

2

На правах рукописи



004601089

**Груздев Владимир Станиславович**

**КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОГО  
ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЧЕРНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ  
НА ОКРУЖАЮЩУЮ ПРИРОДНУЮ СРЕДУ ЦЕНТРА  
ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ  
(теория, методология, практика)**

Специальность: 25.00.36 – Геоэкология

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

15 АПР 2010

Москва 2010

Работа выполнена в ФГОУ ВПО «Государственный университет по землеустройству»

Официальные оппоненты: **Коронкевич Николай Иванович;**  
Доктор географических наук, профессор,  
Зав. Лабораторией гидрологии  
в Институте географии РАН;

**Разяпов Анвар Закирович;**  
Доктор технических наук,  
профессор Национального исследовательского  
технологического университета «МИСиС»;

**Кузьмина Жанна Вадимовна,** доктор  
географических наук; ведущий научный  
сотрудник Лаборатории динамики экосистем,  
ИВП РАН.

Ведущая организация: **Московский Государственный областной университет.**

Защита диссертации состоится **20 апреля 2010 г. в 11 часов** на заседании диссертационного совета Д 220. 025. 03 при ФГОУ ВПО «Государственный университет по землеустройству» по адресу: 105064, г. Москва, ул. Казакова 15, ГУЗ (конференц-зал), тел. (499)-261-31-46, факс. (499)-261-95-45

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Государственного университета по землеустройству.

Автореферат разослан и размещен на сайте ВАК  
«18» марта 2010 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,  
к.г.н., доцент



Т.А. Соколова

**Актуальность темы.** Черная металлургия является одним из основных загрязнителей окружающей природной среды (ОПС) во многих городах России и мира. Наибольший вред ОПС приносят техногенные выбросы от предприятий черной металлургии. Негативное воздействие на ОПС оказывает также складирование отходов производства и сброс отработанных вод. В результате длительного поступления в ОПС техногенных выбросов почвы прилегающих к предприятиям территорий все больше накапливают тяжелых металлов (ТМ) и других загрязняющих веществ (ЗВ). Выбрасываемая пыль содержит значительное количество кальция и магния, и её поступление в почву приводит к увеличению рН почвы до 7,2-8,3, особенно, на черноземах. Масштабы изменения ОПС в зоне действия предприятий черной металлургии зависят не только от состава и объема техногенных выбросов, но и от положения предприятия в определенной природной зоне и подзоне. По данным Росгидромета к чрезвычайно опасной категории загрязнения ТМ отнесено 0,5 % населенных пунктов России, к опасной категории – 3,7 %, к умеренно опасной – 10 %. Объекты нашего исследования («Северсталь», «Электросталь», «Косогорский металлургический комбинат», «Новолипецкий металлургический комбинат») и другие отнесены к умеренно опасной зоне загрязнения. Накопление загрязнений оказывает негативное воздействие не только на состояние ОПС, но и здоровье населения.

Масштабы и характер загрязнения ОПС предприятиями металлургического комплекса связаны с уровнем применяемых технологий, их экологичностью, качеством и количеством используемого сырья, объемом и составом выбросов, сбросов и твердых отходов, географическим положением предприятий, характером рассеивания загрязнений и влиянием на ландшафты, экосистемы и их компоненты.

Необходимость улучшения состояния ОПС делает актуальным исследование и оценку техногенного воздействия черной металлургии на ландшафты природных зон и поиск путей оптимизации состояния ОПС в регионах с черной металлургией. При этом очень важна оценка влияния на ОПС внедрения новых технологий, что позволит оптимизировать стратегию и тактику природоохранной деятельности с учетом зонального и регионального положения предприятий черной металлургии.

#### **Цель и задачи исследования.**

##### **Цель исследования:**

- на основе комплексного, регионального подхода провести исследование и оценку техногенного воздействия предприятий черной металлургии на окружающую природную среду центра Европейской России и дать практические рекомендации оптимизации состояния ОПС.

Соответственно с целью были поставлены и выполнены следующие задачи:

- выявить объемы, состав, структуру и рассеивание загрязнений от предприятий черной металлургии;
- провести сравнительный анализ природных условий и выявить воздействие выбросов и сбросов предприятий черной металлургии на компоненты ОПС лесной и лесостепной зон центра Европейской России: атмосферу, почву, воды, растительность;
- выявить сообщества и виды-биоиндикаторы техногенного воздействия на окружающую природную среду лесной и лесостепной зон центра Европейской России;
- определить основные тенденции в динамике растительности и почв под влиянием техногенного воздействия предприятий черной металлургии в лесной и лесостепной зонах;

- на основе применения биоиндикации и химического мониторинга определить зоны влияния техногенных выбросов черной металлургии;
- выявить виды технологий, применяемых в производстве проката черных металлов, сравнить их влияние на ОПС и модификации технолוגии, предложенной автором;
- провести экологическую оценку влияния внедрения новых технологий в производстве проката черных металлов на состояние ОПС и здоровье работников производства;
- разработать практические рекомендации по оптимизации природопользования в лесной и лесостепной зонах в условиях техногенного воздействия предприятий черной металлургии.

### **Научная новизна.**

Разработана и обоснована концепция зонально-провинциального проявления техногенного воздействия черной металлургии на ОПС природных зон, подзон и провинций. Показано, что ответная реакция ландшафтов и их компонентов на техногенное загрязнение зависит не только от объема и состава последних, но также от положения ландшафта в природной зоне, подзоне и провинции и от исходных параметров почвенного и растительного покровов, что определяет характер мероприятий по санации техногенно загрязненных почв, их использованию, внедрению мероприятий по улучшению состава растительного покрова и почв.

В результате проведенных комплексных исследований, включающих изучение почв и растительности на ключевых участках, химические анализы образцов почв и растений, биоиндикацию и биотестирование автором получены новые результаты по воздействию техногенного загрязнения от предприятий черной металлургии на почвы, воды, атмосферу и растительность лесной и лесостепной зон центра Европейской России. Выявлена динамика почв, луговых и лесных сообществ в подзонах лесной и лесостепной зон центра Европейской России, а также под совместным влиянием подтопления и техногенных выбросов от черной металлургии в водоохранной зоне северо-восточной части Рыбинского водохранилища. Проведена оценка биоразнообразия в основных растительных сообществах и выявлены тенденции его изменения в условиях техногенного воздействия. Разработаны экологические шкалы устойчивости луговых и лесных видов к воздействию техногенного загрязнения. Оценен вклад новых технологий проката черных металлов, разработанных с участием автора, в охрану окружающей среды и здоровья населения.

**Теоретической и методологической основой** работы послужили идеи и принципы концептуального, регионального комплексного подхода к изучению окружающей природной среды и её изменения в условиях техногенного воздействия. В процессе исследований нами были проанализированы и учтены результаты исследований ученых институтов Глобального климата и экологии Росгидромета РАН, Геоэкологии РАН, МГУ имени М.В.Ломоносова и др. Учтены результаты исследований по влиянию техногенных выбросов на ОС М.А.Глазковой, В.Г.Заиканова, А.В.Хабарова, Е.А.Афанасьева, Э.Ю.Безуглой, Т.В.Звонковой, Н.И.Коропкевича, Н.М.Чернавской и др.

### **Теоретическая и практическая значимость.**

В диссертации обоснована концепция зонально-провинциального проявления техногенного воздействия черной металлургии на ОПС, развиваются вопросы методики мониторинга динамики почв и растительности при совместном влиянии подтопления, рекреации и техногенного воздействия. Анализируются пути миграции и аккумуляции загрязняющих веществ и, в соответствии с этим, даются практические рекомендации по оптимизации природопользования в данных условиях. Обоснованы методические приемы применения для выявления техногенного загрязнения и токсичности почв биоиндикации и биотестирования. Выявлены растения гипераккумуляторы тяжелых металлов (ТМ) и

растения биоиндикаторы техногенного воздействия. Важное значение для практики имеют разработанные автором экологические шкалы устойчивости луговых и лесных видов к техногенному воздействию, а также рекомендации по созданию санитарно-защитных зон предприятий.

Разработки автора применяются на заводе «Серп и молот», на кафедре земледелия и растениеводства Государственного университета по землеустройству при преподавании дисциплин: агроландшафтное земледелие, растениеводство, агроэкологические основы использования сельскохозяйственных машин, а также при организации научно-исследовательской работы студентов. Монография В.С.Груздева «Биоиндикация состояния окружающей среды» используется в университете в качестве учебного пособия.

Технологические и конструкторские разработки по оптимизации технологии проката черных металлов, созданные с участием автора, использованы при выдаче технического задания на реконструкцию цеха стальных фасонных профилей Омутнинского металлургического завода.

#### **Основные защищаемые положения.**

- Концепция зонально-провинциального проявления техногенного воздействия от предприятий черной металлургии на состояние окружающей природной среды. Устойчивость экосистем лесной и лесостепной зон к техногенному воздействию зависит от их состава, структуры и географического положения в природной зоне, подзоне и регионе;

- Наибольшее влияние на состояние окружающей среды в зоне влияния предприятий черной металлургии оказывают техногенные выбросы, содержащие газообразные и твердые вещества (пыль). Газообразные выбросы наиболее негативно влияют на состояние растительности. Особенно неблагоприятно влияют выбросы  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ , что проявляется у вегетирующих растений в появлении на листьях участков хлороза и некроза и снижает годовичные приросты в среднем в 1,5 раза. На почвы наибольшее влияние оказывает техногенная пыль.

- Зональные особенности техногенного воздействия предприятий черной металлургии на ландшафты природных зон и подзон зависят от реакции почвенного раствора зональных почв, содержания в почве гумуса и обменных оснований, а также от флористического состава исходных растительных сообществ;

- Масштабы и характер техногенного воздействия предприятий черной металлургии на ландшафты природных зон и подзон, а также границы зон техногенного воздействия выявляются на основе учета химического состава почв и растений, а также при помощи растительных сообществ, растений-биоиндикаторов и при помощи биотестирования;

- Для природных зон и подзон, а также для зон техногенного воздействия выбросов предприятий черной металлургии характерен свой набор биоиндикаторных растительных сообществ и растений-биоиндикаторов;

- Мероприятия по санированию и использованию в народном хозяйстве техногенно загрязненных почв имеют зональные особенности, связанные не только с составом и объемом техногенных загрязнений, но также с особенностями их миграции, аккумуляции и превращений в ландшафтах природных зон и подзон.

#### **Апробация работы.**

Результаты работы докладывались на семинарах в Университете стали и сплавов, на экологических семинарах в Госуниверситете по землеустройству и на нескольких научных и научно-практических конференциях (Горки, 2002, 2004; Тверь, 2005; Москва. 1993, 2002, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009; и др.).

#### **Публикации.**

По теме диссертации опубликовано 2 монографии, одна из которых в соавторстве, 40 статей и тезисов. В журналах рекомендованных ВАК опубликовано 24 статьи.

### Структура и объем работы.

Диссертация состоит из введения, семи глав, практических рекомендаций, заключения, библиографического списка и приложений. Основное содержание диссертации изложено на 300 страницах компьютерного текста, плюс – библиографический список и приложения. В диссертацию включено 108 таблиц, 20 фотографий, 16 рисунков и 26 приложений.

Автор выражает благодарность доктору технических наук, профессору Д.А. Шаповалову за помощь в работе и ценные замечания.

### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Исследования воздействия предприятий черной металлургии на ОПС проводились в подзонах средней и южной тайги и подзоне широколиственно-хвойных лесов лесной зоны в пределах Вологодской, Кировской и Московской областей, а также в лесостепной зоне, в подзонах северной и южной лесостепи, в Тульской и Липецкой областях Российской Федерации.

Проведенный сравнительный анализ показал постепенное изменение при движении с севера на юг климата, почв и растительности (табл. 1, 2), что предопределило разные ответные реакции почв и растительности природных подзон и провинций на техногенное воздействие черной металлургии. Проведено исследование воздействия на ОПС комбината «Северсталь», расположенного в г. Череповец Вологодской области, Омутнинского металлургического завода в Кировской области, завода «Электросталь» в Московской области, Косогорского металлургического завода и комбината Тула-чермет в Тульской области и Ново-Липецкого металлургического комбината в Липецкой области. Теоретической основой такого выбора металлургической предприятий явилась разработанная нами концепция зонально-провинциального проявления техногенного воздействия металлургических предприятий на ОПС.

Таблица 1.

### Сравнительная характеристика климатических параметров для изучаемых областей лесной и лесостепной зон ЕТС

№	Название области	Характеристика климата	Осадки, мм/год	Средняя t°С в июле	Средняя t°С в январе	Продолжительность вегетационного периода, дни
1.	Вологодская	Умеренно-континентальный	550-600	+17°, +18°	-11°, -14°	120-130
2.	Кировская	Континентальный	400-450	+17°, +19°	-14°, -16°	100-140
3.	Московская	Умеренно-континентальный	500-650	+17°, +18°	-10°, -11°	130-140
4.	Тульская	Умеренно-континентальный	500-550	+18,6°	-9,8°	140-145
5.	Липецкая	Умеренно-континентальный	500-520	+20, +20,4°	-10, -10,4°	180-190

В процессе исследования была проанализирована имеющаяся по данной тематике литература, а также некоторые фондовые и картографические материалы. Были проанализированы данные по изменению состояния ОПС с момента открытия металлургических комбинатов по настоящее время. Учтены обобщения, сделанные в 1992 году А.В.Герасимовым и В.А.Федоровым. Проведено сравнение полученных нами показателей состояния ОПС с состоянием её в 1992 году и ранее и выявлены основные тенденции в динамике ландшафтов и их компонентов в условиях техногенного воздействия. На местности проведены маршрутно-ключевые исследования с изучением

почв и растительности на разном удалении от источников загрязнения. Пробные площади закладывались вблизи комбинатов, на расстоянии 0,5 км, 1 км, 2, 5, 12, 15, 20, 30, 50 км и далее.

Таблица 2.

*Сравнительная характеристика параметров рельефа, почв и растительности областей с черной металлургией*

Область	Природная зона	Природная подзона	Рельеф	Почвы, pH	Зональная растительность, % лесистости
Вологодская	Лесная	Средняя тайга	Холмистая равнина	Подзолистые, болотно-подзолистые, pH 4,5-5,5	Еловые, реже сосновые зеленомошные и сфагновые леса, лесистость до 80%
		Южная тайга	Холмисто-увалистый	Дерново-средне-подзолистые, pH 5,0-6,0	Березовые, основные, реже еловые зеленомошно-кустарничковые леса. Лесистость 10-30%
Кировская	Лесная	Средняя тайга	Увалисто-холмистый	Подзолистые, болотно-подзолистые pH 4,5-5,0	Елово-пихтовые моховые и зеленомошно-кустарничковые леса. Лесистость более 80%
		Южная тайга	Увалисто-холмистая равнина полого наклоненная на юг	Дерново-средне-подзолистые, pH 5,0-6,0	Смешанные елово-пихтово-осиново-березовые зеленомошно-кустарничковые леса. Лесистость 10-30%
Московская	Лесная	Подзона широколиственных-хвойных лесов	Равнинный	Дерново-слабо-подзолистые, pH 5,0-6,5	Еловые, сосновые и широколиственно-хвойные зеленомошно-кустарничковые и травяные леса. Лесистость более 40%
Тульская	Лесостепная	Северная лесостепь с широколиственными лесами	Расчлененная равнина, на севере области – волнистая равнина	Серые лесные – на севере области, на юге имеются серые лесные почвы и оподзоленные черноземы, pH 5,5-6,8	Широколиственные липовые и дубовые снытьевые, пролесниковые, зеленчуковые леса. Лесистость 14%
Липецкая	Лесостепная	Южная лесостепь с луговыми степями	Расчлененная возвышенная равнина	Черноземы оподзоленные, выщелоченные и типичные pH 6,6-7,2	Луговые степи, почти полностью распашаны. Участки целинных степей сохраняются в заповедниках. Лесистость 7%

Это позволило выявить ореолы рассеивания загрязнений и выделить зоны сильного, довольно сильного, среднего, слабого влияния и фоновую территорию.

