

Андреев Дмитрий Николаевич

**ЭКОГЕОХИМИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА
АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОСОБО
ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Специальность 25.00.23 – физическая география и
биогеография, география почв и геохимия ландшафтов

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Пермь – 2012

Работа выполнена на кафедре биогеоценологии и охраны природы Пермского государственного национального исследовательского университета

Научный руководитель: **Бузмаков Сергей Алексеевич**
доктор географических наук, профессор,
заведующий кафедрой биогеоценологии и охраны
природы Пермского государственного
национального исследовательского университета
(г. Пермь)

Официальные оппоненты: **Стурман Владимир Ицхакович**
доктор географических наук, профессор,
заведующий кафедрой природопользования и
экологического картографирования Удмуртского
государственного университета (г. Ижевск)
Бажукова Наталья Валерьевна
кандидат географических наук, доцент кафедры
картографии и геоинформатики Пермского
государственного национального
исследовательского университета (г. Пермь)

Ведущая организация: ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»

Защита состоится «28» декабря 2012 г. в 11 часов 30 минут на заседании диссертационного совета Д 212.189.10 при Пермском государственном национальном исследовательском университете по адресу: г. Пермь, ул. Букирева, 15, корпус 8, 2 этаж, аудитория 215. e-mail: seg@psu.ru, факс: (342) 239-63-54

С диссертацией можно ознакомиться в читальном зале научной библиотеки Пермского государственного национального исследовательского университета, автореферат размещен на сайте Пермского государственного национального исследовательского университета: <http://www.psu.ru> и официальном сайте ВАК РФ.

Автореферат разослан «27» ноября 2012 г.

Ученый секретарь диссертационного
совета, кандидат географических
наук, доцент



Т.А. Балина

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. В настоящее время деградация лесных экосистем под влиянием различного рода антропогенных факторов является актуальной проблемой, которая особенно обостряется на урбанизированных территориях, где природная среда испытывает комплексное повышенное воздействие. Результатом значительной и всевозрастающей антропогенной нагрузки на леса становится утрата их способности выполнять экологические функции.

Для предотвращения деградации природной среды создаются особо охраняемые природные территории (ООПТ), они становятся очагами восстановления прошлого естественного баланса или сдерживают ход неблагоприятных изменений (Реймерс, 1978). За состоянием ООПТ необходима организация систематических наблюдений (Реймерс, 1994).

На сегодняшний день существует множество методов индикации антропогенной трансформации природной среды, однако большинство из них не могут выявить нарушения в экосистеме на ранней стадии изменения ее экологического состояния (Григорьев, 2005). Особенно важна информация о влиянии концентраций химических элементов в экосистеме на биологические объекты.

Реакция древесных растений на антропогенное воздействие зависит от множества природных факторов (Кулагин, 1980; Павлов, 2006; Черненко, 2002; Николаевский, 2002). Диагностика трансформации экосистем может выполняться методом сравнения сходных экосистем, находящихся под влиянием различной антропогенной нагрузки (Дончева и др., 1992).

Среди лесообразующих видов одним из широко распространенных индикаторов является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) (Шуберт, 1982; Черненко, 1986; Фомин и др., 1992; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989; Экологический мониторинг..., 2006; Собчак, 2009; и др.). Сосна обыкновенная отличается высокой чувствительностью к повышенным концентрациям токсических веществ в окружающей среде.

Цель исследования: диагностировать особенности антропогенной трансформации экосистем ООПТ по экологическим и геохимическим показателям.

Для достижения цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Проанализировать теоретические представления об антропогенной трансформации экосистем;
2. Разработать методику комплексной диагностики антропогенной трансформации экосистем;
3. Определить состояние ООПТ по физиологическим, геохимическим и ландшафтно-индикационным показателям;
4. Предложить природоохранные мероприятия на основе экогеохимической диагностики.

Объект исследования – особо охраняемые природные территории «Черняевский лес» и «Осинская лесная дача». Охраняемый природный ландшафт местного значения «Черняевский лес» (площадь – 685,97 га) представляет собой лесной массив, который находится практически в центре г. Перми, в окружении жилых районов. В качестве фоновой территории принят охраняемый ландшафт регионального значения «Осинская лесная дача» (площадь – 12168 га), расположенный почти в 100 км к юго-западу от г. Перми.

Предмет исследования – физиологические, геохимические и ландшафтно-индикационные показатели трансформации экосистем.

Теоретические основы исследования. Исследование опирается на концептуальные основы экосистемного подхода В.Н. Сукачева, В.Д. Федорова, Н.Ф. Реймерса; научные представления о трансформации природной среды Н.Ф. Реймерса, С.А. Бузмакова, А.Г. Исаченко; теоретические основы заповедного дела Н.Ф. Реймерса, Ф.Р. Штильмарка, Г.А. Воронова; теоретические разработки по биоиндикации Р. Шуберта, А.Б. Рубина, В.Г. Каплина, Ю.С. Григорьева, Г.А. Зайцева, А.Ю. Кулагина, О.П. Мелеховой; теоретические разработки по вопросам экологической геохимии А.И. Перельмана, М.А. Глазовской, В.А. Алексеенко, Н.С. Касимова, В.В. Добровольского, А.П. Виноградова, Т.В. Череньковой, Ю.Е. Саета, Ю.З. Кулагина; теоретические разработки по ландшафтной индикации С.В. Викторова, А.Г. Чикишева, Е.А. Востоковой, Б.В. Виноградова, А.Н. Громцева, В.Г. Каплина.

