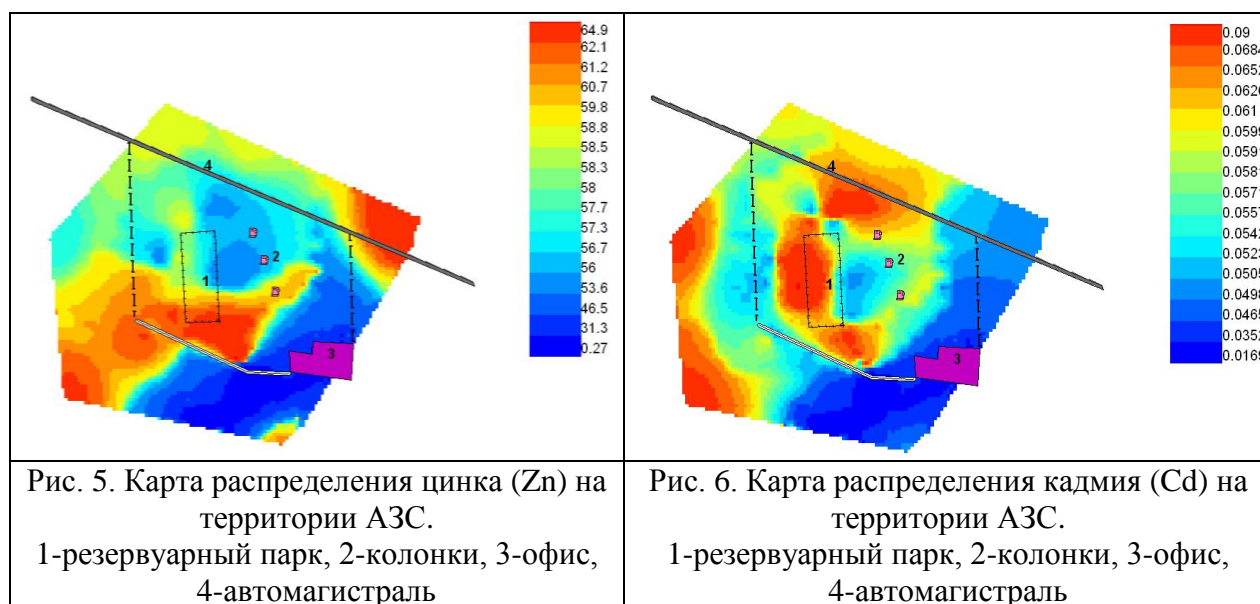


Рис. 4. Распространение НП в зоне АЗС  
Шкала маркирована в мг/кг.  
1-резервуары, 2-бензоколонки, 3-офис,  
4-откос, 5-автомагистраль

Факты динамического поведения НП и ТМ, во-первых, подтверждает техногенный характер их поступления в почву, во-вторых, возможность формирования геохимических барьеров в виде НП с локализацией на них ТМ, а

также об образовании локальных техногенных модулей загрязнения на территории г. Улан-Батора (рис. 5,6).



Ассоциативный геохимический ряд элементов в зоне АЗС на расстоянии до 100 м выглядит следующим образом:



Эколого-геохимический анализ почв также обнаружил ухудшение их азотного режима – содержание N не превышает 0.065–0.115%, соотношение C/N повышено до 25-50 (для естественных чистых почв оно не более 10), щелочность повышена – рН 9-10 ед. В совокупности с высоким карбонизированным характером ( $\text{CO}_2=0.54\%$ ) урбаноземов, низким содержанием гумуса 1.3%, повышенной емкостью поглощения катионов до 33.2 мг-экв/на 100 г, эти данные являются признаками техногенной трансформации природных свойств почвы, что не обеспечивает ее защитные буферные свойства.

Проведен сравнительный анализ статистического распределения анализируемого ряда ТМ от рН почвенного слоя. Обнаружен антибатный характер трендов в зависимости от рН почв для отдельных химических элементов, например, для As, Cu, Cd, Hg (рис. 7 и 8).

Это свидетельствует о различной индивидуальной чувствительности (подвижности) ТМ к изменению кислотности среды даже в небольшом диапазоне. Полученные результаты имеют научное значение для выявления геохимических особенностей ТМ, но также практическую значимость, поскольку позволяют подбирать конкретные условия для ремедиации почв в соответствии с динамическими свойствами металлов.