На пробных площадях делались геоботанические описания растительности по общепринятой методике, копались почвенные шурфы и прикопки. Отбирались средние образцы почв, которые в дальнейшем были проанализированы в агрохимическом центре «Московский» и в ГЕАХИ им. В.Вернадского. Часть анализов и опытов проведена в ГУЗе. Обращалось также внимание на реакции видов флоры на загрязнение, наличие негативных изменений и пр.

В городах с черной металлургией проведено обследование зеленых насаждений для выявления их реакции на техногенное загрязнение. В прибрежной зоне Рыбинского водохранилища сделаны описания водных и прибрежных растительных сообществ и визуальная оценка качества воды с привлечением литературных данных. Обобщены литературные данные по загрязнению Шекснинского плеса Рыбинского водохранилища.

При камеральной обработке применялись методы: системный, сравнительный, ретроспективный, обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам, проводилось биотестирование техногенно загрязненных почв, выявлялись биоиндикаторы загрязнения, оценивалось биоразнообразие. Выявлены основные факторы, вызвавшие изменение ОПС, а также компоненты экосистем, изменившиеся в неблагоприятную сторону. Виды высших и низших растений нами использованы как биоиндикаторы состояния ОПС.

Проведена оценка экологического эффекта от использования установки ТМО, разработанной с участием автора на состоянии ОС в цехах прокатного производства.

Обобщены данные по истории развития черной металлургии и её влиянии на ОПС. Черная металлургия – одна из важнейших отраслей тяжелой индустрии, производящая чугун, сталь, ферросплавы и различный прокат. Она является основой средств производства, особенно машиностроения, с развитием которого связан технический прогресс. Для черной металлургии характерно сильно развитое производственное комбинирование. Современные крупные предприятия черной металлургии представляют собой металлурго-энерго-химкомбинаты. Предприятия с полным циклом дают 80 % чугуна и 70 % стали и проката. На производство 1 т чугуна расходуется 1,2...1,5 т угля, до 1,5 т железной руды, свыше 0,5 т флюсовых известняков и до 30 м<sup>3</sup> воды. Предприятия с полным циклом тяготеют к источникам минерального сырья, топливным базам или к пунктам между ними (Череповец). Работа предприятий черной металлургии приводит к возникновению ряда экологических проблем (Осипов, 2001):

1. Главная экологическая проблема – загрязнение атмосферы;
2. Загрязнение водных ресурсов;
3. Образование и накопление промышленных отходов;
4. Нарушение земель карьерами, отвалами и пр.;
5. Возникновение техногенных геохимических аномалий;
6. Неблагоприятное влияние на почвы, растительность и животный мир;
7. Неблагоприятное влияние на здоровье человека.

По стадиям металлургического цикла образуются газы, шламы, шлаки, пыль. Особенно много пыли образуется при работе доменных, сталеплавильных, коксовых печей, агломерационных фабрик, заводов по обжигу извести. Значительное количество пыли образуется в прокатных цехах. Объем выбросов пыли зависит от применяемой технологии и оборудования. Пылевые выбросы являются важным источником эмиссии вредных веществ в ОС. Поступление и накопление пыли приводит к формированию техногенных геохимических аномалий.

Используемые на предприятиях черной металлургии руды (Янин, 2004) в своем составе содержат значительное количество ТМ, которые в дальнейшем обнаруживаются в ореолах

рассеивания (табл. 3). Подсчеты показали, что на территории предприятий черной металлургии и угольной промышленности имеется более 12 млрд. м<sup>3</sup> отвалов, вскрыши и хвостов обогащения, более 100 млн. т металлургических шлаков и более 140 млн. т пыли и пр. и ежегодно поступает 2 млрд. м<sup>3</sup> (Вальдберг и др., 2002 и др). При производстве 1 т отливок в атмосферу выбрасывается 40...60 кг силикатной пыли, 200-300 кг СО, 1...2 кг оксидов азота и серы, 0,5...1,5 кг фенола, формальдегида и др., в водоемы поступает до 3 м<sup>3</sup> сточных вод, в отвалы вывозится до 6 т отработанных формовочных смесей.

Таблица 3.

*Химические элементы в пыли сталеплавильного завода, мг/кг (Янин, 2004)*

Элемент	Плавление ферросплавов	Травление	Вторичный переплав	Прессование	Плавление стали	Кларк осадочных пород
Ti	600	2000	400	800	400	4500
V	300	300	1000	300	150	130
Cr	2000	2000	5000	3000	1500	100
Mn	10000	3000	5000	4000	8000	670
Co	1000	1000	1000	1000	1000	20
Ni	6000	3000	10000	6000	4000	95
Cu	500	400	4000	2000	300	57
Zn	10000	200	600	1500	15	80
Ca	6	3	20	5	6	30
Y	300	8	-	8	-	30
Nb	30	80	100	30	300	20
Mo	300	300	300	300	0,1	2
Ag	30	1	10	10	-	0,1
Sn	300	20	10	800	200	10
W	800	1000	800	500	150	2
Pb	1000	300	1000	-	-	20
Bi	300	100	-	-	-	0,01

При производстве черных металлов в атмосферу выбрасывается много газов (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO и др.), вызывающих вместе с CO<sub>2</sub> парниковый эффект и выпадение кислотных осадков. Но к подкислению почв, в отличие от цветной металлургии, это не приводит, так как с пылевыми выбросами в почвы поступают карбонаты кальция и магния, нейтрализующие кислотность и подщелачивающие почву. Многие города с черной металлургией входят в список городов с наиболее загрязненным атмосферным воздухом.

Мировая общественность обеспокоена состоянием окружающей среды городов. На 11-й сессии Межгосударственного Экологического совета (МЭС) приняты решения по проектам: «Конвенция об экологической безопасности», «Межгосударственная научно-техническая программа создания и развития системы экологического мониторинга территории государств – участников СНГ», «Программа создания межгосударственной экологической информационной системы», «Концепция экологического образования для государств – участников СНГ» и др. Продолжается работа по проекту «Сохранение биоразнообразия России».

В выбросах и сбросах от черной металлургии преобладает загрязнение веществами 2 класса опасности. К 1 наиболее опасному классу относятся: As, Cd, Hg, Se, Zn, F, бенз(а)пирен; ко 2 классу опасности относятся: В, Со, Ni, Cu, Mb, Sb, Cr; к 3 классу опасности относятся: Ba, V, Vt, Mn, Sr. Из 1 класса опасности в зоне влияния черной металлургии накапливается в экосистемах цинк. Сфера влияния металлургического производства на ОПС обычно имеет форму овала, вытянутого в направлении господствующих ветров. В сфере влияния выделяются зоны, характеризующие разную

степень техногенной трансформации экосистем и ландшафтов (табл. 4). Выбрасываемая комбинатами черной металлургии пыль привела к образованию техногенных аномалий. Размер их зависит от объема техногенных выбросов и от длительности (лет) работы предприятий. Например, в выбрасываемой комбинатом «Северсталь» пыли преобладают соединения кальция, магния, железа, цинка, никеля (оксиды, сульфаты, карбонаты). Поэтому осаждение этой пыли формирует техногенную аномалию щелочного типа. Загрязнения аккумулируются в основном в верхнем горизонте почвы, и в некоторых случаях на поверхности почвы формируется техногенный горизонт.

Таблица 4.

**Зоны техногенной трансформации экосистем в сфере влияния металлургического комбината в лесной зоне**

Зона Техногенного воздействия	Расположение	Трансформация экосистем и их компонентов и причины этой
1. Сильного и довольно сильно загрязнения	На расстоянии 0,5–2–5 км от комбината	Высокий уровень загрязнения. Трансформация экосистем, уменьшение охвоения и одностебельности, снижение годичных приростов и усыхание отдельных ветвей и деревьев. Обеднение видового состав трав.
2. Среднего загрязнения	На расстоянии 5...15 км от комбината	У хвойных пород наблюдается хлороз и некроз хвои, уменьшение охвоения, изреживание кроны. Смена видового состава напочвенного покрова и изменение pH почв, накопление в почве и растениях ТМ.
3. Слабого загрязнения	На расстоянии 15...55 км комбината	Наблюдается периодическое повышение содержания в воздухе пыли и газов, содержащих оксиды азота и серы. Происходит медленная деградация экосистем.
4. Зона с фоновыми концентрациями веществ	Далее 55 км от комбината	Экосистемы находятся в экологическом равновесии.

Так, вблизи агломерационной фабрики Ново-Липецкого металлургического комбината сформировалась техногенная пустыня, так как черноземы имеют непромывной водный режим, что обусловило формирование на поверхности из пыли техногенного горизонта с высокими концентрациями ЗВ. В этом горизонте семена растений не прорастают, что подтверждено нами методами биотестирования токсичности техногенно загрязненных почв.

Планом основных мероприятий и мониторинга деятельности Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации 28 января 2005 года была проведена Международная конференция «Проблемы гармонизации российского законодательства с нормами международного права при разработке технических регламентов». Среди основных проблем на конференции была рассмотрена «концепция наилучшей существующей технологии», как доказательная база выполнения обязательных требований технических регламентов. Она согласуется с Федеральным законом «О техническом регулировании», ФЗ «Об охране окружающей среды» и экологической доктриной Российской Федерации. В них даются установки на внедрение технологий, снижающих негативное воздействие на ОС, что полностью корреспондируется с международным понятием ВАТ (Best Available Technique) – наилучшая существующая технология, впервые введенным в Директиве Совета Европейского Союза 96/61/ЕС от 24 сентября 1996 года. – «О комплексном предотвращении и контроле загрязнений», сокращенно называемой ИРПС – директивой.

Оценка ВАТ должна осуществляться с использованием как экономических, так и экологических критериев. Развитие производства и внедрение новых технологий отражено в статистических данных (Оси. Показатели..., 2004), по которым в общем количестве ЗВ

на выбросы от черной металлургии приходится 13,7% при общей доли продукции 9,8 %. На предприятиях внедряются природоохранные мероприятия, но пока еще около 30 % выбросов поступает в ОС.

Для комбината «Северсталь» характерен полный цикл металлургического производства, за сутки выплавляется 19000 т чугуна, 24000 т стали, производится 20000 т проката. На производство черных металлов тратится 7 млн м<sup>3</sup> воды – для охлаждения оборудования и технологических нужд. В Череповце действует самая мощная доменная печь «Северянка», объемом 5500 м<sup>3</sup>.

В воздушную среду г. Череповца поступает значительное количество диоксида серы, оксидов азота, угарного газа (СО). Концентрация сероуглерода и формальдегида составляет 2 и 4 ПДК, пыли, фенолов, диоксида азота по 1 и 3 ПДК. В наибольшей степени загрязнена северо-западная часть города, где находится «Северсталь» и другие заводы. На данной территории концентрация оксидов азота достигает 6,3 ПДК, фенола 3 ПДК, сероводорода 4,6 ПДК, пыли - 4 ПДК, аммиака 3,1 ПДК, СО –2,2 ПДК.

В настоящее время продолжается загрязнение ОС, хотя его темпы в связи с внедрением природоохранных мероприятий снизились. Но все же уровень загрязнения воздушной среды остается очень высоким. На почвы наиболее неблагоприятное воздействие оказывает накопление карбонатов кальция и магния и ТМ, а для вегетирующих растений особенно вредны газообразные выбросы. Виды растений в разной степени накапливают в своих тканях ТМ, что связано с их наследственностью (Мишкевич, 1988), ТМ в тканях накапливаются в разных соотношениях, обращает внимание способность рудеральных растений накапливать цинк (табл.5).

Таблица 5.

*Соотношение аккумуляции растениями ТМ (по: Мишкевич, 1988)*

Вид растения	Соотношение: Cu-Zn-Cd-Pb
Брусника	1065 – 205 – 1 – 9
Хвощ полевой	57 – 217 – 1 – 0
Бодяк полевой	1447 – 140 – 1 – 0
Мать-мачеха	1021 – 73 – 1 – 0
Лапчатка гусиная	38 – 133 – 1 – 0
Шучка дернистая	28 – 142 – 1 – 12
Мятлик обыкновенный	45 – 105 – 1 – 0

К основным параметрическим изменениям у растений относятся: изменение размеров органов (чаще – уменьшение размера листьев и годичного прироста); появления различных деформаций стеблей, листьев, цветов и плодов: изменение направления роста; общее снижение продуктивности; изменение окраски листьев в результате хлороза, некроза и других причин; раннее пожелтение и опадение листьев; сдвиг в ту или иную сторону фаз развития. Наиболее заметно эти изменения проявляются в зонах сильного и довольно сильного влияния.

По проведенному обследованию выяснено, что наиболее неблагоприятно влияние техногенных выбросов сказывается на клене американском, яблонях и других плодовых деревьях. Их облиственность около 50% от нормальной, листья в 1,5...2 раза мельче. Так, вблизи Косогорского металлургического комбината (северная лесостепь, Тульская область) листья клена начали желтеть уже в середине августа. У яблони неправильно формируется крона (ветви перекручены), наблюдается вторичное цветение и аномалии в развитии плодов. У местных пород общий облик удовлетворительный, но влияние техногенного загрязнения здесь проявляется в низких приростах деревьев и кустарников в высоту и по диаметру, ветви растут почти горизонтально, поэтому получают очень компактные, низкие, с густой кроной и мелкими листьями дерева, листья мелкие и густо покрыты пылью, на них имеются участки некроза. К факторам, способствующим удержанию ТМ почвой, относятся ионный обмен и необменное поглощение ионов

металлов глинистыми, железистыми минералами и гуминовыми веществами. Основной вклад в связывание почвой ТМ вносят тонкие гранулометрические фракции почвы.

На легких почвах наибольший вклад в общее содержание ТМ приходится на крупнопылеватую фракцию. Крупная пыль (0,005...0,05 мм) обладает слабой способностью к агрегированию, легко может перемещаться под воздействием ветра. Так как ТМ, особенно кадмий и цинк, в составе крупных гранулометрических фракций представлены соединениями, непрочными связанными с почвенными частицами, то существует опасность их воздушной и водной миграции и биологического поглощения, особенно, на заливных равнинах. Это, в частности, подтверждается высоким содержанием цинка в донных отложениях Шекснинского плеса Рыбинского водохранилища.

Техногенные выбросы «Северстали» формируют зону загрязнения щелочного типа (табл. 6).

Таблица 6.  
*Изменение почв в зоне влияния комбината «Северсталь»*

рН		Валовое содержание железа в верхнем слое почвы, %	
Фоновое значение	На расстоянии 2 км от комбината	Фоновое значение	На расстоянии 2 от комбината
6,1...6,2	7,3...7,5 (1995 год) 7,5...7,7 (2006 год)	3...4	10...13 (1995) 13...15 (2006 год)

Из данных таблицы 6 можно видеть, что продолжается подщелачивание почвы и накопление железа. Вместе с магнетитом в почву из пыли поступает цинк, что доказывается высоким коэффициентом корреляции между содержанием железа и цинка в почве ( $r=0,93$ ), а также уменьшением их содержания в почве по мере удаления от комбината. По коэффициентам корреляции относительно сильная и прямая связь отмечается относительно содержания кадмия, цинка и ртути в почвах и растениях. Установлено, что в нейтральных и щелочных почвах довольно подвижны хром и кобальт.