Методы исследования. Работа выполнена на основе синтеза различных научных подходов. Определение деградации экосистем проводилось в соответствии с методическими указаниями «Экологическая оценка состояния особо охраняемых природных территорий регионального значения» (Бузмаков и др., 2011). Геоботанические описания растительности на пробных площадках выполнялись по традиционным общепринятым методам (Краткое руководство..., 1952; Корчагин, 1964; Нешатаев, 1987). Лесотаксационные параметры измерялись в соответствии со стандартными методами (Анучин, 1982). Физиологическое состояние растительности оценивалось по флуоресценции хлорофилла хвои сосны обыкновенной. Для этого разработана «Методика регистрации замедленной флуоресценции хлорофилла при биоиндикации загрязнения воздушной среды на хвойных» (Григорьев, Андреев, 2012). Данная методика содержит подробные указания по отбору, подготовке и анализу хвои на флуориметре «Фотон-10». Геохимические параметры определялись в соответствии с общепринятыми методиками и нормативными документами (Инструкция по геохимическим..., 1983; Алексеенко и др., 2008; ГОСТ 28168-89; МУ 2.1.7.730-99). Ландшафтная индикация выполнялась на основе анализа данных дистанционного зондирования с применением программных продуктов ENVI 4.7 и ArcGIS 9.3. Для исследуемых территорий разработаны геоинформационные базы данных, включающие в свой состав результаты проведенных исследований.

На ООПТ предварительно выделялись сосновые типы леса зеленомошной группы для проведения индикационных исследований, которые уточнялись в полевых условиях. На обеих территориях заложено по 30 пробных площадок. Всего отобрано 1640 проб хвои сосны для измерения замедленной флуоресценции хлорофилла (из них 1040 для разработки методики), по 60 проб почвы и хвои сосны для геохимического анализа.

Информационная база исследований. При написании диссертационной работы использовались: 1) данные собственных полевых и лабораторно-аналитических исследований, обработанные с помощью статистических методов и ГИС-технологий; 2) планы лесонасаждений и таксационные описания, предоставленные Пермским городским лесничеством и Осинским участковым лесничеством; 3) космические снимки Landsat MSS, TM, ETM+; 4) научные статьи и монографии.

Научная новизна диссертации:

- разработана и апробирована методика регистрации замедленной флуоресценции хлорофилла при биоиндикации загрязнения воздушной среды на хвойных породах;
- разработана и апробирована методика комплексной диагностики антропогенной трансформации ООПТ;
- впервые в Пермском крае определены параметры флуоресценции хлорофилла ассимиляционных органов сосны обыкновенной, находящихся под влиянием различной антропогенной нагрузки;
- установлено фоновое содержание микроэлементов в почве и хвое экосистем сосновых лесов в подтаежной зоне Пермского края.

Практическая значимость работы. Результаты исследования переданы в Управление по экологии и природопользованию г. Перми и использованы при разработке программы мониторинга и определении природоохранных мероприятий на ООПТ «Черняевский лес».

Выявленные индикаторы могут использоваться при проведении экологического мониторинга и контроля состояния ООПТ.

Созданы геоинформационные базы данных «Черняевский лес», «Осинская лесная дача», «Особо охраняемые природные территории Пермского края», материалы работы вошли в монографию «Особо охраняемые природные территории г. Перми» (2012).

Результаты исследования используются в учебной работе кафедры биогеоэкологии и охраны природы, в частности в дисциплинах «Учение об окружающей среде», «Экологический мониторинг», «Биоиндикация», «Геоинформационные технологии в природопользовании», которые читаются в ПГНИУ студентам – природопользователям.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследований были доложены на конференциях: I Международном экологическом конгрессе ELPIT-2007 «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов» (Тольятти, 2007), Всероссийской научной конференции XII Докучаевские молодежные чтения «Почвы и

продовольственная безопасность России» (Санкт-Петербург, 2009), Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Географическое изучение территориальных систем» (Пермь, 2009, 2010), Международном научном симпозиуме «Обеспечение экологической безопасности природно-техногенных систем – опыт из России и Германии» (Берлин, 2009), Международной конференции «Антропогенная трансформация природной среды» (Пермь, 2010), Всероссийской конференции «Наука, природа и общество» (Миасс, 2010), Межрегиональной конференции «Особо охраняемые природные территории в жизни региона» (Пермь, 2011), Международной школе-семинаре молодых ученых «Научные чтения памяти Н.Ф. Реймерса и Ф.Р. Штильмарка. Антропогенная трансформация природной среды» (Пермь, 2011), Региональной конференции «Устойчивое развитие и охрана природы» (Пермь, 2012), Всероссийской научной конференции «Геохимия ландшафтов и география почв (к 100-летию М.А. Глазовской)» (Москва, 2012), Международной научно-практической конференции «Современные проблемы географии, экологии и природопользования» (Волгоград, 2012), Международной конференции «ИнтерКарто-ИнтерГИС-18: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт» (Смоленск, 2012).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 25 работ, в том числе 1 монография (в соавторстве) и 5 статей в журналах, рекомендованных ВАК РФ.