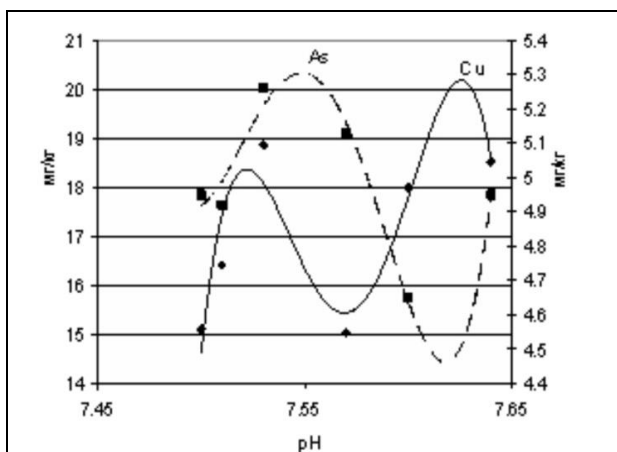


Рис. 7. Динамика содержания As и Cu в почве в зависимости от pH

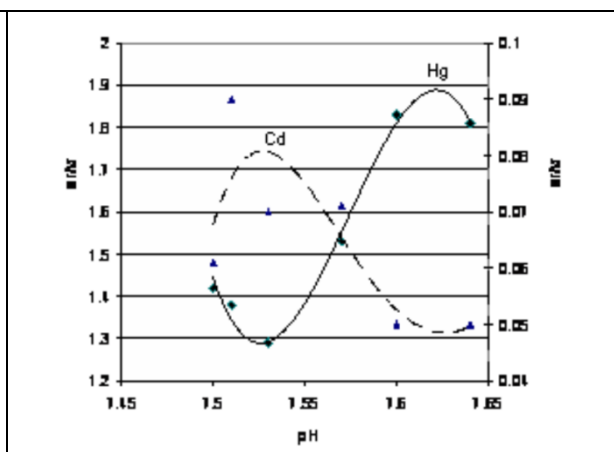


Рис. 8. Динамика содержания Cd и Hg в почве в зависимости от pH

Для бесструктурных сложений городских почвогрунтов г. Улан-Батора изучен солевой состав. Величина  $Cl^-/SO_4^{2-}$  (показатель солонцеватых горизонтов) изменяется от 1 до 4.33, что характеризует состояние почвы как засоленную по типу сульфатно-хлоридного. Выявлено, что в зоне наибольшего загрязнения почвогрунтов НП наблюдается накопление легкорастворимых солей до глубины 15-20 см. Содержание ионов  $Cl^-$  в водной вытяжке почв достигает 0.25-0.34, что находится на границе показателя токсичности для большинства растений.

Полученная картина химизма почв, рассчитанные значения сумм токсичных солей Стокс (%), наличие легкорастворимых солей позволили оценить процесс засоления почв в зоне загрязнения НП. Для оценки воздействия Na на почву рассчитан показатель SAR (комплексный показатель солонцового процесса), получена зависимость осолонцевания от содержания НП в почвенном слое (рис.9). Накопление легкорастворимых солей в верхней части профиля почв также квалифицировано как развитие солончакового процесса при нефтепродуктовом загрязнении (рис. 10.).