В водоохранной зоне Рыбинского водохранилища в связи с более быстрым осажением более крупных взвесей наблюдается постепенное изменение состава загрязнителей. Более крупные взвеси содержат железо, кальций, магний, цинк, свинец. Поэтому в зоне сильного и среднего загрязнения (до 15-20 км от Череповца) наблюдается сильное подщелачивание почв (рН 7,5...7,7) и в почве особенно увеличилось содержание этих элементов и серы, поступающей из газовых выбросов.

Выпадающие из воздуха загрязнения накапливаются в основном в верхнем горизонте почвы (0-10 см). Со временем часть загрязнений проникает глубже (в основном на дерново-подзолистых почвах). Содержание свинца в городской почве и прилегающей зоне среднего загрязнения достигает 25-60 мг/кг, что в 1,5...2 раза выше ПДК. Высокое содержание серы обнаружено в доминантах растительных сообществ лугов. Вслед за увеличением содержания серы при движении по зонам загрязнения к Череповцу происходит изменение жизненного состояния и обилия луговика дернистого (шучки). Критический уровень содержания серы в атмосферном воздухе для растений составляет 0,015...0,020 мг /м<sup>3</sup>. Очень чувствительны к содержанию серы всходы деревьев, высокое содержание серы вызывает их гибель, поэтому на переставших использоваться лугах в водоохранной зоне не появляются всходы деревьев, в отличие от фоновых территорий, где уже имеется подрост деревьев и кустарников высотой 1...3 м.

Техногенное загрязнение неблагоприятно сказывается на качестве природных вод. Качество природных вод принято оценивать по индексу загрязненности вод (ИЗВ). При маршрутно-ключевых исследованиях для этой цели применяется биоиндикация. Виды

прибрежно-водных макрофитов реагируют на поступление биогенов и ЗВ, в результате происходит изменение структуры и состава прибрежно-водных экосистем. В Шекснинском плесе Рыбинского водохранилища в результате многолетнего поступления ЗВ с промышленными и коммунальными стоками образовалась зона загрязнения шириной до 7...15 км. Многие ЗВ накопились в донных отложениях (ДО), поэтому они служат источником вторичного загрязнения вод. Для ДО характерно накопление ТМ, полихлорированных бифенилов (до 10 мг/кг, полиароматических углеводородов (до 220 мг/кг), нефтепродуктов, фенолов, соединений азота, серы и другие. В загрязненных ДО произошла смена состава микроорганизмов. Анаэробное бентосное (придонное) сообщество сменилось с метаногенного на сульфидогенное.

Накопление загрязнений в ДО и воде уже сказалось на жизнеспособности промысловой рыбы – леща, у которого выявлено изменение в физиологических функциях. Стойкая зона хронического загрязнения зарегистрирована на протяжении всего периода наблюдений на станциях Шекснинского плеса, в зоне влияния промышленно-коммунальных стоков. В северо-восточной части Рыбинского водохранилища водоохранная зона расположена в основном на подтопленной, низменной, равнинной надпойменной террасе. Маршрутно-ключевые исследования нами проведены на северо-восточном побережье Шекснинского плеса Рыбинского водохранилища (рис. 1). В районе изучения (по длине – около 60 км до г. Череповца) наиболее распространенными растительными сообществами являются щучковые луга. Значительное количество лугов в годы перестройки перестало использоваться.

На фоновой территории (вблизи д. Гаютино) для лугов характерен более богатый видовой состав, чем в загрязненных зонах (более 20 видов), характерно сохранение при господстве щучки значительного количества бобовых (клевер луговой и гибридный, чина луговая и горошек мышиный). Раньше эти луга подвергались распашке и посеву трав. В зоне слабого загрязнения (11 км к северо-западу от д. Гаютино) видовой состав лугов уже беднее, чем на фоновой территории (10...12 видов). Характерно, что доминирует щучка (80 %), но сохраняется в значительном количестве в прошлом посеянная овсяница луговая (около 20 %). Из бобовых сохранились только горошек мышиный и чина луговая. Выпадение клеверов из травяного покрова связано с их большой чувствительностью к загрязнению. На расстоянии 25 км от г. Череповца, вблизи села Мыкса травостой лугов еще более обеднен (7...10 видов). В травостое доминирует щучка дерябистая (85 %, высота 110 см), из бобовых сохранилась только чина луговая, но её обилие значительно уменьшилось и жизнеспособность снизилась.

В 10 км от г. Череповца на заброшенных залежных лугах из злаков преобладают полвица белая (30 %) и тростник южный (15 %). Из бобовых встречается в малом количестве горошек мышиный. Характерна большая роль в травяном покрове лесополосных и сорных видов (боляк, мать-и-мачеха). Почва здесь дерново-подзолистая с оторфованной дерниной. Содержание подвижных форм тяжелых металлов в этой почве оказалось меньше, чем в других, что объясняется связыванием ТМ с органическим веществом почвы. По мере увеличения загрязнения на лугах закономерно снижается биоразнообразие и изменяется соотношение эколого-фитоценологических групп видов (рис. 2), а также изменяется содержание подвижных форм тяжелых металлов (табл. 7). На основе анализа встречаемости видов растений и химического состава ЗВ нами составлена экологическая шкала устойчивости луговых видов к техногенному воздействию (табл. 8).

Исследование воздействия на ОПС электрометаллургии нами проведено в зоне влияния комбината «Электросталь», расположенного в г. Электросталь Московской области. При маршрутно-ключевых исследованиях были заложены ключевые участки на разном расстоянии от комбината «Электросталь», преимущественно на лугах и залежах (табл. 11). Город Электросталь расположен к востоку от г. Москвы, поэтому на состояние

его воздушной среды влияют не только собственные промышленные предприятия, но также и воздушные массы, приходящие довольно часто из г. Москвы и соседних промышленных центров.

Таблица 7.

*Содержание подвижных форм тяжелых металлов и pH в почвах некоторых ключевых участков на северо-востоке водохранимой зоны Рыбинского водохранилища*

Показатели Испытаний	Ключевые участки (местоположение)					
	Вблизи д.Починок	Через 10 км на с-з, у д.Починок	В 5 км до г.Черепов- ца	Начало Череповца,	Г. Череповец, 1 км от «Се- верстали»	0,2 км от «Север- стали»
Тяжелые металлы:						
Zn	7,0	3,1	1,2	4,3	27,7	180,0
Cu	0,35	0,10	0,19	0,009	0,51	0,93
Ni	0,39	1,81	0,38	0,33	0,44	0,75
Реакция почвенного раствора -pH(КС)	6,3	6,7	7,7	7,5	7,6	7,5

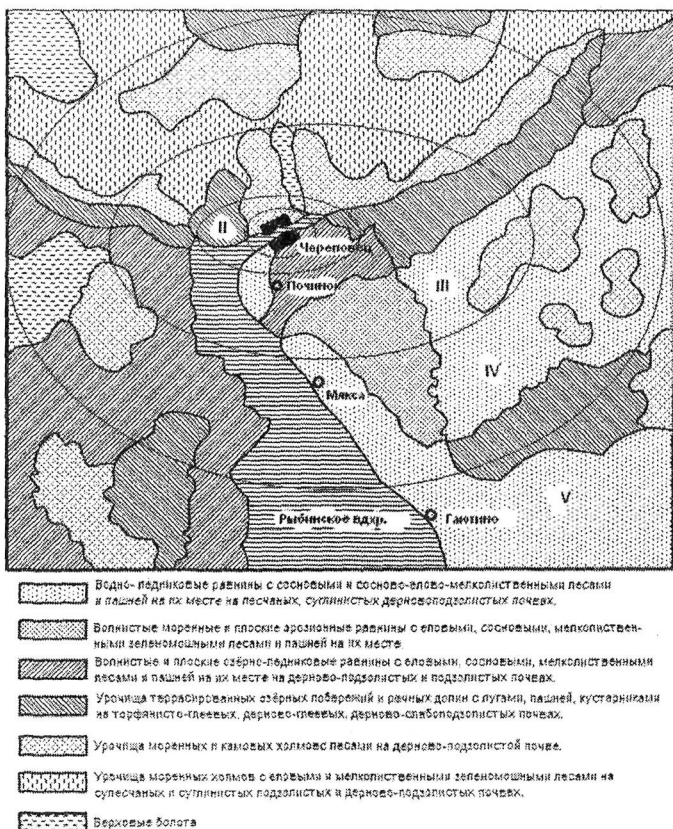
На основе анализа химического состава почв, применения методов биоиндикации и обобщения статистических данных нами выделены зоны техногенного воздействия предприятий черной металлургии (рис. 1, табл. 9). Состав и объем техногенных выбросов зависят от объема производства, структуры предприятия, способов производства черных металлов. В 2007 году (табл. 10) в атмосферный воздух г. Электросталь выброшено 2086 веществ, из них: твердых – 640, жидких и газообразных – 1446. На ОАО «Электросталь» приходится 51% выбросов в городе. Мониторинг состояния атмосферного воздуха осуществляют две станции. Измеряются концентрации взвешенных веществ, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, HCl, хлора, бенз(а)пирена, углеводородов, ацетона, бензола, толуола, ксилола и ТМ. Выявлено, что среднегодовые и максимальные разовые концентрации SO<sub>2</sub> значительно ниже ПДК; NO, NO<sub>2</sub> – 1,6 ПДК, взвешенных веществ около 1 ПДК, СО – менее 1 ПДК, бенз(а)пирена 1,6 ПДК (максимальная среднемесячная зимой – до 3,6 ПДК), ТМ ниже ПДК. В целом, уровень загрязнения атмосферного воздуха высокий. Радиационного загрязнения не обнаружено. Отходы производства в основном малоопасные и неопасные, отходов I класса опасности образуется 3%. На комбинате «Электросталь» в процессе производства образуется электросталеплавильная пыль, которая, в отличие от пыли других сталеплавильных производств, характеризуется более высокой концентрацией тяжелых металлов (ТМ), поэтому многие страны относят эту пыль к особо опасным веществам. В связи с этим актуально внедрение новых способов улавливания и обезвреживания электросталеплавильной пыли. В частности, на некоторых заводах внедряется технология утилизации пыли электросталеплавильного производства в подовых вращающихся печах. Особенно много в электросталеплавильной пыли содержится оксидов железа, а также цветных металлов. Химический состав пыли зависит от марки выплавляемой стали. Количество цветных металлов (Zn, Pb, Ni, Cr) в пыли наибольшее при выплавке высоколегированных сталей. При улавливании пыли получают ценное сырьё, которое добавляют в шихту, что позволяет экономить дорогостоящие ферросплавы. Но цикл из-за низкой температуры кипения (900-1000°С) в процессе плавки возникает и накапливается в пылевывосе. Шлаки от электродуговых печей содержат оксиды: CaO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, FeO, а также оксиды марганца, фосфора, хрома, бария, серы, железа, ванадия, титана и других элементов. Из них 70-85% приходится на CaO, SiO<sub>2</sub> и оксиды железа.

Таблица 8.

**Устойчивость видов луговых сообществ к техногенному загрязнению от черной металлургии**

Название видов и хозяйственные группы видов	Эколого-фитоценологические группы видов	Балл устойчивости
<b><u>Злаки</u></b>		
Ежа сборная	Луговые	4
Луговик дернистый (щучка)	Лугово-болотные	3
Овсяница луговая	Луговые	2
Полевица побегообразующая	Луговые	3
Тимофеевка луговая	Луговые	3
Трясунка средняя	Луговые	2
Тростник южный	Прибрежно-водный	4
<b><u>Бобовые</u></b>		
Горошек мышиный	Луговые	3
Клевер луговой	Луговые	1
Клевер гибридный (розовый)	Луговые	1
Люцерна серповидная	Луговые	4
Чина луговая	Луговые	3
<b><u>Разнотравье</u></b>		
Бодяк полевой	Сорные	4
Будра плющевидная	Сорные	3
Бедренец-камнеломка	Луговые	3
Валериана лекарственная	Лугово-болотные	3
Василек луговой	Сорно-луговые	3-4
Вербейник монетчатый	Луговые	2
Вербейник обыкновенный	Лесоопушечные	3
Вероника дубровка	Луговые	1
Вьюнок полевой	Сорные	4
Герань луговая	Сорно-луговые	4
Дудник лесной	Лесоопушечные	3
Зверобой продырявленный	Луговые	2
Золотая розга канадская	Рудеральные	4
Золотая розга обыкновенная	Лесные	4
Камыш лесной	Лугово-болотные	3-4
Кипрей болотный	Лугово-болотные	3-4
Лапчатка гусиная	Сорно-луговые	3
Лопух	Рудеральные	4
Пастернак	Сорно-луговые	3
Подорожник большой	Сорные	4
Репешок обыкновенный	Лесоопушечные	3
Хвощ луговой	Луговые	3
Хвощ полевой	Сорные	2

Примечание: 1 балл – быстрая деградация; 2 балла – медленная деградация; 3 балла – обилие и проективное покрытие вида мало изменяются; 4 балла – наблюдается увеличение обилия и проективного покрытия.



Зони техногенного забруднення: I - зона сильного забруднення; II - Зона досить сильного забруднення; IV - Зона слабого забруднення; V - Фоновий територія.

Рис. 1. Вплив техногенних викидів ОАО «Северсталь» на ландшафт. Зони техногенного забруднення.

К сожалению, не вся пыль и отходящие газы улавливаются, и часть её постоянно выбрасывается в атмосферу. Поэтому в окрестностях электросталеплавильных предприятий в почвах ландшафтов наблюдается постепенное накопление техногенных веществ (табл. 10, 11).

Причем, поглощение растениями никеля из почвы зависит от содержания в ней других ТМ. Поглощение никеля ингибирует ионы кобальта, меди, железа и цинка. Марганец лучше усваивается растениями на кислых почвах, а при высоком содержании кальция и магния его поглощение уменьшается. Среднее содержание марганца в растениях 0,001 %, он участвует в каталитических процессах при фотосинтезе и дыхании растений. При избытке марганца возникают негативные морфологические изменения у растений. В больших количествах накапливают марганец лютики, полынь горькая.

Таблица 9.

**Зоны техногенной трансформации ландшафтов и их компонентов на прилегающей к комбинату «Северсталь» территории**

Зоны техногенного воздействия и расстояние от источника загрязнения	Состав атмосферного воздуха	Состояние и состав почв (виды загрязнений ИЗПв и ИЗПп)	Трансформации экосистем и видов растений
1. Зона сильного загрязнения – 2 км	Содержание ЗВ достигает ПДК: сероуглерод и формальдегид, пыль, фенолы, сероводород - 1...4 ПДК, оксиды азота, серный ангидрид, аммиак, СО – 3-4 ПДК; Сумма ПДК более 20	В почве накапливаются Са, Mg, Fe, Cu, Pb, Ni, С, Mn, Cd и другие. ИЗПв >19; п ИЗПп 35. В почве произошла карбонитизация, рН возросла до 7,6...7,8	Зеленые насаждения в среднем снижают приросты и размеры листьев в 1,5 раза. Неустойчивые виды имеют слабую облиственность и ранний листопад, усыхание отдельных ветвей и особей, трансформация напочвенного покрова, исчезновение неустойчивых видов и разрастание сорных и рудеральных растений. Появление участков без растительности.
2. Зона до-вольно сильного загрязнения – 5 км	Сумма ПДК загрязнения 19-10	ИЗПв - 12, ИЗПп - 19...	Удовлетворительное состояние деревьев и кустарников, снижение приростов в 1,2 раза, разрастание сорных и рудеральных растений.
3. Зона среднего загрязнения – 15-20 км	Сумма ПДК загрязнения – 5-10	Суммарный показатель лового содержания - 5... подвижных форм – 10...	Снижение годовых приростов деревьев, снижение класса бонитета. Деградация травяных видов и мхов. Разрастание осок и злаков
4. Зона слабого загрязнения – 45-55 км	Сумма ПДК загрязнения 5-1	ИЗПв – 2...5, ИЗПп - 1...	Медленная деградация лесных видов, но с годами эффект усиливается в силу аккумуляции ЗВ. Наибольший вред приносят залповые выбросы ЗВ. Исчезновение клеверов из состава лугов.
5. Фоновая территория – далее 55 км	Содержание ЗВ менее 1 ПДК	ИЗПв – 1-2; ИЗПп – до 1.	Экосистемы находятся в экологическом равновесии

Примечание: ИЗПв – индекс загрязнения почв по содержанию (количеству ПДК) нерастворимых форм ТМ; ИЗПп – индекс загрязнения почв подвижными формами ТМ.