Объем и структура диссертации. Диссертация включает 164 страницы, она состоит из введения, 4 глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа содержит 24 таблицы, 32 рисунка. Список литературы насчитывает 165 источников.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. При антропогенном воздействии существенно снижается замедленная флуоресценция хлорофилла ассимиляционных органов сосны обыкновенной.

Явление замедленной флуоресценции состоит в том, что после светового возбуждения в фотосинтезирующих клетках наблюдается слабое, длительно затухающее свечение, испускаемое хлорофиллом (Рубин, 2000). Это свечение возникает уже после прекращения быстрой флуоресценции за счет энергии, выделяемой в ходе темновых реакций первичных фотопродуктов фотосинтеза в реакционных центрах (Григорьев, Бучельников, 1999).

В работе использован метод регистрации относительного показателя замедленной флуоресценции (ОПЗФ) с помощью флуориметра «Фотон-10». Принцип регистрации показателя заключается в том, что измерение свечения каждого образца проводится для двух заранее установленных световых и временных режимов, условно обозначенных как «режим высокого света» и «режим низкого света» (Григорьев, 2005).

На флуоресценцию хлорофилла напрямую влияют абиотические факторы внешней среды, поэтому в рамках работы составлены графики среднего суточного изменения ОПЗФ на исследуемых территориях в зависимости от температуры и влажности воздуха (рис. 1).

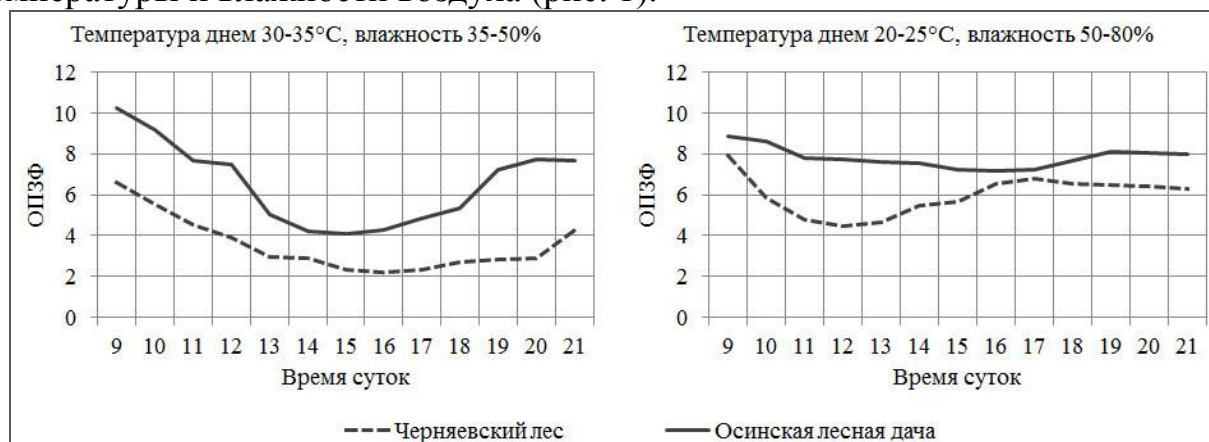


Рис. 1. Дневное изменение относительного показателя флуоресценции хлорофилла при разных погодных условиях
Составлен автором

В период дневной фотосинтетической депрессии в жаркую и сухую погоду ОПЗФ снижается до 2 на модельном участке в Черняевском лесу и до 4 – в Осинской лесной даче. В утреннее и вечернее время наблюдаются наибольшие отличия. При низких температурах и высокой влажности значительные отличия наблюдаются в период с 10 часов утра до 15 часов дня.

Дневное изменение флуоресценции хлорофилла на модельном участке в Осинской лесной даче принято за **фон** при оценке фотосинтетической активности ассимиляционных органов сосны обыкновенной на пробных площадках обеих ООПТ (табл.1).