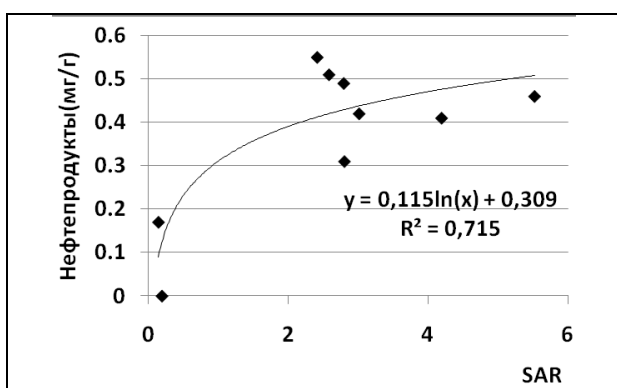


Рис. 9. Зависимость показателя SAR от содержания НП в почвогрунтах

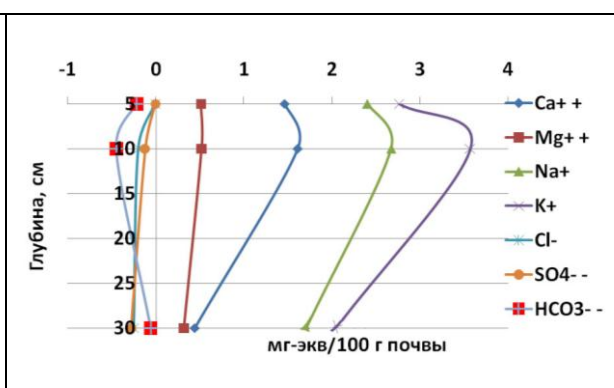


Рис. 10. Картина засоления почв при загрязнении НП

Выявленный факт сопутствия засоления почв нефтепродуктовому загрязнению может привести к необратимым геохимическим изменениям почвенных геосистем в урбанизированных ландшафтах.

Впервые получены компьютерные модели, позволяющие определять динамическое поведение НП и ТМ в зависимости от содержания органического углерода  $C_{орг}$  и рН в урбанизированных почвах (на основе Surfer 8). (рис 11,12). Для пар металлов Ni–Zn, Cu–Pb четко регистрируются два противоположно или равнонаправленных экстремума, что можно использовать в практических целях для подбора условий рекультивации почв.

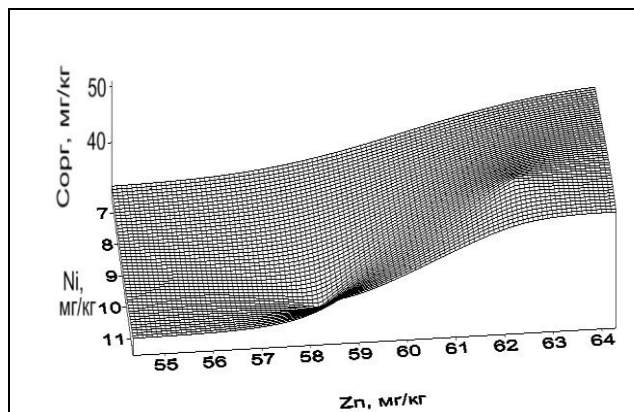


Рис. 11. Модель распределения Ni-Zn- $C_{орг}$

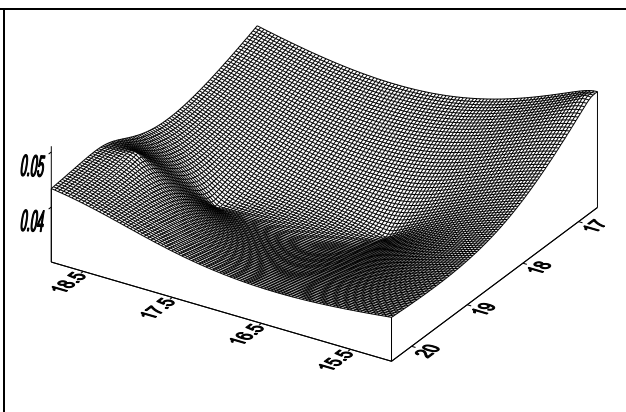


Рис. 12. Модель распределения Cu-Pb- $C_{орг}$

Кроме того, анализ ассоциаций химических элементов в почвах обнаружил несколько локальных областей их распределения (кластеры) с высоким уровнем агрегации. Это позволяет выявить факторы, которые группируют данные параметры в кластеры. Одним из регулирующих факторов является рН почвы и органический углерод.

Таким образом, на основе геоэкологических исследований территории г. Улан-Батора, приемов экодиагностики, методов моделирования и ГИС-технологий получены новые геохимические закономерности динамического поведения ТМ в почвах, что позволяет выявить картину их поверхностного и внутрипрофильного распределения при загрязнении НП.

Научная значимость результатов работы в том, что они расширяют представления о механизме нарушения устойчивости урбанизированных почв к химическому загрязнению, а предпринятые подходы к изучению процессов трансформации их буферных свойств вносят вклад в методологию экодиагностики городских территорий.