Таблица 10.

**Валовый выброс загрязняющих веществ в атмосферу хозяйствующими субъектами в 2007 году (по данным комитета экологии)**

Наименование хозяйствующего субъекта	Количество выбросов (т/год)		
	Общий объем выбросов	Выброс твердых веществ	Выброс жидких и газообразных веществ
ОАО «МЗ «Электросталь»	3536,14	1212,154	2324,76
МУП «ПТП ГХ»	1459,56	1,03	1458,53
ЗАО «ОСТ-ТАРА»	429,61	79,01	350,6
ОАО «ЭЗТМ»	387,92	175,944	211,975
ГТУ ТЭЦ	361,93	0,03	361,9
Прочие	255,195	57,0	197,415
ОАО «МСЗ»	252,498	36,032	216,466
ОАО «ЭХМЗ»	230,188	42,387	187,801

Таблица 11.

Содержание химических элементов и оксидов в верхнем слое (0-10 см) почв ключевых участков по данным рентгеноспектрального анализа (%)

Ключевой участок, №	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1.	83,59	0,148	3,20	1,21	0,028	0,45	3,52	0,77	0,114
2.	76,89	0,378	5,11	1,43	0,064	1,12	1,12	1,08	0,317
3.	77,76	0,357	5,08	1,67	0,042	0,49	0,94	1,09	0,455
4.	80,62	0,357	5,42	1,99	0,088	0,47	0,77	1,17	0,538
5.	71,61	0,468	8,62	4,67	0,059	0,45	2,46	0,90	0,136
6.	81,83	0,381	5,47	2,56	0,085	0,29	0,38	1,01	0,113

Продолжение таблицы :11

Cr	S	V	Co	Ni	Cu	Zn	Sr	Y	Ba	As	Pb
0,03	0,09	0,0029	0,0008	0,0013	0,0016	0,0069	0,0081	0,0015	0,0326	0,0007	0,0023
0,002	0,08	0,0048	0,001	0,0008	0,0015	0,0058	0,007	0,0019	0,0415	0,0008	0,0021
0,003	0,08	0,0049	0,0009	0,0009	0,0005	0,0054	0,0071	0,0019	0,0353	0,0003	0,0025
0,005	0,08	0,005	0,0026	0,0021	0,0009	0,0062	0,0081	0,002	0,0393	0,0009	0,0027
0,027	0,12	0,0077	0,004	0,0582	0,0084	0,011	0,0124	0,0031	0,0376	0,0018	0,0036
0,005	0,04	0,0054	0,0009	0,0025	0,0025	0,0046	0,0054	0,0022	0,0384	0,0012	0,0039

Примечание: 1 – 0,1 км, тополя и сорняки; 2 – 0,8 км (донник желтый + полынь обыкновенная; 3 – 2,5 км – елово-осиново-березовый травяной лес; 4 – 4 км, луг (ежа + чертополох, цикорий); 5 – 7 км, луг (овсяница луговая, борщевики Сосновского, ромашка непахучая); 6 – 10 км – луг (ежа + бодяк и пижма).

Медь более подвижна в нейтральных и кислых почвах, а при подщелачивании почв её подвижность уменьшается. Медь необходима для процессов фотосинтеза и биосинтеза белков-ферментов. Цинк необходим для ферментных систем. Избыток ТМ негативно сказывается на развитии и росте растений в зависимости от систематической принадлежности видов и их потребности в микроэлементах. Устойчивость видов к накоплению в почве ТМ связана с их наследственностью и порогами накопления ТМ. В результате обобщения полученных нами в процессе исследований данных разработана шкала устойчивости видов лугов к техногенному загрязнению от предприятий черной металлургии (табл. 8) и шкала устойчивости лесных видов (табл. 12).

В лесных сообществах накопление ЗВ происходит преимущественно в лесной подстилке и в верхней части горизонта А1 (слой 0-10 см). Поэтому устойчивость видов зависит не только от порога накопления в тканях растений ТМ и других ЗВ, но также от расположения их подземных органов. По нашим наблюдениям наименьшую устойчивость к техногенному загрязнению обнаруживают виды таежного мелкотравья (табл. 12), корни и корневища которых находятся в лесной подстилке. Несколько более устойчивы боровые и дубравные виды, корни которых проникают в более глубокие слои. На растительность влияет не только накопление ТМ в почве, но также выбросы SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>. Особенно вредны для вегетирующих растений залповые выбросы газов, вызывающие хлороз и некроз листьев. Длительное воздействие ЗВ на организмы может вызвать кумулятивный эффект. Достижение пороговых концентраций вредных веществ приводит к исчезновению менее приспособленных видов. При увеличении содержания цинка в почве происходит увеличение его содержания в растениях.

На основании проведенных нами исследований выявлено, что в природных зонах и подзонах наблюдается неодинаковая реакция почв и растительности на техногенное

Таблица 12.

*Устойчивость к техногенному загрязнению видов напочвенного покрова лесов*

Название видов	Эколого-фитоценоотические группы видов	Балл устойчивости
Кислица обыкновенная	Таежные	1
Линнея северная		1
Майник двулистный		2
Грушанка круглолистная		1
Седмичник европейский		2
Брусника		Боровые
Вейник лесной	4	
Вейник падеменный	4	
Земляника лесная	4	
Золотая розга	3	
Орляк	3-4	
Овсяница овечья	3-4	
Плаун булавовидный	1	
Черника	2	
Аконит высокий	Неморальные	
Будра плющевидная		4
Ветреница дубравная		2-3
Гравилат городской		2
Ландыш майский		4
Медуница неясная		3-4
Сочевичник весенний		3
Щитовник австрийский		2
Луговик дернистый (шучка)	Луговые	3
Овсяница луговая		3
Овсяница красная		4
Мятлик луговой		4
Полевика побегообразующая		4
Тимофеевка луговая		3
Лютик ползучий		3
Лютик едкий	Лугово-болотные	3
Вербейник обыкновенный	Лесо-опушечные	4
Дудник лесной		3
Купырь лесной		3
Бодяк полевой	Сорные и рудеральные	4
Гореч птичий		4
Мать-и-мачеха		4

Примечание: 1 балл – быстрая деградация; 2 балла – медленная деградация; 3 балла – обилие и проективное покрытие вида мало изменяются; 4 балла – наблюдается увеличение обилия и проективного покрытия.

загрязнение, поэтому и к использованию их почв и растительности надо подходить дифференцированно. Необходимо учитывать, что управлять развитием растений, произрастающих на загрязненных почвах можно на основе учета реакции почвенного раствора, содержания гумуса, степени насыщенности почв основаниями, строения почвы и мощности её горизонтов, гранулометрического состава и водного режима почв. Как установлено нами, при одинаковом поступлении ЗВ наблюдается различное содержание подвижных форм ТМ. Для ассоциаций ельников и сосняков характерно различное соотношение эколого-фитоценоотических групп видов, что связано с условиями среды сообществ. Это также отражается на динамике лесных сообществ в условиях антропогенного, в том числе техногенного, воздействия (рис. 2, 3). Для характеристики

техногенного загрязнения принято выделять категории почв по степени загрязнения (Госкомгидромет СССР, № 02-10 51-233, от 10.12.90), с учетом суммарного показателя загрязнения (Zс). В зависимости от категории загрязнения почв возможны способы её использования и мероприятия по санации почв (табл. 13). Загрязняющие ОПС вещества антропогенного происхождения в настоящее время принято называть ксенобиотиками. Возникла проблема очистки почв и вод от ЗВ.

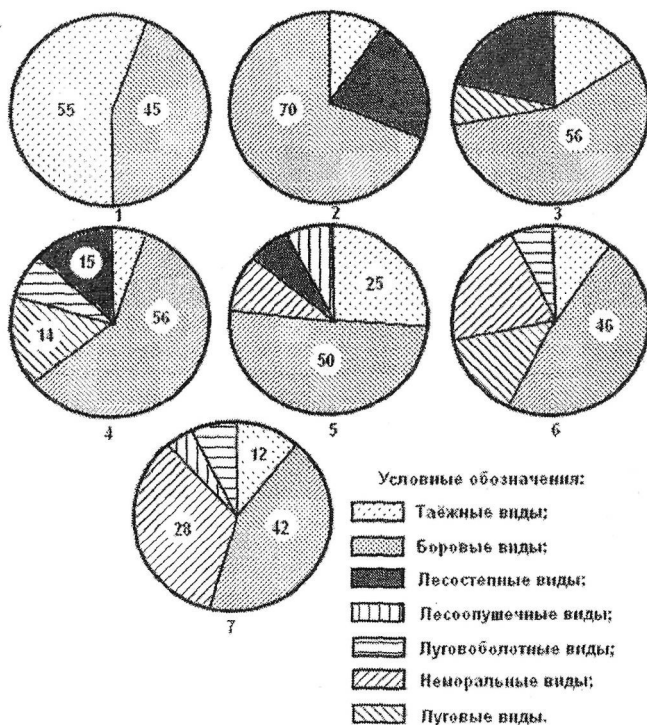
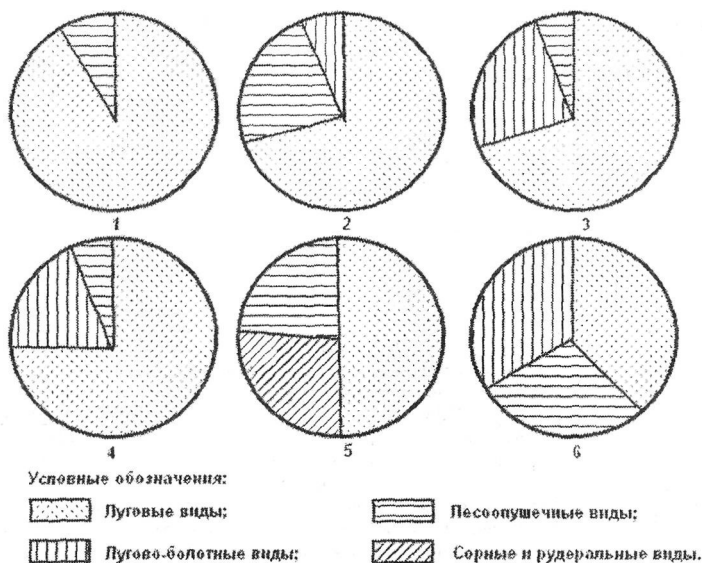


Рис.2. Соотношение (%) видов эколого-фитоценологических групп в некоторых ассоциациях ельников в южной тайге в зоне влияния «Северстали». Условные знаки: 1 - ельник зеленомошный чистый; 2 - ельник чернично-зеленомошный; 3 - ельник березово-чернично-зеленомошный; 5 - ельник березово-осоково-черничный; 5 - ельник костянично-кисличный; 6 - ельник вейниково-кисличный; 7 - ельник осиново-кисличный.



1- луг в 1 км к северу д. Гаютино; 2- луг в 11 км к северу от д. Гаютино;  
 3- луг 1 км к северу от пос. Маяса; 4- луг вблизи д. Починков; 5- луг в 5 км к северу от д. Починков; 6- луг в 10 км к северу от д. Починков.

Рис. 3. Соотношение (%) эколого-фитоценологических групп видов на лугах северо-восточной части водоохраной зоны Рыбинского водохранилища.

В связи с этим необходимо выявление степени опасности загрязнения ОС токсичными ксенобиотиками с учетом их воздействия на системы почва-растение, почва-микроорганизмы и биологическая активность почвы, почва-грунтовые воды, почва-атмосферный воздух, и их опосредованное влияние на здоровье человека.

Основным критерием гигиенической опасности загрязнения почвы является ПДК веществ. При оценке опасности загрязнения почв следует учитывать характер землепользования, учитывая, что наиболее опасно загрязнение почв агроландшафтов. Данная оценка зависит от буферности почв, проявление которой неодинаково для природных зон, подзон и ландшафтных провинций. Под буферностью понимают устойчивость почв к сдвигу химического состава и реакции среды почвы. В зависимости от буферности один и тот же объем и состав загрязнения почв агроландшафтов. Развитию буферности способствует содержание в почве вторичных минералов в составе тонкодисперсных частиц (физическая глина), определяющих её гранулометрический состав, а также процент содержания в почве органических веществ (гумуса) и реакция среды (рН). При гигиенической оценке почв агроландшафтов учитывается транслокационный показатель вредности ЗВ и возможности их проникновения в растения, а также влияние на здоровье человека. Чем меньше буферность почвы, тем более опасно загрязнение. При одинаковом индексе загрязнения

почв (ИЗП) загрязнение более опасно для кислых почв, почв с меньшим содержанием гумуса и более легким гранулометрическим составом. По данным наших исследований опасность загрязнения почв ТМ возрастает в последовательности: чернозем<серые лесные почвы<дерново-подзолистые суглинистые<дерново-подзолистые супесчаные и песчаные.

Таблица 13

**Возможности использования и санации в разной степени загрязненных почв агроландшафтов**

Категория почв по степени загрязнения	Индекс загрязнения Zc	Количество ПДК и загрязненность почв	Рекомендации по возможному использованию почв	Рекомендации по санации почв
Допустимое загрязнение	< 16,0	Содержание ЗВ немного превышает фоновое, но не достигает ПДК	Использование под любые культуры	Снижение объема техногенных выбросов, внесение органических удобрений для снижения подвижности ЗВ
Умеренно опасное загрязнение	16,1-32,0	Наблюдается превышение ПДК при лимитирующем общесанитарном и миграционном водном показателе	Возможно применение в основном полевых севооборотов с обязательным контролем качества продукции	Преимущественное применение органических, органоминеральных и комплексных удобрений. Контроль за качеством поверхностных и подземных вод
Высоко опасное загрязнение	32,1-128	ПДК превышено при лимитирующем транслокационном показателе вредности	Возможно использование под технические культуры, не используемые для производства продуктов и кормов.	Применение органических удобрений, внесение в почву ионообменных смол, целлитов. Посев растений-концентраторов ТМ с последующим удалением биомассы на свалки и пр.
Чрезвычайно опасное	>128	Превышает ПДК по всем показателям	Исключить из сельскохозяйственного использования.	На небольших участках возможно удаление верхнего слоя и замена его незагрязненной почвой. На почвах с мощным гумусовым горизонтом (черноземы) возможно при специальной ярусной вспашке перемещение загрязненного горизонта на глубину 35 и более см, в слои, не относящиеся к пахотному горизонту, учитывая, что корни растений размещаются в основном в пахотном горизонте

А по природным зонам и подзонам получается ряд: южная лесостепь < северная лесостепь < подзона широколиственно-хвойных лесов лесной зоны < подзона южной тайги < подзона средней тайги < подзона северной тайги.