Таблица 1

Значения относительного показателя флуоресценции хлорофилла, доли фона

Черняевский лес						Осинская лесная дача					
№ ПП	ОПЗФ	№ ПП	ОПЗФ	№ ПП	ОПЗФ	№ ПП	ОПЗФ	№ ПП	ОПЗФ	№ ПП	ОПЗФ
1	0,90	11	1,03	21	0,77	1	1,19	11	1,15	21	0,85
2	0,94	12	1,02	22	0,98	2	1,35	12	1,12	22	0,83
3	0,60	13	0,63	23	0,76	3	1,25	13	0,93	23	0,54
4	0,65	14	0,74	24	0,92	4	1,30	14	0,89	24	1,00
5	0,59	15	0,52	25	0,89	5	0,98	15	0,98	25	0,89
6	0,44	16	0,76	26	0,82	6	1,20	16	0,97	26	0,72
7	0,57	17	0,79	27	0,84	7	0,97	17	0,48	27	0,87
8	0,57	18	0,66	28	0,89	8	1,02	18	0,49	28	0,80
9	0,64	19	0,75	29	0,64	9	0,91	19	0,63	29	0,86
10	0,92	20	0,70	30	0,61	10	0,82	20	0,69	30	0,78
Среднее ОПЗФ				0,75 ± 0,3		Среднее ОПЗФ				0,92 ± 0,4	

В среднем по площадкам Осинской лесной дачи значение ОПЗФ меньше на 8% ($\pm 4\%$) от фона. В среднем по площадкам Черняевского леса значение ОПЗФ меньше на 25% ($\pm 3\%$) от фона.

Значение ОПЗФ в условиях существенной антропогенной нагрузки ниже на 25% и более относительно фона. Такое отклонение показателя свидетельствует об антропогенном воздействии даже на ранней стадии деградации экосистем.

2. В экосистемах сосновых лесов антропогенное воздействие приводит к накоплению в почве Pb, Zn, Cu, Mn, Ba, Sn, Zr и Ag, а в хвое сосны обыкновенной Ni, Cr, V, Ti, Cu и Ga.

По результатам геохимического анализа выявлены общие геохимические особенности исследуемых территорий (рис. 2, 3). Содержание Zn, Cu, P, Co в почве превышает кларк для почв мира почти в 2 раза. Содержание Ni в пределах кларка также является нехарактерным для почв легкого механического состава. Относительно низкое накопление отмечено для ряда элементов (Ti, Cr, Sc, Zr, Ba, Ga, Sr, Y, Sn).

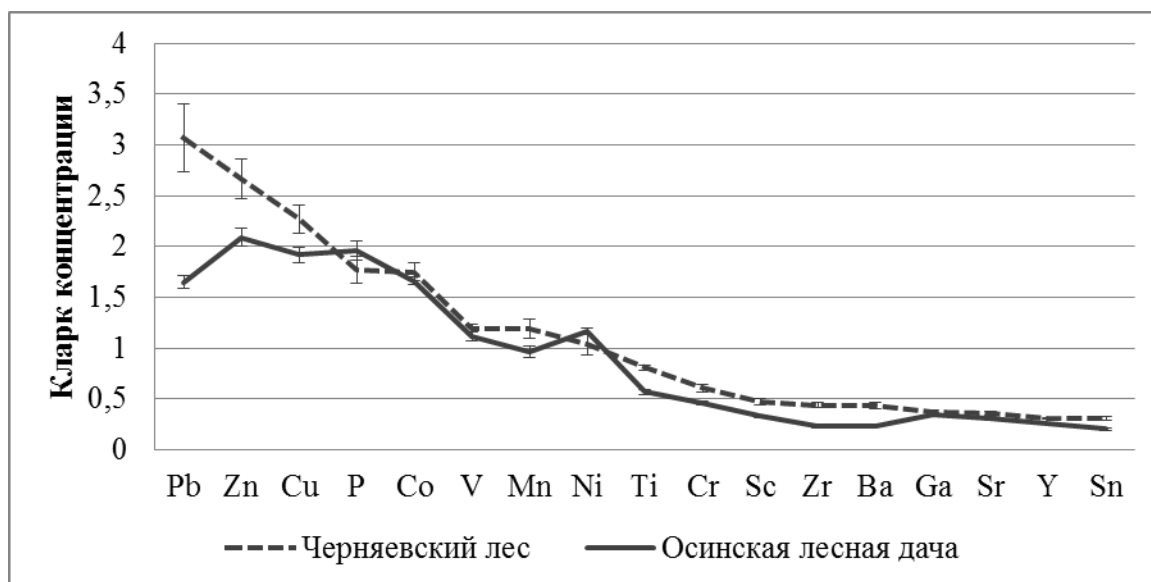


Рис. 2. Кларки концентраций элементов в почве
Составлен автором

В хвое сосны кларковое значение превышает концентрация Ga и Mn. Отмечено низкое накопление следующих элементов: V, Cr, Ba, Ti, Pb, Co, Zn, Cu.

По результатам геохимических исследований выявлены различия показателя качества почв и хвои Черняевского леса и Осинской лесной дачи. В почвах легкого механического состава Черняевского леса выявлено превышение содержания ряда микроэлементов. Наибольшие отличия обнаружены по Pb, Ag, Zr, Ba, Sn, Sc, Ti, Cr, Zn.

В хвое сосны обыкновенной в Черняевском лесу относительно фоновой территории выявлено значительное накопление Ti, V, Cr, Cu, Ni, Co, Zr, Ga.