## ВЫВОДЫ

Исследования показали, что почвы г. Улан–Батора являются результатом прогрессирующей урбанизации, их свойства подвержены техногенной трансформации, в городских ландшафтах происходят значительные геохимические нарушения, формируется новая экогеохимическая обстановка с образованием техногенных зон.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы:

1. Выявлены особенности динамического поведения ТМ при загрязнении почв НП в условиях урбанизации на основе физико-химических, морфологических и эколого-геохимических параметров почв г. Улан-Батора.
2. Показано, что в городских ландшафтах происходят значительные нарушения буферных свойств почвы ( $pH$ ,  $N_{\text{общ}}$ ,  $C_{\text{орг}}$ ), формируется новая экогеохимическая обстановка с образованием техногенных зон с аномальным внутрипрофильным распределением НП в почвах с аккумуляцией их на глубине до 30 см. Это создает геохимический барьер для аккумуляции ТМ и формирует вторичное загрязнение территорий.
3. Определены критерии трансформации свойств почвы: карбонизированный характер, резкое ухудшение азотного режима, нарушение отношения C/N, низкое содержание гумуса, высокая емкость поглощения катионов, что свидетельствует о снижении ее буферной активности и низкой устойчивости к химическому загрязнению.
4. Обнаружен сульфатно-хлоридный тип засоления почв в зоне загрязнения НП, определены сумма токсичных солей и степень осолонцевания SAR, показано сопутствие соленакопления и повышения содержания НП в почвенном профиле.
5. Получены тематические ландшафтные карты распространения НП и ТМ на основе ГИС, выявляющие локальные зоны загрязнения на территории города в привязке к техногенным объектам.
6. Моделирование на основе Surfer-8 позволило выявить взаимообусловленность динамического распределения НП, химических элементов от свойств почвы. Это имеет практическое значение для выбора способа санации почв и обоснования используемых типов реагентов.
7. Полученные результаты имеют практическую значимость для экологического управления городом, для кадастровой оценки земель, регулирования размещения юртовой части, для корректировки размещения транспортных магистралей и сети АЗС, а также для разработки геоэкологического мониторинга урбанизированной территории.

Все поставленные задачи выполнены в полном объеме.



## ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### **В изданиях из перечня ВАК РФ:**

1. Гантомор С., Алтанцэцэг М., Сарапулова Г.И. Влияние тезногенеза на устойчивость геосистем в условиях урбанизации //Естественные и технические науки.– М.: 2010. №3. С. 286-287.
2. Сарапулова Г. И., Гантомор С. Оценка влияния АЗС на экологическое состояние почв г. Улан-Батора // Изв. вузов. Нефти и газа. – Тюмень.: 2010. №4. С. 117-121.
3. Сарапулова Г. И., Самбуу Гантомор. Экологогеохимическая оценка почвогрунтов г. Улан-Батор //Вестник ИрГТУ. – Иркутск.: 2012. №5. С. 55-61.