В лесостепной зоне, в подзоне северной лесостепи (Тульская область) преобладают серые лесные почвы на севере и в центре области, а в южной части имеются оподзоленные черноземы. Серые лесные почвы развиты преимущественно на бескарбонатных или глубоковыщелоченных породах: моренных и покровных суглинках. Пространственное распределение почв зависит от геоморфологических условий. Наблюдается разная скорость процессов выщелачивания в зависимости от относительной высоты местности и расчлененности рельефа. При возвышенном и сильно расчлененном рельефе эти процессы идут быстрее, а в понижениях и на плоских равнинах эти процессы затруднены. Поэтому при движении вниз по склону степень оподзоленности почв уменьшается.

На водоразделах и пологих склонах в широколиственных лесах доминирует липа, к ней примешиваются дуб, ясень, клен равнинный, вяз и др. В напочвенном покрове обычно преобладают пролесник многолетний, зеленчук желтый и сныть. Атмосферный воздух и почвы Тульской области на больших территориях довольно сильно загрязнены. Вокруг г. Тулы и в г. Туле загрязнение связано в основном с наличием техногенных выбросов черной металлургии. Проведенная снеговая съемка показала значительное загрязнение прилегающей к Косогорскому металлургическому комбинату территории. Содержание цинка и свинца превышает контроль на большинстве опробованных точек в 2-8 раз. Выявлено также превышение концентрации нитратного азота, сульфатов, соединений фтора. В почвах выявлено загрязнение бензолом, бенз(а)пиреном и толуолом.

Образцы почв с участков проанализированы методом рентгеноспектрального анализа в ГЕАХИ им. В.Вернадского (табл. 14).

Особенно мощные заросли бодяка зафиксированы на расстоянии 1,0; 0,3 км от комбината. Заросли почти непроходимые, так как очень густые и высокие (до 2 м). Как отмечалось нами ранее, бодяк (*Cirsium arvense*) способен без существенного вреда для себя накапливать в своих органах значительное количество техногенных загрязнений, что объясняет его преобладание на сильно загрязненных территориях. Кроме того, при маршрутных обследованиях территории в зоне действия завода нами выявлено, что в зоне среднего загрязнения на расстоянии 5-10 км от завода получили распространение заросли адвентивного растения – золотой розги канадской (*Solidago canadensis* L.) и реже аборигенного вида – золотой розги обыкновенной (*Solidago virgaurea* L.). Бодяк и виды золотой розги принадлежат к семейству астровых (сложноцветных), что, очевидно, говорит о способности видов этого семейства к значительному накоплению загрязнений.

Таблица 14.

Содержание в почве ключевых участков оксидов и тяжелых металлов, %

Участок №	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1.	84,63	0,474	5,36	1,14	0,109	0,32	0,27	0,70	1,14	0,074
2.	72,20	0,783	9,33	3,12	0,108	0,79	0,72	0,98	2,34	0,119
3.	69,08	0,843	9,68	3,56	0,287	0,80	0,66	1,02	2,27	0,178
4.	64,00	0,749	11,92	4,60	0,142	1,21	1,22	0,84	2,38	0,137
5.	75,33	0,839	9,18	2,61	0,172	0,76	0,81	1,09	2,48	0,164
6.	75,36	0,780	9,15	2,56	0,108	0,75	0,77	1,03	2,38	0,140
7.	72,68	0,789	10,56	3,32	0,091	0,98	0,76	0,99	2,52	0,129
8.	70,80	0,785	8,92	2,85	0,127	0,75	0,91	1,07	2,36	0,130
9.	50,81	0,445	6,86	3,12	0,282	0,80	14,02	0,63	1,55	0,238
11.	62,70	0,816	13,08	6,38	0,167	1,34	1,10	0,69	1,95	0,113
12.	42,70	0,255	4,74	9,29	3,659	0,99	15,00	0,54	1,08	0,270

Продолжение таблицы 14.

Участок №	Cr	S	V	Co	Cu	Zn	Rb	Sr
1.	0,002	0,03	0,0049	0,0006	0,0016	0,0029	0,0042	0,0066
2.	0,006	0,04	0,0089	0,0011	0,0029	0,0056	0,0097	0,0145
3.	0,006	0,04	0,0106	0,0027	0,0031	0,0059	0,0096	0,0149
4.	0,008	0,04	0,0121	0,0013	0,0038	0,0069	0,0098	0,0149
5.	0,006	0,04	0,0103	0,0015	0,0030	0,0054	0,0097	0,0168
6.	0,006	0,03	0,0093	0,0015	0,0026	0,0045	0,0092	0,0158
7.	0,007	0,03	0,0111	0,0013	0,0027	0,0055	0,0102	0,0153
8.	0,008	0,05	0,0098	0,0005	0,0030	0,0076	0,0094	0,0153
9.	0,006	0,09	0,0076	0,0014	0,0058	0,0118	0,0055	0,0401
11.	0,009	0,03	0,0146	0,0025	0,0050	0,0077	0,0093	0,0133
12.	0,007	0,37	0,0069	0,0021	0,0139	0,0345	0,0026	0,0406

Продолжение таблицы 14.

Участок №	Zr	Nb	Ba	As	Pb
1.	0.0412	0.0010	0.032	0.0011	0.0000
2.	0.0535	0/0013	0.032	0.0008	0.0025
3.	0.0505	0.0014	0.029	0.0011	0.0012
4.	0.0410	0.0014	0.039	0/0016	0.0019
5.	0.0601	0.0014	0.029	0.0007	0.0000
6.	0.0565	0.0015	0.031	0.0008	0.0015
7.	0.0543	0.0015	0.036	0.0013	0.0005
8.	0.0531	0.0014	0.034	0.0008	0/0012
9.	0.0254	0.0010	0.039	0.0012	0.0023
11.	0.0406	0.0014	0/029	0.0021	0.0025
12.	0.0213	0/0008	0.106	0.0020	0.0037

Примечание: Исследованные участки: 1- 32 км от Косогорского металлургического комбината, березняк; 2 – 25 км, липняк; 3 – 18 км, луг безостокострелово-разнотравный; 4 - 12 км, поле с посевом клевера лугового и райграса пастбищного; 5 - 12 км, луг; 6 – 10 км, залежь с зарослями хвоща полевого; 7 – 7 км, луг злаково-разнотравный; 8 – 5 км, луг (вейник тростникововидный + золотая розга обыкновенная); 9 – 3 км, скошенный луг, отава; 10 – 1 км – сорняки + участки луга; 11 – 0,5 км, заросли бодяка + участки луга; 12 – 0,1 км от завода – луг (костер полевой+гулявник+ недотрога мелкоцветная).

Вблизи г. Череповец также отмечается преобладание видов астровых на загрязненной территории: бодяк, польнь обыкновенная (*Artemisia vulgaris* L.), мать-мачеха (*Tussilago farfara* L.). Поэтому преобладание данных видов на заброшенных лугах и пашнях индицирует площади и границы техногенного загрязнения. В Чехии (Веднарова, 1988) в группу преобладающих на наиболее техногенно загрязненных территориях также включены в основном виды семейства астровых: *Achillea millefolium*, *Jacea rannonica*, *Tussilago farfara* L. Биоиндикаторы бывают регистрирующими и накапливающими (Груздева, Шаповалов, Груздев, 2008).

Большую актуальность приобрела проблема очистки почв от ЗВ как в России, так и за рубежом. В этих целях всё более широко внедряется в практику метод *фиторемедиации* – извлечения ЗВ из почвы с помощью растений гипераккумуляторов, в качестве которых

предпочтительно использовать непригодные растения с коротким вегетационным периодом, способные без особого вреда для себя поглощать из почвы ТМ и другие ЗВ и парашивать большую биомассу, которая в дальнейшем убирается и удаляется. В их надземной биомассе может накапливаться в 10-1000 раз больше ТМ, чем у большинства растений. К гипераккумуляторам, как показано нами выше, относятся многие растения семейства астровых (мать-мачеха, золотая розга канадская, золотая розга обыкновенная, кресс-салат, бодяк и др.), а также представители семейства капустных (горчица полевая, горчица сизая), крапива двудомная. Для санации техногенно загрязненных почв в различных странах применяют ряд видов культурных растений (Сискевич, Никонова, 2008): *Agropyron pectinatum* (Vieb.) Beauv., виды капусты, редьку, подсолнечник, сорго сахарное, а также дикорастущие виды: щетижник зеленый, пырей ползучий и другие. Опытами (Сискевич, Никонова, 2008) показано, что яровой рапс при загрязнении почвы ТМ накапливает ТМ в биомассе, поэтому он может применяться для санации почв, учитывая также, что уже применяется его биомасса для получения биотоплива.

Так как устойчивость почв к загрязнению увеличивается при увеличении содержания гумуса, то для уменьшения загрязнения рекомендуется вносить в почву навоз, торф, гуматы, ионообменные смолы. Гуминовые удобрения снижают подвижность опасного загрязнителя – кадмия. Более устойчивы к загрязнению почвы насыщенные основаниями кальция и магния. Рекомендуется применять гуматы кальция и магния, так как они препятствуют накоплению кадмия в товарной продукции растениеводства (зерне и пр.). Орошение растворами гуматов крон деревьев и кустарников позволяет избежать развития в листьях хлороза и некроза. Внесение гуматов в почву вместе с минеральными удобрениями позволяет сократить дозу минеральных удобрений на 30-40%.

Для санации почв всё шире применяются не только гуматы, но и различные гуминовые вещества, выпускаемые различными фирмами. Так, ООО «Агросинтез» производит гуминовый сорбент «Гумигель». При внесении в почву он активизирует деятельность почвенных микроорганизмов и адсорбирует нефтепродукты и ТМ. Для очистки почв от ТМ рекомендуется вносить гумигель под основную обработку почвы, сопровождая её перемешиванием почвы. Толерантность микроорганизмов к загрязнению почвы зависит от их принадлежности к различным систематическим группам. Очень чувствительны к высоким концентрациям ТМ виды бактерий рода *Bacillus*, нитрифицирующие бактерии, поэтому при загрязнении происходит обеднение почвы азотом. Несколько более устойчивы псевдомонады, стрептомицеты, целлюлозоразрушающие микроорганизмы, и самые устойчивые – грибы и актиномицеты.

Выяснено, что в лесу грибы, произрастающие на техногенно загрязненных территориях, накапливают ТМ и другие загрязнения в своих плодовых телах (шляпочные грибы). Загрязнение ТМ плодовых тел шляпочных грибов связано также с тем, что их грибница располагается в основном в лесной подстилке, где накапливаются загрязнения, оседающие из атмосферного воздуха.

При низких концентрациях ТМ сначала наблюдается некоторая стимуляция развития микроорганизмов почвы, но с нарастанием концентраций ТМ всё больше проявляется ингибирование деятельности почвенных микроорганизмов, что, в целом, приводит к снижению биологической активности почв. Степень подавления жизнедеятельности почвенных микроорганизмов зависит от вида ТМ. Свинец нарушает процессы дыхания и ингибирует деятельность ферментов. Ионы кадмия при достижении концентрации 12 мг/кг почвы нарушают деятельность азотфиксирующих микроорганизмов, низших грибов. Некоторые актиномицеты и низшие почвенные грибы при загрязнении кадмием быстро элиминируют. Для зон воздействия предприятий черной металлургии особенно характерно загрязнение почв цинком. Повышенные концентрации цинка тормозят деятельность целлюлозоразрушающих микроорганизмов,

что может в лесах способствовать накоплению плохо разложившейся лесной подстилки и сукцессионным сменам напочвенного покрова. Следует также учитывать синергическое воздействие комплекса ТМ.

При комплексном загрязнении почв ТМ кроме ИЗП предлагается использовать критерий *суммарной фитотоксичности металлов*. В Англии предложили использовать цинковые единицы, то есть, сравнение токсичности металлов с токсичностью цинка. Сельскохозяйственные культуры и их сорта обнаруживают разную устойчивость к ТМ. В целом, их можно расположить в порядке убывания в ряд: травы>злаковые>зерновые>картофель>сахарная свекла. Особенно нежелательно на загрязненных почвах выращивать овощи. Фитотоксичным считается такое содержание ТМ в почве, которое снижает урожайность растений на 10% и более по сравнению с контролем. В качестве критерия используется ПДК содержания ТМ в растениеводческой продукции. Почву можно считать условно чистой, если концентрация ТМ в фазу технической спелости культур меньше ПДК. Для определения фитотоксичности можно применять биотестирование, для этих целей нами применены в качестве биотестов редис и салат

Использование биоиндикации при мониторинге состояния ОС наряду с геохимическими и гидрохимическими исследованиями позволяет провести комплексный анализ состояния ОПС, прогнозировать её дальнейшее изменение, и разработать мероприятия по оптимизации природопользования. Таблица 14 иллюстрирует особенности воздействия техногенных выбросов предприятий черной металлургии на компоненты ландшафтов природных зон, подзон и провинций. Можно видеть, что природный потенциал ландшафтов увеличивается при движении от южной тайги к южной лесостепи. В лесной зоне почвы кислые, в северной лесостепи, слабо кислые, а в южной лесостепи нейтральные. Для техногенных выбросов предприятий черной металлургии, в отличие от цветной металлургии, характерно постепенное подщелачивание почв в результате накопления оксидов кальция и магния. Скорость этого процесса зависит от изначальной величины рН почв, объема техногенных выбросов и периода их накопления.

В подзоне южной лесостепи лесостепной зоны расположен Ново-Липецкий металлургический комбинат (НЛМК). На комбинате большое внимание уделяется внедрению природоохранных технологий черных металлов, но всё же неблагоприятное воздействие техногенных выбросов на состояние ОПС сохраняется. В целом, в г. Липецке техногенные выбросы от стационарных источников в 2007 году составили 382,9 тыс. т загрязняющих веществ (ЗВ), из них 355,7 тыс. т приходится на техногенные выбросы ОАО «Новолипецкий металлургический комбинат». Областной центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды в месяц исследует почти 3000 проб атмосферного воздуха.

Проводится мониторинг содержания в воздухе взвешенных веществ (пыли), диоксида серы, оксида углерода, диоксида азота, сероводорода, фенола и формальдегида. В 2007-2008 гг. среднемесячная концентрация превышала ПДК по фенолу и формальдегиду и взвешенным веществам в несколько раз. Превышение ПДК<sub>г.р.</sub> непосредственно под факелом НЛМК не фиксируется, но на расстоянии 1 км ПДК<sub>г.р.</sub> по диоксиду азота превышено в 1,15 раза, по взвешенным веществам – в 1,1 раза, по фенолу – в 1,4 раза. В реке Воронеж в г. Липецке загрязняющими веществами являются азот нитритный, азот аммонийный, органические вещества, медь, цинк, нефтепродукты. Периодически в воздухе превышены концентрации меди, свинца и никеля. Загрязнение ОС свинцом привело к его накоплению в волосах детей (15,9±3,0 мкг/г). Это повышенный уровень свинца, так как на фоновых территориях содержание свинца в волосах детей 3-6 мкг/г. У детей раннего возраста наблюдается задержка психомоторного развития.