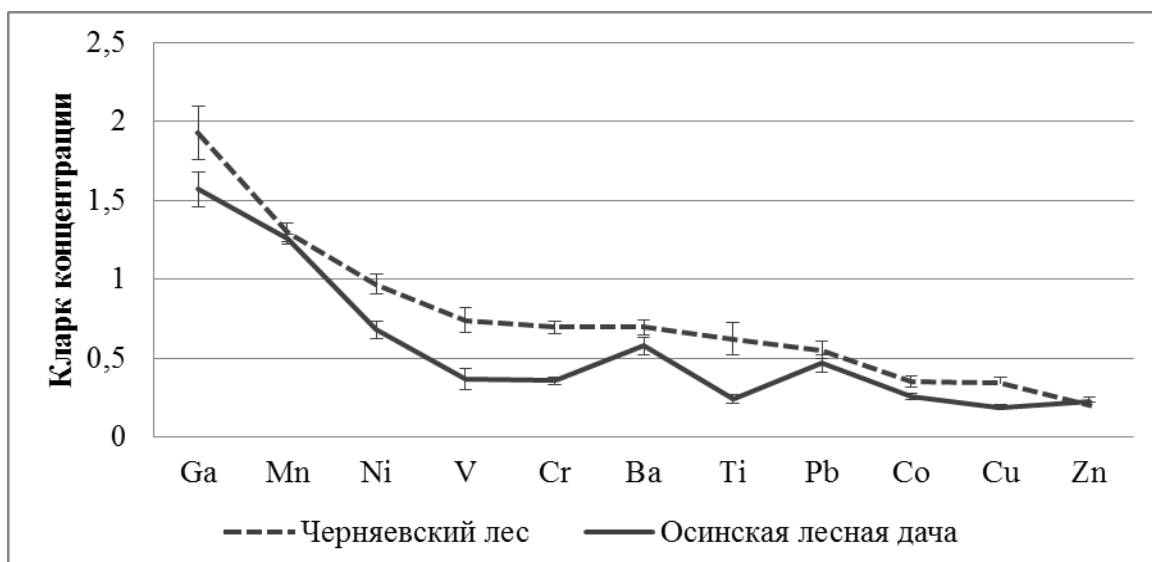


Рис. 3. Кларки концентраций элементов в хвое сосны обыкновенной
Составлен автором

По итогам расчета суммарного показателя загрязнения почв в Черняевском лесу на 2 пробных площадках отмечен опасный уровень загрязнения, на 8 – умеренно опасный (рис. 4).

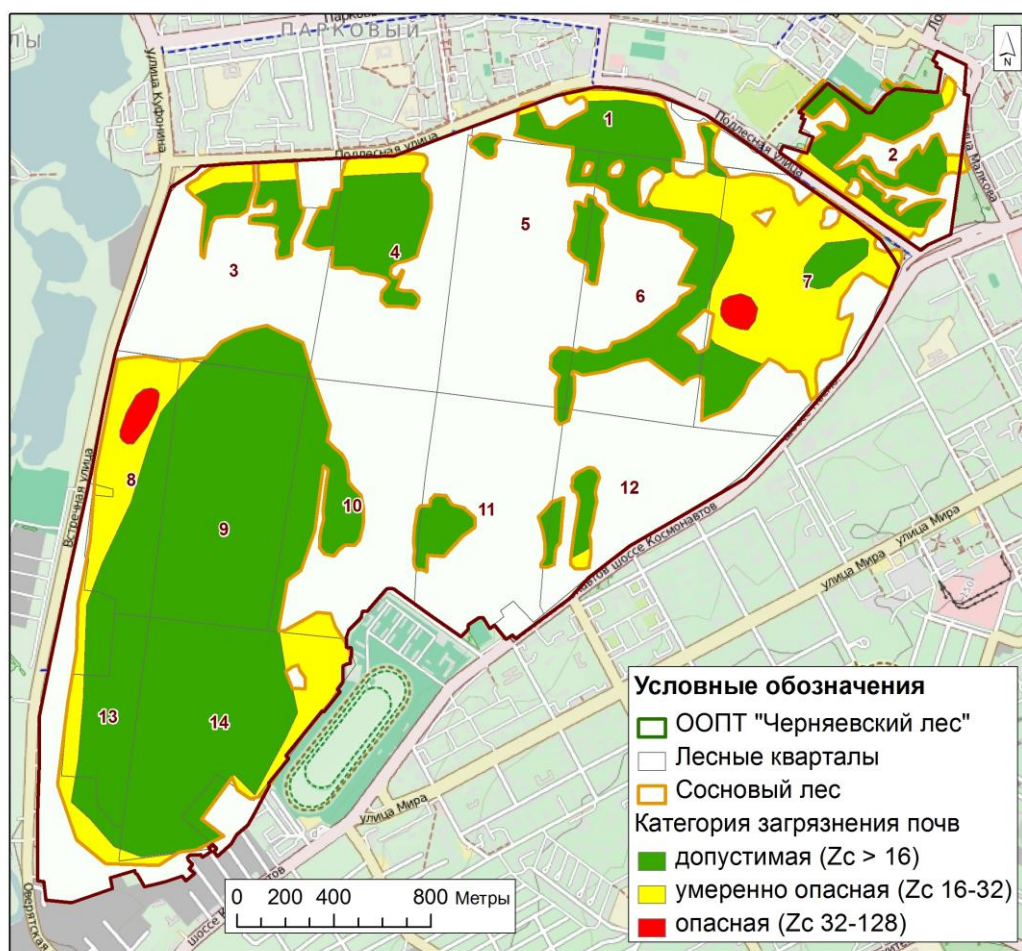


Рис. 4. Суммарный показатель загрязнения почв Черняевского леса
Составлен автором

Уровень загрязнения почвы на всех пробных площадках в Осинской лесной даче – допустимый.