### **В рецензируемых, международных изданиях и сборниках:**

4. Сарапулова Г. И., Зелинская Е. В., Гантомор С. Экологические требования к проектированию очистных сооружений для автозаправочных станций //Актуальные проблемы нефтегазовой отрасли Монголии и пути их решения. - Улан-Батор.: 2007. № 1/13. С. 180-184.
5. Гантомор С. Загрязнение тяжелыми металлами урбанизированной территории г. Улан-Батора //Аспирант и соискатель. – М.: 2009. - № 6. С. 96-97.
6. Сарапулова Г. И., Гантомор С., Батсук Н. Проблемы экологического контроля загрязнения почвы при эксплуатации АЗС и нефтебаз г. Улан-Батора //Актуальные проблемы нефтегазовой отрасли Монголии и пути их решения. - Улан-Батор.: 2009. № 1/15. С. 262-266.
7. Сарапулова Г. И., Гантомор С., Салауров В. Н., Бямбасурен Ц. Мониторинг загрязнения почв тяжелыми металлами территории АЗС г. Улан-Батора //Проблемы гидрогеологии, инженерной геологии и геоэкологии Монголии». - Улан-Батор.: 2009. №17. С. 135-139.
8. Сарапулова Г. И., Гантомор С. Геоэкологический анализ территории АЗС г. Улан-Батора //Перспективы развития технологии, экологии и автоматизации химических пищевых и металлургических производств. ИрГТУ. – Иркутск.: 2009. С. 230-233.
9. Сарапулова Г. И., Гантомор С. Трансформация свойств почвы в зоне влияния автозаправочных станций //Актуальные проблемы современной науки. – М.: 2010. № 2. С. 92-94.
10. Сарапулова Г. И., Гантомор С. Формирование полей загрязнения в условиях урбанизации на примере г. Улан-Батора //Актуальные проблемы нефтегазовой отрасли Монголии и пути их решения. - Улан-Батор.: 2010. № 1/16. С. 283-289.
11. Сарапулова Г. И., Гантомор С. Диагностика и моделирование распространения тяжелых металлов в зоне влияния автозаправочных станций //Наука и образование: материалы докл. VIII Межд. Научн. Конф. – Кемерово.: КГУ, 2010. С. 214-220.
12. Сарапулова Г. И., Гантомор С., Алтанцэцэг М. Влияние тезногенеза на миграцию тяжелых металлов в почвенных экосистемах г. Улан-Батора // Динамика геосистем и оптимизация природопользования : Межд. конф. ин-т Географии СО РАН. – Иркутск.: 2010. С. 192-195.

13. Сарапулова Г. И., Гантомор С., Салауров В. Н. Геоэкологические исследования урбанизированных территорий на примере г. Улан-Батора // Экология арктических и приарктических территорий. Межд. Симпозиум. – Архангельск.: 2010. С. 203-205.
14. Сарапулова Г. И., Гантомор С. Новый подход к оценке техногенной трансформации геосистем горных территорий // Научные основы и современные процессы комплексной переработки труднообогатимого минерального сырья. Материалы межд. совещания. - Казань.: 2010. С. 427-430.
15. Сарапулова Г. И., Гантомор С., Алтанцэцэг М. Трансформация свойств экосистем в горных условиях Монголии // Устойчивое развитие горных территорий в условиях глобальных изменений. Материалы VIII Межд. научн. конф. – Владикавказ.: 2010. №3. С. 286-287.
16. Гантомор С., Салауров В. Н., Бямбасурен Ц., Сарапулова Г. И. Миграционные потоки загрязнителей на урбанизированной территории г. Улан-Батора // Безопасность-2010. Материалы докладов XV Всероссийский студенческой научно-практической конф. - Иркутск.: 2010. С. 131-133.
17. Сарапулова Г. И., Гантомор С. Техногенно-измененные почвы в зоне влияния автозаправочных станций г. Улан-Батора // Перспективы развития технологии, экологии и автоматизации химических пищевых и металлургических производств. ИрГТУ. - Иркутск.: 2010. С. 189-191.
18. Гантомор С. Техногенные поля загрязнения на урбанизированных территориях Улан-Батора // Студенчество в науке – инновационный потенциал будущего. - Набережные Челны.: 2010. С. 8-10.
19. Сарапулова Г. И., Самбуу Гантомор. Загрязнение тяжелыми металлами почвогрунтов вдоль основной автомагистрали г. Улан-Батора // Перспективы развития технологии, экологии и автоматизации химических пищевых и металлургических производств. ИрГТУ. - Иркутск.: 2011. С. 140-141.
20. Сарапулова Г. И., Самбуу Г. Экодиагностика почв урбанизированных ландшафтов // Разнообразие почв и биоты северной и центральной Азии. Материалы II межд. научн. конф. - Улан-Удэ.: 2011. С. 122-123.

САМБУУ ГАНТОМОР

**ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА  
УРБАНИЗИРОВАННОЙ ТЕРРИТОРИИ НА ОСНОВЕ  
ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОГО ПОДХОДА  
(на примере г. Улан-Батора)**

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата географических наук

Подписано в печать 20.11.13. Формат 60×84/16.  
Усл. печ. л. 1.0. Уч. изд.л. 1.0. Тираж 100 экз. Заказ № 124  
Отпечатано в типографии Дальневосточного государственного  
гуманитарного университета, г. Хабаровск,  
ул. Лермонтова, 50.