Таблица 15

**Характеристика воздействия техногенного загрязнения от предприятий черной металлургии по зонам, подзонам и провинциям**

Природная зона	Природная подзона	Физико-географическая (ландшафтная) провинция	Физико-географическая характеристика	Реакция компонентов ландшафтов на техногенное загрязнение от предприятий черной металлургии	
				Реакция почв на техногенное загрязнение	Реакция растительности на техногенное загрязнение
Лесная	Южная тайга	Верхневожжская	Холмистая равнина с низинами. Почвы дерново-подзолистые на моренных отложениях и аллювиальные, реже болотные. Почвы кислые, местами (на карбонатной морене) слабо кислые. Характерны хвойные и смешанные с березой и осиной зеленомошно-кустарничковые леса.	Поступление оксидов кальция и магния подщелачивает почвы. Характерно накопление цинка, железа, меди, никеля и др. Наибольшее накопление – в суглинчатых почвах.	В лесах наблюдается деградация мохового покрова, т.к. мхи-кальцефобы, брусника и черника хорошо сохраняются, т.к. имеют высокий порог накопления ТМ. Снижаются приросты и возобновление древостоя. На лугах выпадают бобовые, разрастаются бодяк и др. сорняки.
	Широколиственные хвойные леса	Мещерская	Расположена на территории Мещёрской задровой равнины. Рельеф слабо волнистый. Почвообразующие породы – водноледниковые галечниковые пески и суглинки. Почвы подзолистые, подзолистые, оглеенные, местами болотные. Характерны сосновые леса с елью и дубом, смешанные, еловые, дубовые, березовые зеленомошные и травяные леса и сфагновые болота.	На подзолистых песчаных почвах в лесах и некосимых лугах накопление кальция приводит к деградации мхов. Накапливаются Pb, Zn, Sn, Cd, Cu, Ti, Ba, As.	Из фитоценозов выпали бобовые, герани, вероника, многие злаки и др. Фитотоксичность ТМ увеличивается в последовательности: Pb<Zn<Cu<Co<Cd. Осокорисья накапливает цинк и медь. Разрастаются: борщевик Сосновского, полыни и др. сорняки.

Лесостепная	Северная лесостепь	Заосетринская	Эрозионно-денудационная возвышенная равнина. Почвообразующие породы – покровные и лессовидные суглилки, подстилаемые мореной. Почвы серые лесные, в южной части местами черноземы оподзоленные. Серые лесные почвы слабокислые и кислые. Облесённость 14%. Преобладают липовые с примесью дуба и ясеня леса, дубовые, березовые, зеленячковые, пролесняковые и снытевые леса.	По мере загрязнения в результате накопления оксидов кальция и магния pH с 5,8 изменяется до 6, 8; 7,2; 7,5. Накапливаются Si, Ti, Fe, Cr, S, Co, Ni, Sr, Ba, As, Pb.	На лугах при загрязнении выпадают бобовые и многие злаки. Преобладают сорняки и др. виды семейства астровых (боляк, золотая розга канадская, золотая розга обыкновенная, чертополох). В лесах снижаются приросты и жизнеспособность древостоя и возобновление, появляются мертвopoскровные парцеллы.
	Южная лесостепь	Среднерусская	Занимает Среднерусскую возвышенность. Расчленена глубокими долинами рек, оврагами и балками. Преобладают черноземы оподзоленные, выщелоченные и типичные. Реакция почв нейтральная. Луговые степи почти полностью распаханы. Сохраняются в заповедниках.	В загрязненной почве pH достигает 8,1, накапливаются Pb, Cr, Ni, Zn (в 2-8 раз), Fe, Ti, Mn, Ca, Mg.	В зоне сильного загрязнения (до 2-х км) формируется техногенная пустыня – сосны и травы усохли. В зоне довольно сильного загрязнения (до 5 км) у сосен хлороз и некроз, усыхание ветвей и отдельных деревьев травяной покров изрежен. Сохраняется типчак.

Коксохимическое производство НЛМК является источником выделения в ОС диоксинов. В грудном молоке женщины его фоновые уровни превышены в несколько раз. В районах, прилегающих к НЛМК, зафиксирована наиболее высокая смертность и заболеваемость населения.

Защита ОС является одним из важнейших приоритетов деятельности НЛМК. Компания последовательно добивается сокращения воздействия производственной деятельности на ОПС, а также стремится обеспечить благоприятную среду проживания для населения города и регионов своей производственной деятельности. В 2007 году НЛМК признан лауреатом Всероссийского конкурса «Лидер природоохранной деятельности в России – 2007». Связь миссии, целей и стратегии бизнеса НЛМК с защитой ОС закреплена в основном документе Компании, касающемся природоохранной сферы – «Экологической политике ОАО «НЛМК».

С 2000 по 2007 год НЛМК увеличил производство стали на 10%, чугуна на 18%, агломерата на 16%, кокса на 5%. Несмотря на увеличение объемов производства продукции, уровень негативного воздействия на ОС систематически снижается (рис. 4). В рамках первого этапа технического перевооружения удалось добиться устойчивой положительной динамики по улучшению экологической ситуации в районе размещения основного производства. Комплексный индекс загрязнения атмосферы г. Липецка по данным регионального центра Росгидромета снизился в три раза, что связано, в частности, с увеличением уровня финансирования экологических программ. Уровень финансирования возрос в 11 раз: со 130 млн. руб. в 2000 году до 1536 млн. руб. в 2007 году.

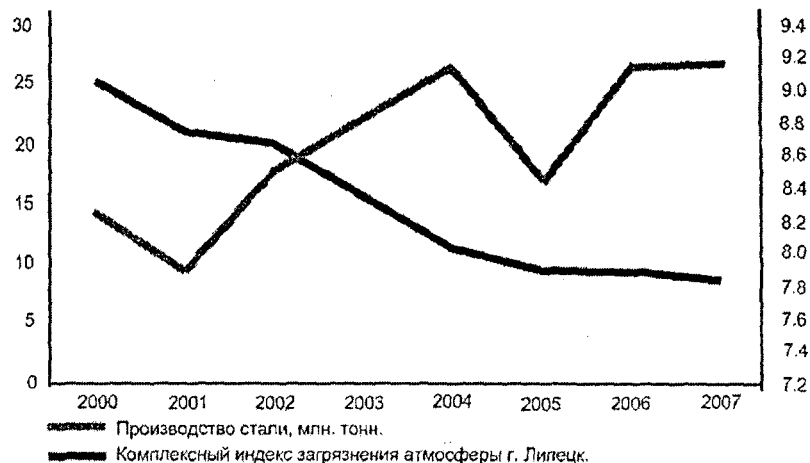
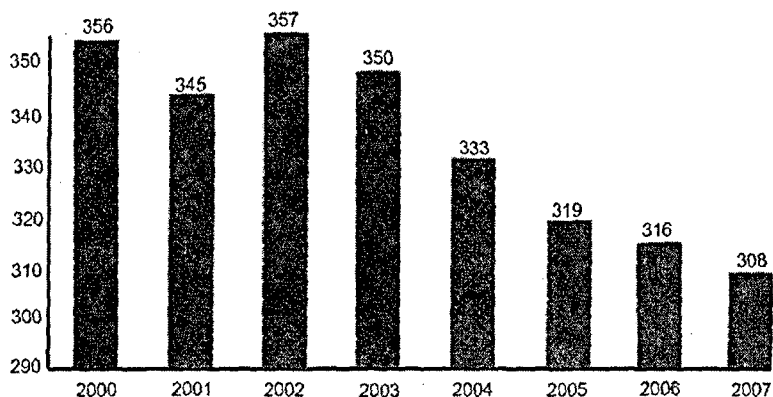


Рис. 4. Зависимость комплексного индекса загрязнения атмосферы г. Липецка от объема производства стали.

В 2000 году было отмечено превышение загрязнения атмосферного воздуха по 8 веществам, и доля замеров с превышением нормативов составляла около 80%. В 2007 году зафиксировано превышение по нафталину на 23% и 9% по пыли. Валовой выброс

ЗВ закономерно снижается (рис. 5). В настоящее время на НЛМК внедрено несколько природоохранных мероприятий, но в предыдущие годы загрязнение ОС происходило более интенсивно, поэтому в зоне влияния НЛМК почвы остаются загрязненными, что связано также с непромывным режимом черноземов. Вблизи завода (100 м) в верхнем слое почв содержание Pb, Cr, Ni, Cu, Zn превышает ПДК в 2-8 раз, но в более глубоких слоях содержание ТМ близко к фоновому (табл. 16). Зона сильного загрязнения распространяется на 1,5-2,5 км. При удалении от завода загрязнение почв наблюдается преимущественно на пашне и лугах, где в почву поступают загрязнения из атмосферы. В лесных же сообществах на расстоянии 5-10 км почвы слабо загрязнены ТМ, так как техногенные загрязнения оседают на кронах, а при поступлении в почву поглощаются деревьями и кустарниками и надолго в них задерживаются.



Валовой выброс загрязняющих веществ в атмосферу, тысяч тонн.

Рис. 5. Валовой выброс загрязняющих веществ в атмосферный воздух г. Липецка, тысяч тонн.

Большое негативное воздействие на ОС продолжает оказывать агломерационная фабрика, принадлежащая НЛМК, но расположенная в некотором отдалении. Здесь преобладают серые лесные почвы, а также боровые слабогумусированные пески (боровая терраса). Растительный покров представлен сосняками в стадии жердняка (35-40 лет), полнота древостоя 0,4-0,6, сомкнутость крон 0,5. Зона сильного техногенного воздействия распространяется на 350-400 м, формируется «техногенная пустыня». Большое количество сосен усохло, а у остальных хвоя укорочена и охвоение слабое, много усохших ветвей. Травянистый покров слабо развит и представлен в основном сорными многолетними видами. На расстоянии 0,6 – 1,5 км усыхание и отпад сосен уменьшается, но жизнеспособность их остается низкой. Основное негативное воздействие на почвенный и растительный покров оказывает поступающая с фабрики пыль, в составе которой много оксидов кальция, магния и других (табл. 16), что увеличивает pH верхнего слоя почв до 8,1-8,3 (щелочная реакция). В зоне техногенного воздействия агломерационной фабрики на поверхности сформировался техногенный слой мощностью

Таблица 16.

**Фоновое содержание тяжелых металлов (мг/кг) в горизонтах чернозема типичного среднезудумского тяжелосуглинистого (Ямская степь)**

Глубина и мощность горизонта, см	Содержание ТМ, мг/кг					
	Pb	Cr	Ni	Cd	Cu	Zn
0-10	4,7	4,5	9,8	0,39	4,5	6,6
10-20	4,3	5,5	10,0	0,39	4,5	6,3
20-30	4,3	6,0	10,6	0,53	4,3	6,0
30-40	4,3	7,25	10,8	0,55	4,4	6,0
40-50	4,3	6,7	11,2	0,55	4,4	6,0
50-60	5,7	7,75	11,8	0,53	4,5	8,3
60-70	6,5	8,4	10,6	1,06	4,5	5,6

Таблица 17.

**Содержание некоторых оксидов в светло-серых лесных почвах в зоне техногенного воздействия агломерационной фабрики ИЛМК, % (по: Джувеликян, 2007)**

Расстояние от агломерационной фабрики, м	Горизонт и глубина опробованного слоя, см	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO <sub>2</sub>	CaO	MgO	pH
100	Пыль аглофабрики	68,24	1,44	1,21	0,350	8,50	2,80	8,1
	A <sub>0</sub> 0-3							
	T <sub>c</sub> 3-5	69,22	1,41	1,10	0,200	6,43	2,64	8,0
	A <sub>1</sub> 10-15	63,07	1,48	1,15	0,110	7,49	2,31	8,0
	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> 25-35	0,99	1,22	0,10	0,092	0,42	0,13	7,0
		0,58	1,28	0,08	0,006	0,16	0,11	7,4
200	A <sub>0</sub> 0-2,5	66,57	1,53	1,07	0,220	7,81	2,98	8,0
	T <sub>c</sub> 2,5-4	63,65	1,55	0,88	0,080	7,33	2,97	8,0
	A <sub>1</sub> 4-15	0,98	1,37	0,09	0,062	0,53	0,12	7,5
	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> 15-20	0,48	1,14	0,08	0,018	0,21	0,09	7,4
500	A <sub>0</sub> 0-3	29,60	1,55	0,88	0,195	6,11	0,93	8,0
	A <sub>1</sub> 5-14	0,72	1,63	0,09	0,100	0,60	0,21	7,0
	B <sub>1</sub> 60-70	0,62	1,22	0,11	0,011	0,17	0,12	6,9
1000	A <sub>0</sub> 0-4	17,27	1,67	0,74	0,149	2,40	0,97	7,8
	A <sub>1</sub> 5-14	0,57	1,60	0,09	0,040	0,45	0,29	6,0
	A <sub>1</sub> A <sub>2</sub> 20-30	0,62	1,11	0,08	0,005	0,14	0,14	5,9
	B <sub>2</sub> 75-85	0,56	0,86	0,07	0,004	0,12	0,12	5,7
	C 140-150	0,42	0,75	0,04	0,004	0,17	0,05	6,6

Гранулометрический состав техногенного слоя характеризуется резким преобладанием (90%) частиц пыли размером 0,25-0,05 и 0,05-0,01 мм. По сравнению с фоном содержание частиц 1-0,25 мм уменьшено в 6-8 раз и преобладает крупная пыль техногенного происхождения.

Анализ данных таблицы 16 показывает, что поступление на почву техногенных выбросов привело к подщелачиванию почв (рН – 8,0-8,3), что в основном объясняется поступлением большого количества оксидов кальция и магния. Развитие щелочной реакции почв снижает биологическую активность почв и негативно влияет на развитие растительного покрова. Сосны к воздействию запыления неустойчивы, поэтому для уменьшения негативного воздействия пылевых выбросов рекомендуется в СЗЗ посадить засухоустойчивые листовые породы, которые, в отличие от сосны, ежегодно сбрасывают листья и избавляются от накопившейся пыли.

В современный период в связи с обострением проблем состояния окружающей природной среды и её компонентов все большее значение приобретает использование для её оценки методов биоиндикации. **Биоиндикация** – выявление количественных и качественных параметров окружающей среды и её компонентов на основе анализа изменения морфологии, химического состава, жизнеспособности и распространения видов организмов и их сообществ.

**Биотестирование** - определение параметров окружающей среды и её компонентов при помощи видов организмов, выполняющих роль биотестов. Для проведения биотестирования нами использованы образцы почвы, собранные в пределах водоохранной зоны Рыбинского водохранилища, на разном расстоянии от комбината «Северсталь», по зонам техногенного загрязнения. В качестве биотестов мы использовали: 1. Салат «Король мая» (сем. Астровых); 2. Горчица салатная, сорт «Ядреная» (сем. Капустные) (рис.6). Семена были высеяны в образцы почвы, помещенной в кюветы. Опыты по биотестированию проведены в январе 2007г. Для освещения использована лампа дневного света, которая включалась с 7 утра до 19 часов. При нарастании загрязнения рост корней постепенно снижался, причем, на урбанизёме их длина была в 4-5 раз меньше. На фоновой территории корни достигают 50-70 мм в длину, дают боковые корни и цвет корней светлый. Кроме того, начиная с зоны среднего загрязнения, на корнях образовывался бурый пробковый слой, и они утолщались. Это говорит о проявлении тактики «ухода корней» от загрязнений. Анализ данных рис. 6 показывает, что по зонам техногенного воздействия рост проростков горчицы «Ядреной» закономерно снижается с нарастанием загрязнения. Устойчивость видов растений связана с их структурно-функциональными особенностями, происхождением из конкретных природных зон и регионов, принадлежностью к определенным жизненным формам (экобиоморфам). Так, проведенное нами обследование зеленых насаждений г. Москвы показало, что в условиях загрязненных транспортных магистралей, где многие годы имело место зимнее засоление почв и постоянная загазованность воздуха, более устойчивыми оказались породы, интродуцированные с южных зон, где для почв характерно некоторое засоление. Хорошую устойчивость в этих условиях показали клен татарский и каштан конский, местные же породы - береза повислая (*Betula pendula* Roth.) и липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.) на всех загрязненных магистралах деградировали, потеряли декоративность и поэтому подвергаются вырубке.