Дополнительно для характеристики геохимических особенностей территорий посчитаны показатели абсолютного (ПАН) и относительного накопления (ПОН), а также коэффициент биологического поглощения.

В почвах Черняевского леса, по сравнению с фоновой территорией, отмечено наибольшее накопление таких элементов, как Ti (650 т/км²), Mn (115 т/км²), Cr (18 т/км²), Zn (17 т/км²). Однако с учетом фонового содержания накопление Pb и Ag более значимо (табл. 2).

Таблица 2

Накопление микроэлементов в почвах Черняевского леса

Показатель	Cr	Mn	V	Ti	Cu	Zn	Pb	Ag	Sr	Sn
ПАН (т/км ²)	18,2	114,7	4,9	657,8	4,2	17,2	8,5	0,05	8,8	0,6
ПОН	0,20	0,14	0,04	0,25	0,11	0,16	0,52	0,60	0,09	0,32

В результате анализа рядов биологического накопления обнаружено, что хвоей сосны обыкновенной на обеих территориях сильно поглощаются Mn, P, Ag, Ba, Cu, Sr, Zn, Ni. Остальные элементы только захватываются, т.к. поступающие элементы фиксируются и способны удерживаться в почвах, что препятствует переходу в растения. Также содержание тяжелых металлов в растениях может быть обусловлено защитными механизмами, которые регулируют их поступление в организм.

В Черняевском лесу коэффициент биологического поглощения повышен по V, Ti, Ni, Cu, Cr. Это свидетельствует об их высоких концентрациях в хвое, относительно почвы.

Таким образом, в геохимическом отношении антропогенное воздействие выражается в повышенных концентрациях микроэлементов в почве и ассимиляционных органах растений. В сосновых экосистемах влияние деятельности человека приводит к накоплению в почве более чем в 2 раза относительно кларка почв Pb и Zn. Также существенное воздействие выражается в повышении концентраций Cu, Mn, Ba, Sn, Zr и Ag.

При антропогенной нагрузке наблюдается значительное увеличение концентраций Ni, Cr, V, Ti, Cu и Ga в хвое сосны обыкновенной.

3. Ландшафтно-индикационный анализ данных дистанционного зондирования позволяет определять фазу трансформации экосистем ООПТ.

В целях изучения динамики экосистем ООПТ использовались космические снимки Landsat датой съемки 1975, 1990 и 2010 гг. По результатам дешифрирования данных дистанционного зондирования (ДДЗ) выделено 5 классов объектов в Черняевском лесу и 6 – в Осинской лесной даче (рис. 5, 6). По каждому классу определена динамика изменений за исследуемый период, выявлены их причины, пространственные и временные характеристики.