Устойчивые и неустойчивые виды отличаются своим метаболизмом. Устойчивые виды имеют более высокий уровень поглощения и накопления токсиантов в тканях в сублетальных и летальных дозах. Кроме того, они обладают активными процессами детоксикации. Повышение газоустойчивости в некоторых случаях достигается

активизацией синтеза белков, нуклеиновых кислот, пигментов, повышением уровня аккумуляции металлов, особенно железа, марганца, магния и др.

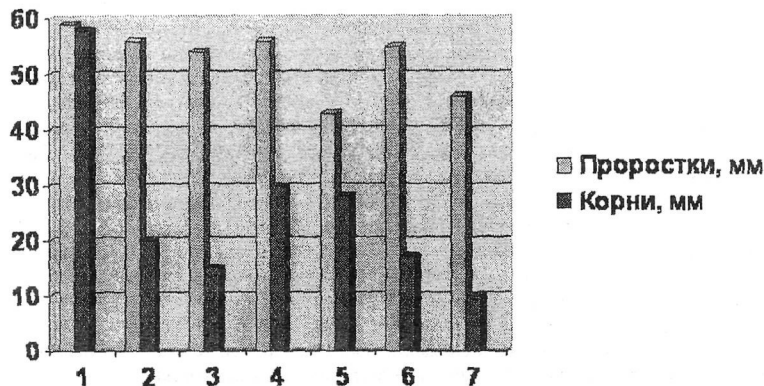


Рис. 6. Рост проростков и корней горчицы салатной «ядреной» на образцах почвы с ключевых участков (табл. 6.29): 1 – 55 км; 2 – 50 км; 3 – 25 км; 4 – 18 км; 5 – 10 км; 6 – 4 км; 7 – 2 км.

Под влиянием загрязнения воздуха у высших растений сдвигаются фазы их сезонного развития. Наблюдается массовое запаздывание (на 2-3 недели) весной распускания почек, разворачивания листьев, цветения. Количество плодов и их размер уменьшаются и созревают плоды быстрее. В целом, у многих видов растений вегетационный период укорачивается на 20-70 дней. Таким образом, фенологические наблюдения также индицируют степень техногенного и рекреационного воздействия на экосистемы и виды. Хвойные леса по сравнению с лиственными обнаруживают в целом меньшую устойчивость к техногенному загрязнению, что связано с их вечнозеленостью и накоплением в живущей несколько лет хвое токсикантов. По наблюдениям в Тимирязевской лесной даче (ТСХА) хвоя у сосны в условиях атмосферного загрязнения сменяется не через 3-5 лет, а через 1-2 года.

В лесных экосистемах в результате техногенного загрязнения первоначально страдает древостой, в дальнейшем при пролонгировании воздействия начинают страдать нижние ярусы сообществ. По нашим наблюдениям из травяно-кустарничкового покрова лесов в первую очередь исчезают корнеподстилочные таежные виды (таежное мелкотравье). Под влиянием техногенного стресса древостои ослабевают и подвергаются заселению стволовыми вредителями. Заселенность короедом достигает 3-65%, поражение опенком – 46%. Роль растительности в мониторинге техногенного загрязнения особенно велика, благодаря её интегрирующей роли в природном ландшафте. Травы и кустарнички напочвенного покрова лесов обладают разной экологической стратегией (Пьянков и др., 2001), относятся к разным жизненным формам, отличаются по химическому составу, эффективности использования ресурсов среды и устойчивостью к экологическому стрессу, что используется при мониторинге. Установлено, что группа рудералов (растения свалок, замусоренных и придорожных местообитаний) отличается высоким содержанием минеральных веществ, органических

кислот и азота, они более легко приспосабливаются к техногенному загрязнению. Наоборот, лесные полукустарнички (майник, грушанки, седмичник) растут медленно, а для синтеза защитных веществ требуются дополнительные затраты энергии. Вследствие этого они быстрее других групп видов элиминируют (снижают обилие, рост и встречаемость).

Ненарушенные лесные экосистемы имеют большую продуктивность и биоразнообразие. Для лесных экосистем в соответствии с их зональной и региональной принадлежностью присуще определенное соотношение эколого-фитоценологических групп видов. В ненарушенных и слабо нарушенных лесных экосистемах напочвенный покров состоит преимущественно из лесных видов, относящимся к таежным, боровым и дубравным (неморальным) эколого-фитоценологическим группам видов. При антропогенных нарушениях в лесные экосистемы внедряются представители луговых, лугово-болотных, сорных, рудеральных и других эколого-фитоценологических групп.

Наиболее чувствительны виды, у которых корневища и корни расположены в лесной подстилке и дернине, в которых в основном и накапливаются ЗВ. Виды с глубокой корневой системой имеют в условиях загрязнения преимущества и поэтому долго удерживают свои позиции в растительных сообществах.

Нами выявлено, что по зонам техногенного загрязнения происходит закономерное изменение флористического состава и снижение биоразнообразия, так как с нарастанием загрязнения из травостоя выпадают наиболее чувствительные к нему виды.

На лугах наибольшую чувствительность к загрязнению обнаружил клевер луговой, который сначала снизил обилие, а затем исчез из травяного покрова. В отличие от клевера сорные (боляк и др.) и рудеральные растения (мать-и-мачеха, польнь обыкновенная и др.) способны в своем теле накапливать значительные количества металлов, поэтому на загрязненных ТМ территориях они получают наибольшее распространение. По зонам техногенного загрязнения происходит изменение соотношения эколого-фитоценологических групп видов (рис. 7). Из рисунка 7. можно видеть, что на фоновой территории (55 км) флористический состав пщучковых лугов почти исключительно состоит из луговых видов. При слабом загрязнении (45 км) преобладают луговые и лугово-болотные виды, при среднем загрязнении (25 и 18 км) продолжается преобладание луговых видов по процентному отношению, но их количество падает с 18 видов до 6-7 видов.

При довольно сильном и сильном загрязнении (10 и 4 км) роль луговых видов резко сокращается, в травостое присутствует только 3 вида луговых трав, и резко возрастает роль сорных и рудеральных видов, отличающихся способностью без особого вреда для себя накапливать в своем теле ТМ. Таким образом, флористический состав лугов индицирует степень техногенного загрязнения почв и воздуха.

Для каждой природной подзоны и провинции выявлены растения индикаторы техногенного воздействия. Индикаторное значение имеет не только присутствие видов, но и их отсутствие, что выявляется при сравнении геоботанических описания для зон техногенного воздействия. Выпадение видов растений из растительного покрова происходит с нарастанием техногенного воздействия и достижения критического уровня содержания в почве ЗВ. Наибольшую чувствительность имеют бобовые травы, особенно клевера, несколько менее чувствительны злаки. Воздействие техногенных выбросов вызывает сукцессии (направленные смены) в растительном покрове, ведущие к постепенному снижению биоразнообразия.

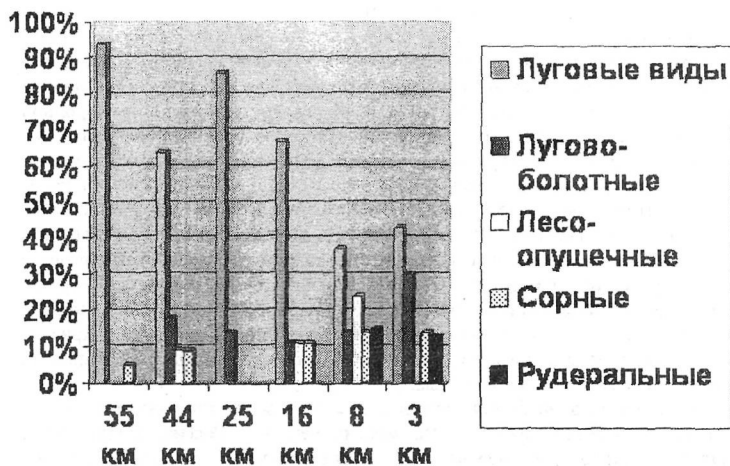


Рис. 7. Соотношение эколого-фитоценологических групп видов на щучковых лугах на разном расстоянии от «Северстали».

Внедрение на предприятиях природоохранных мероприятий будет способствовать постепенной стабилизации состояния ОС. Но так как на сильно загрязненных и довольно сильно загрязненных территориях в ОС уже произошли значительные изменения, то необходимо разработать и внедрить санирующие мероприятия, в которых необходимо учесть природные особенности техногенно нарушенных территорий, т.е. их расположение в природной зоне, подзоне и ландшафтной провинции. С учетом сказанного нами разработаны практические рекомендации (приведены в диссертации).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработана концепция зонально-провинциального проявления техногенного воздействия черной металлургии на окружающую природную среду. Показано, что ответная реакция ландшафтов и их компонентов на техногенное загрязнение зависит не только от объема и состава последних, но также от положения ландшафта в природной зоне, подзоне и провинции. Ответная реакция ландшафтов на техногенное загрязнение зависит от структуры и гранулометрического состава почв, содержания в ней гумуса и обменных оснований и от реакции почвенного раствора. Реакция растительного покрова на техногенное загрязнение зависит от исходной структуры и видового состава растительных сообществ, наследственной природы видов растений, их устойчивости к воздействию техногенного загрязнения. В связи с неодинаковой реакцией ландшафтов зон, подзон и провинций на техногенное загрязнение в них происходят разно направленные сукцессии в почвенном и растительном покрове. Это определяет характер неблагоприятных изменений почв и растительности, а также необходимые мероприятия по санации техногенно загрязненных почв, их использованию, внедрению мероприятий по улучшению состава растительного покрова.

2. Черная металлургия одна из важнейших отраслей тяжелой промышленности, от которой зависит технический прогресс. Во многих регионах России предприятиям черной металлургии принадлежит ведущая роль в загрязнении окружающей среды (ОС) что связано с многоэтапностью отрасли, переработкой значительных масс сырьевых материалов, большим разнообразием технологических процессов и приемов, а также с наличием крупных предприятий с полным циклом. К предприятиям с полным циклом относится комбинат «Северсталь», расположенный в Череповце, Ново-Липецкий металлургический комбинат, Тула-Чермет и др. К предприятиям с перелесной металлургией, работающей на привозном металлоломе, относится Омутнинский металлургический комбинат в Кировской области. Электрометаллургия развита в г. Электросталь, в Московской области.

3. На всех этапах производства черных металлов образуется пыль, содержащая железо, кальций, магний и другие металлы. На некоторых стадиях металлургического цикла образуются газы, шлаки и шламы. Очень вредны для ОС газовые выбросы от предприятий черной металлургии, содержащие  $SO_2$ ,  $NO$ ,  $NO_2$  и другие вещества. На объемы техногенных выбросов и их состав влияет технология и оборудование, применяемые при производстве и обработке металлов. Пылевые выбросы предприятий черной металлургии являются важным источником эмиссии вредных веществ в ОС. Формирование техногенных геохимических аномалий в атмосферном воздухе, в снеговом покрове и почвах в значительной мере обусловлено поступлением в атмосферу и последующим осаждением на подстилающие поверхности промышленной пыли.

4. Выделение на всех стадиях металлургического цикла газов и пыли существенно ухудшает состав воздуха производственных предприятий. В воздухе рабочей зоны металлургических предприятий содержатся аэрозоли, металлы и другие вещества, оказывающие неблагоприятное влияние на здоровье рабочих. Наиболее вредна мелкодисперсная пыль. Поэтому внедрение новых технологий на стадиях металлургического цикла важно как с экономической, так и с экологической точки зрения. На Омутнинском металлургическом заводе с участием В.С. Груздева проведена работа по совершенствованию технологии производства стальных фасонных профилей малых сечений. В построенной технологической линии произведена замена холодного волочения горячим, что позволило значительно уменьшить образование пыли и газов. За счет меньших габаритов установки увеличился объем воздуха в производственном помещении, сократилось количество рабочих операций. Это дало значительный экономический и экологический эффект.

5. Загрязнение окружающей природной среды (ОПС) предприятиями металлургического комплекса и их влияние на ландшафты и экосистемы связано с уровнем применяемых технологий, их экологичностью, качеством и количеством используемого сырья, объемом и составом выбросов, сбросов и твердых отходов, положением предприятия в определенной географической зоне, подзоне и ландшафтной провинции, характером рассеивания, составом и структурой компонентов ландшафта.

6. Загрязнение атмосферного воздуха выбросами металлургических предприятий изменяет направления динамических процессов в экосистемах, вызывает техногенные сукцессии в растительном и почвенном покрове, приводит к снижению биоразнообразия и биологической активности почв. Наибольшей чувствительностью к воздействию техногенного загрязнения характеризуются лесные и луговые виды, а сорные и рудеральные виды могут накапливать в своих органах значительные количества тяжелых металлов (ТМ) и часто увеличивают обилие на загрязненных территориях. На вегетирующие растения большое влияние оказывают газовые выбросы, приводящие к процессам хлороза и некроза в листьях.

7. Почвы природных зон, подзон и провинций к воздействию техногенного загрязнения обнаруживают разную степень устойчивости, что связано с их изначальной кислотностью, содержанием гумуса и обменных оснований. К накоплению ТМ показали очень низкую устойчивость бедные, кислые почвы, характерные для средней тайги. Низкую устойчивость проявляют кислые почвы южной тайги с содержанием гумуса не более 2%. Почвы южной тайги в целом более устойчивы, чем почвы средней тайги: средне устойчивы нейтральные малогумусные почвы. Почвы лесостепи (серые лесные и черноземы) к накоплению подвижных форм ТМ более устойчивы, что связано с высоким содержанием в них гумуса. Например, накопление цинка в зоне сильного загрязнения в г. Череповце превышает ПДК в десятки раз, а в г. Липецке в 2-6 раз.

8. Пыль, выбрасываемая предприятиями черной металлургии, содержит большое количество оксидов кальция и магния, вызывающих подщелачивание почв. Степень подщелачивания почв при движении от южной тайги к южной лесостепи постепенно возрастает, что связано с тем, что природная кислотность почв к югу уменьшается. В результате этого одно и то же количество выбросов, что и в лесной зоне в г. Липецке привело к формированию сильно щелочных почв с рН более 8,1-8,3. Поэтому, в связи с непрерывным режимом черноземов в зоне сильного воздействия агломерационной фабрики Новолипецкого металлургического комбината сформировалась техногенная пустыня. На почве сформировался техногенный горизонт (1-4 см), состоящий из техногенных выбросов агломерационной фабрики. Его формирование связано с непрерывным режимом почв. Семена трав и деревьев в этом горизонте не прорастают.

9. В настоящее время, в связи с введением на «Северсталь» оборотного водоснабжения и некоторых других природоохранных мероприятий, общий уровень техногенных выбросов несколько снизился. Общий объем выбросов  $SO_2$  в 1992 году достигал 40,6 тыс.т в год, а в 2004 году он снизился до 29,8 тыс.т в год. Выбросы  $N_2$  с 33,6 тыс.т снизился до 25,0; выбросы  $CO$  – с 401,2 снизился до 285,2 тыс.т в год. Уровень загрязнения воздушной среды г. Череповца, г. Электростали, г. Тулы и г. Липецка остается высоким. Кроме того, в компонентах ландшафтов за годы работы комбинатов (Северсталь – 53 года, Электросталь – 90 лет) накопились значительные количества загрязнений, что уже отразилось на состоянии почв, растительности и вод. На Ново-Липецком металлургическом комбинате разработана и внедрена программа охраны ОС. Объем техногенных выбросов сократился, но в ОС уже накопилось много ЗВ. Следует учесть, что почвы южной лесостепи имеют непрерывный водный режим и процессы вымывания сдерживаются большим количеством гуминовых кислот, поэтому для

санации техногенно загрязненных почв необходимы специальные мероприятия (см.: практич. рекомендации).