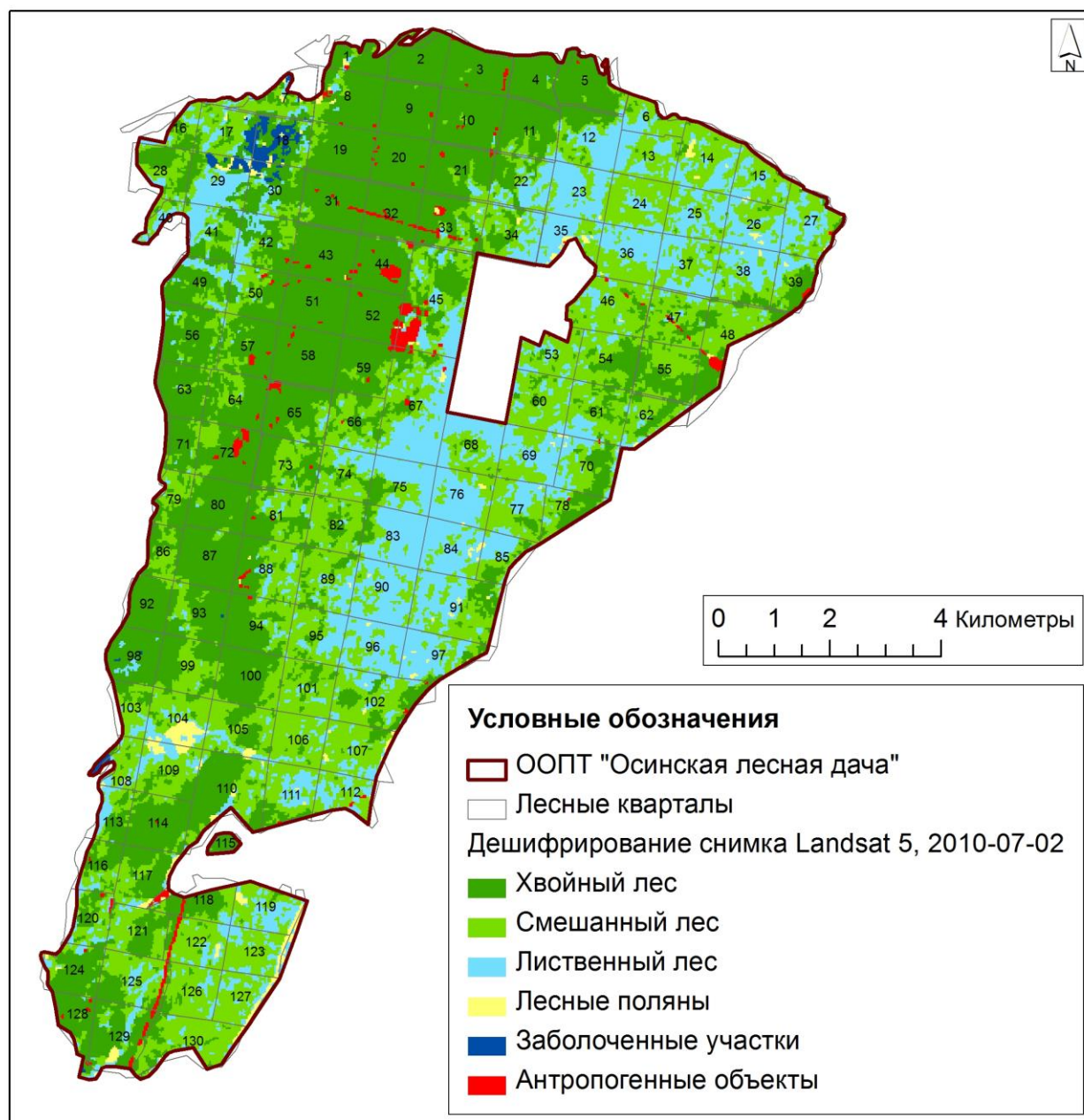


Рис. 5. Классы объектов в Осинской лесной даче
Составлен автором

Динамика экосистем определена путем анализа выделенных классов и результатов составления карт различий, которые основываются на изменении спектральной яркости изображений.

Вследствие нарушения растительного покрова на отдельных участках зарегистрировано увеличение отражающей способности поверхности, что связано с рубками леса, строительством антропогенных объектов, изменением структуры хвойных лесов, обустройством рекреационных зон и т.д.

Уменьшение яркости изображения связано с естественным зарастанием нарушенных земель, искусственным восстановлением сосны и ели, а также с разным по яркости отражением антропогенных объектов.