10. На основе химических анализов почв и растений, данных биоиндикации, биотестирования и статистических данных выделены зоны техногенного воздействия предприятий черной металлургии на прилегающие территории. Вблизи комбинатов (до 2 км) выделена зона сильного загрязнения. Здесь концентрация в атмосферном воздухе оксидов азота достигает 3...6 ПДК, фенола – 2...3 ПДК; сероводорода – 3...4 ПДК, пыли 1,5 – 4 ПДК, аммиака – 1-3 ПДК; СО 1.2 ПДК. Зона довольно сильного загрязнения (до 5 км); среднего (до 15-20 км); слабого (до 50 км); фоновая территория (дальше 50-60 км). Несколько меньше размеры этих зон в районе завода «Электросталь», так как электрометаллургия меньше загрязняет ОС, чем предприятия полного цикла.

11. Изменение почв в зоне техногенного загрязнения связано с постепенным накоплением ЗВ. Накопление в почве магния и кальция, поступающего с пылью привело к карбонитизации почвы, что вызвало постепенное все более сильное подщелачивание почвы. Исходная кислотность почв в зоне действия комбината «Северсталь» была кислой и слабо кислой (рН – 5,5-6,5). В 1995 году на расстоянии 2 км от «Северстали» рН была 7,3...7,5, а в 2006 году 7,5...7,7, местами 8,0. Валовое содержание железа в почве с 1995 года с 10-13 % возросло до 13-15 %. Увеличилось также содержание цинка и других ТМ. Выявлено, что почвы, богатые органическим веществом, содержат меньше подвижных ТМ, так как они образуют нерастворимые комплексы с органическими веществами.

12. Техногенное загрязнение от выбросов черной металлургии можно выявить по преобладанию в растительном покрове устойчивых к загрязнению растений-биоиндикаторов. Выявлено, что наиболее устойчивы к загрязнению виды семейства астровых. Для лесной зоны особенно характерно разрастание бодяка, мать-и-мачехи, пиряжки, а для лесостепной зоны характерно разрастание золотой розги канадской и обыкновенной, бодяка, шавеля конского, чертополоха.

13. В зонах сильного и довольно сильного техногенного воздействия наблюдается деградация зеленых насаждений. Наиболее неблагоприятно влияние техногенных выбросов сказывается на клене американском, его облиственность около 50% от нормальной, листья в 1,5...2 раза мельче нормального размера, листья бледно-зеленые и частично пожелтевшие. У местных пород (береза, рябина и др.) общий облик удовлетворительный, но влияние техногенного загрязнения проявляется в низких приростах древостоя в высоту и по диаметру, поэтому формируются компактные, низкие, с густой кроной деревца. В придорожных аллеях вследствие загрязнения почти не развит травяной покров (кроме аллей, где обновлялись посадки). Широколиственные породы (дуб, липа) при загрязнении снижают жизнеспособность, наблюдается сбой биоритмов, поражение мучнистой росой, снижение продуктивности и декоративности.

14. В деревьях и травах происходит накопление серы, железа, меди, цинка, никеля и других металлов. Особенно много металлов накапливается в сорных и рудеральных растениях. Поэтому сукцессии растительности на лугах водоохраной зоны идут со снижением биоразнообразия. Уменьшается роль луговых трав и увеличивается роль сорных и рудеральных видов, способных накапливать в своей биомассе большие количества ТМ. Травы-гипераккумуляторы ТМ рекомендуется выращивать на техногенно загрязненных территориях, с дальнейшим удалением биомассы, которую можно использовать для выработки биотоплива.

15. Расчеты коэффициентов корреляционной связи между содержанием ТМ в почве и растениях показали, что относительно сильная и прямая связь наблюдается для кадмия, цинка и ртути. Слабая обратная связь обнаружилась для свинца и хрома, обратная связь для меди и кобальта. Наличие прямой связи говорит о том, что чем больше элемента

содержится в почве, тем интенсивнее он накапливается в растениях. Подвижные формы кадмия, цинка и меди более подвижны в нейтральных и кислых почвах, а хром и кобальт в нейтральных и щелочных

16. Выпадающие из воздуха загрязнения в основном накапливаются в верхнем горизонте почвы, в слое 0...5 см, со временем они проникают глубже. Для роста и развития растений важное значение имеет накопление серы. Фоновое выпадение серы составляет 25-30 кг/га, а среднее фоновое содержание в почве составляет 850 мг/кг. Критический уровень серы в атмосферном воздухе – 0,015...0,020 мг/м<sup>3</sup>. Увеличение концентрации серы в воздухе отражается на флористическом составе луговых растений: луговые виды постепенно снижают свое обилие и жизненность, а вместо них шире распространяются сорные и рудеральные растения.

### Основные публикации по теме диссертации

#### Монографии

1. Груздев В.С. Водоохранные зоны водохранилищ Нечерноземья [Текст] / Л.П. Груздева, С.В. Суслов, В.С. Груздев – М.: ГУЗ. – 2005. – 152 с.
2. Груздев В.С. Биоиндикация состояния окружающей среды. [Текст] / Груздев В.С. - М.: ГУЗ. 2008. – 142 с.

#### Статьи в научных журналах, рекомендованных ВАК

3. Груздев В.С. Рациональное распределение рабочих углов волок на станах сухого многократного волочения [Текст] / Т.В. Жадац, В.А. Трусов, В.С. Груздев и др. // Сталь. – 1988. - № 8. – С. 75-76.
4. Груздев В.С. Высокотемпературная термомеханическая обработка стали 45 с электроконтактным нагревом [Текст] / В.А. Трусов, В.Т. Жадац, В.С. Груздев и др. // Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. – 1992. - № 11. – С. 35-38.
5. Груздев В.С. Эффективность ускоренного охлаждения подката [Текст] / Трусов В.А., Жадац В.Т., Груздев В.С. – 1993. - № 1. – С. 68-70.
6. Груздев В.С. Анализ загрязнения окружающей среды металлургическими и металлообрабатывающими предприятиями [Текст] / Л.П. Груздева, В.С. Груздев, С.В. Суслов // Вестник МОНУ. – 2002. - № 5. – С. 16-21.
7. Груздев В.С. Структурная организация территории и сохранение биоразнообразия [Текст] / Л.П. Груздева, С.В. Суслов, В.С. Груздев, // Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки». – 2004. - № 1-2. – С. 186-190.
8. Груздев В.С. Применение биоиндикации для оценки состояния окружающей среды в зоне влияния металлургических предприятий [Текст] / Л.П. Груздева, В.С. Груздев, С.В. Суслов – Вестник МГОУ. Серия «Естественные науки», – 2004. - № 1-2. – С. 195-198.
9. Груздев В.С. Лесные экосистемы лесопарков Подмосквья и их биоразнообразие [Текст] / Л.П. Груздева, В.С. Груздев, Е.О. Павлова, С.В. Суслов // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2005. - № 6. – С. 92-94.
10. Груздев В.С. Динамика лесных экосистем средней тайги ЕТС при техногенном воздействии [Текст] / В.С. Груздев // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2005. - № 11. – С. 104-105.
11. Груздев В.С. Структурные компоненты лесных экосистем лесопарков как индикатор их нарушенности [Текст] / Л.П. Груздева, В.С. Груздев, Е.О. Павлова // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2006. - № 2. – С. 94-97.
12. Груздев В.С. Мониторинг состояния ландшафтов в зоне влияния металлургического центра «Северсталь» [Текст] // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2006. - № 11. – С. 79-83.

13. Груздев В.С. Оценка влияния предприятий черной металлургии на качество природных вод [Текст] / Л.П. Груздева, В.С. Груздев // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2007. - № 11. – С. 52-54.
14. Груздев В.С. Экологический мониторинг влияния техногенных выбросов комбината «Северсталь» на экосистемы водоохраной зоны Рыбинского водохранилища в пределах побережья Шекснинского плеса [Текст] / Д.А. Шаповалов, В.С. Груздев, Л.А. Ведешин // Экологические системы и приборы. – 2008. - № 8. – С. 18-25.
15. Груздев В.С. Роль макрофитов в формировании качества воды водоемов Ближнего Подмосковья [Текст] / Д.А.Шаповалов, Л.П. Груздева, В.С. Груздев и др.// Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2008. - № 3. – С. 95-100.
16. Груздев В.С. Влияние Рыбинского водохранилища и техногенных выбросов комбината «Северсталь» на ландшафты водоохраной зоны [Текст] / Л.П. Груздева, В.С. Груздев, Д.А. Шаповалов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2008. - № 3. – С. 14-18.
17. Груздев В.С. Влияние техногенных выбросов на почву и растительность (на примере ОАО «Северсталь») [Текст] / Д.А. Шаповалов, В.С. Груздев // Экология и промышленность России. – 2008. – Июль. – С. 32-35.
18. Груздев В.С. Биотестирование токсичности почв в радиусе действия техногенных выбросов ОАО «Северсталь» [Текст] / Л.П. Груздева, Д.А. Шаповалов Д.А., В.С. Груздев // Земледелие. – 2008. - № 3.
19. Груздев В.С. Динамика экосистем щучковых лугов в зоне действия техногенных выбросов комбината «Северсталь» [Текст] // Проблемы региональной экологии. – 2008. - № 3. С. 88-92.
20. Груздев В.С. Влияние черной металлургии на состояние окружающей среды [Текст] // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2008. - № 4. – С. С. 47-51.
21. Груздев В.С. Формирование ландшафтов территории Государственного природного национального парка «Лосиный остров» [Текст] / В.П.Слука, Л.П. Груздева, В.С. Груздев, В.В. Косинский // Землеустройство, кадастр мониторинг земель. – 2008. – С. 80-87.
22. Груздев В.С. Динамика растительности и почв на вырубках ельника-кисличника в подзоне широколиственно-хвойных лесов в Подмосковье / Л.П.Груздева, В.С. Груздев // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2009. - № 3. – С. 89-92.
23. Груздев В.С. О возможности использования и детоксикации почв, загрязненных техногенными выбросами предприятий черной металлургии [Текст] / В.С. Груздев, Л.П.Груздева // Проблемы региональной экологии. – 2009. – С. 54-58.
24. Груздев В.С. Тяжелые металлы в малых водоемах Подмосковья [Текст] / Шаповалов Д.А., Груздев В.С., Балоян Б.М., Ухоботина Е.В., Хромов В.М. // Мелиорация и водное хозяйство. – 2009. - № 6. – С. 20-23.

#### Статьи в сборниках, журналах и материалы конференций

25. Разработка технологии высокоточных фасонных профилей с термической обработкой / А.Т. Тумко, В.Т. Жадан, В.С. Груздев и др. // Тезисы доклада Всерос. Конф. «Повышение качества металлопроката путем термической и термомеханической обработки». - Днепропетровск. - 1985. - С. 26-27.
26. Груздев В.С. Технология производства сортового проката с повышенным уровнем качества на основе применения ТМО [Экспонат на зарубежную выставку «НТТС - 87»] / Т.В. Жадан, В.А. Трусов, В.С. Груздев и др. // Берлин. – 1987. – 2 пл.
27. Груздев В.С. Нарушенные ландшафты лесной зоны и их влияние на загрязнение окружающей среды [Текст] / В.С. Груздев В.С., Т.П. Порядина // Сб. Прикладные проблемы геоэкологии. – 2002. – М.: ГУЗ. - С. 94-105.

28. Груздев В.С. О сохранении биологического разнообразия в условиях техногенного загрязнения ландшафтов зеленой зоны г. Москвы [Текст] / Л.П. Груздева, В.С. Груздев, Т.А.Соколова, С.В. Суслов // Сб. Итоги научных исследований ГУЗа. – М.: ГУЗ. – 2002. – С. 94-105.
29. Груздев В.С. Трансформация экосистем лесопарков в зоне влияния металлургических предприятий [Текст] / Л.П. Груздева, В.С. Груздев // Тезисы доклада Всероссийской научно-практической конф. М.: Горки Ленинские. - 2002. – С. 173-175.
30. Груздев В.С. Роль Государственных природных национальных парков и лесопарков в сохранении биоразнообразия в лесной зоне [Текст] / Л.П.Груздева, В.С.Груздев // Тезисы доклада Всероссийской научно-практической конф. – М.: Горки Ленинские. – 2002. – С. 169-172.
31. Груздев В.С. Пути снижения вредного влияния металлургических предприятий на окружающую среду [Текст] / Л.П.Груздева, В.С.Груздев // Сб. Вопросы прикладной геоэкологии. – М.: ГУЗ. – 2004. – С. 89-92.
32. Груздев В.С. Экологическая оценка техногенного загрязнения окружающей среды металлургическими предприятиями [Текст] / Л.П.Груздева, В.С.Груздев // Сб. Вопросы прикладной геоэкологии. – М.: ГУЗ. – 2004. – С. 99-108.
33. Груздев В.С. Оценка устойчивости компонентов ландшафтов к воздействию промышленного загрязнения [Текст] / Л.П.Груздева, В.С. Груздев // М.:ГУЗ. Юбилейный сборник «Социально-экологические и правовые проблемы развития территорий». – 2004.
34. Груздев В.С. Средообразующие функции лесопарков бассейна Учинского водохранилища [Текст] / Л.П.Груздева, С.В.Суслов, В.С.Груздев // Тезисы доклада Всероссийской конф. – М.: Горки Ленинские. – 2004.
35. Груздев В.С. Изменение лесных экосистем средней тайги под влиянием техногенных выбросов ОАО «Северсталь» [Текст] / Л.П.Груздева, В.С.Груздев, Д.А.Шаповалов // тезисы доклада Международной конф. – М.: ГУЗ. - 2007.
36. Груздев В.С. Столыпинская реформа и подходы к оценке возможности использования земель, подвергающихся воздействию подтопления и техногенных выбросов предприятий черной металлургии [Текст] / Д.А. Шаповалов, В.С. Груздев, Л.П. Груздева // тезисы доклада конференции « 100-летию Столыпинской реформы и землеустройство». М.: ГУЗ. 2007. – С. 56-62.
37. Груздев В.С. Воздействие техногенных выбросов ОАО «Северсталь» на миграцию и аккумуляцию элементов в луговых экосистемах водоохранной зоны Рыбинского водохранилища [Текст] // Тезисы доклада Международной конф. – М.: ГУЗ. – 2007.
38. Груздев В.С. Изменение лесных экосистем средней тайги под влиянием техногенных выбросов ОАО «Северсталь» / Л.П.Груздева, В.С.Груздев, Д.А.Шаповалов // Тезисы доклада Международной конф. М.: ГУЗ. – 2008.
39. Груздев В.С. Техногенное воздействие предприятий черной металлургии на ландшафты лесной зоны // Тезисы доклада Международной конф. «Проблемы землеустройства...». – М.: ГУЗ. – 2009. – С. 323-330.
40. Груздев В.С. Оценка загрязнения атмосферы выбросами металлургических предприятий / Л.П.Груздева, В.С.Груздев // Тезисы доклада Международной конф. «Проблемы землеустройства и кадастра». – М.: ГУЗ. 2009. С. 447- 453.

Сдано в производство 16.02.2010. Подписано в печать 17.02.2010.  
Формат 60 x 84 1/16. Объем 2 п.л., 1,7 уч.-изд. Бумага офсетная.  
Тир. 100. Заказ № 831.

---

Участок оперативной полиграфии ГУЗа  
Москва, ул. Казакова, 15