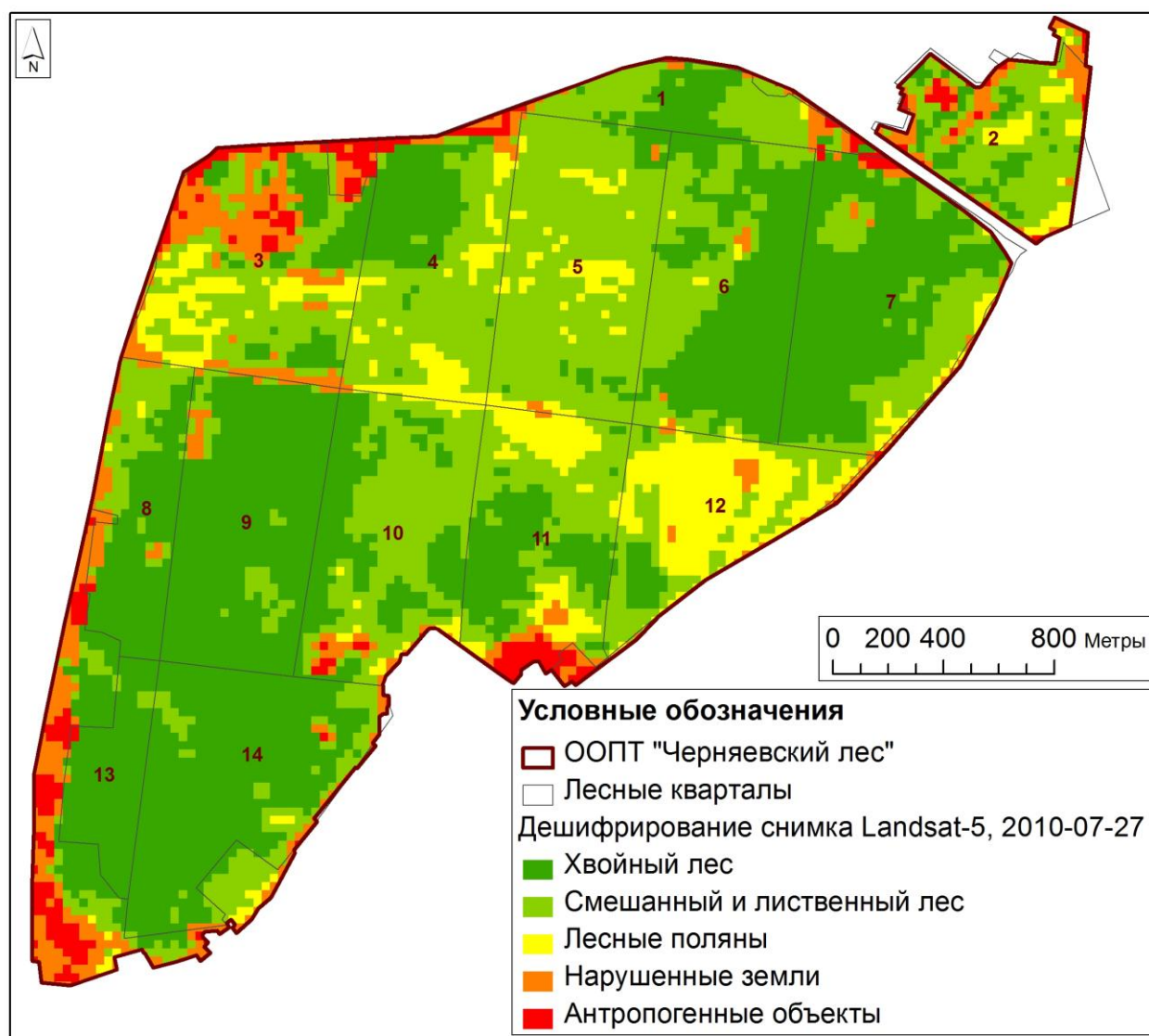


Рис. 6. Классы объектов в Черняевском лесу
Составлен автором

По результатам дешифрирования ДДЗ на обеих территориях выявлены участки как восстановления растительности, так и ее деградации под влиянием антропогенной деятельности (табл. 3).

В целом в Черняевском лесу с 1975 года преобладает деградация, вызванная строительством различных сооружений, прокладкой инженерных сооружений, обустройством рекреационных зон. Наиболее деградированные участки находятся на периферии, в рекреационных зонах и землях смежного землепользования. Восстановление вызвано естественным возобновлением лиственных пород, в первую очередь березы на лесных полянах.

В Осинской лесной даче преобладает восстановление. Значительные площади вырубок возобновляются как естественным образом (лиственными породами), так и благодаря посадкам хвойных пород. Деградация обусловлена рекреационным воздействием и заболачиванием, во многом вызванным созданием Воткинского водохранилища.

Таблица 3

Трансформация экосистем исследуемых ООПТ с 1975 по 2010 гг.

Наблюдаемые изменения	Преобладающее направление трансформации	Площадь	
		га	%
Черняевский лес			
Уменьшение площади хвойных лесов	деградация	46,0	6,7
Увеличение площади лиственных лесов	восстановление	34,7	5,0
Уменьшение площади лесных полян	восстановление	30,9	4,5
Увеличение площади нарушенных земель	деградация	32,9	4,8
Увеличение площади антропогенных объектов	деградация	9,3	1,4
Осинская лесная дача			
Увеличение площади хвойных лесов	восстановление	1477,6	11,9
Увеличение площади лиственных лесов	восстановление	1425,5	11,5
Увеличение площади смешанных лесов	восстановление	1882,7	15,2
Уменьшение площади лесных полян	восстановление	135,6	1,1
Увеличение площади болот	деградация	59,9	0,5
Уменьшение площади антропогенных объектов	восстановление	948,0	7,7

4. Комплексная диагностика антропогенной трансформации дает возможность предотвращать вредное воздействие на природную среду на основе выявления обратимых функциональных изменений экосистем.

При повышении антропогенной нагрузки изменяется качество природной среды. Экосистемы сосновых лесов трансформируются в сторону деградации. На ранней стадии деградации происходит понижение интенсивности фотосинтеза и продуктивности древесных растений. Изменения обусловлены накоплением ряда микроэлементов в почве и хвое сосны обыкновенной. Выявленный механизм позволил определить не только трансформацию экосистем в целом на ООПТ, но и локальные аномалии.

Для определения продуктивности экосистем сосновых лесов рассчитан вегетационный индекс NDVI. Максимальная величина NDVI является индикатором максимального количества биомассы растительного покрова (Козодеров, Кондранин, 2008). Вегетационный индекс рассчитан для обеих территорий по космическому снимку Landsat 7 ETM+ (разрешение – 15 м, дата съемки – 07.08.2012). Пропущенные линии, связанные со сбоем прибора Scan Line Corrector (SLC) в инструменте ETM+, заполнялись данными с аналогичного сенсора с датой съемки 12.08.2011.

Среднее значение вегетационного индекса NDVI для сосновых экосистем по пробным площадкам Черняевского леса составляет 0,62 ($\pm 0,1$), а Осинской лесной дачи – 0,67 ($\pm 0,1$). Тем самым на фоновой территории данный

показатель выше на 0,5, что считается существенным, т.к. для сосновых древостоев характерно стандартное значение вегетационного индекса от 0,6 до 0,7.

Основные выделенные индикаторы трансформации экосистем сосновых лесов в целом на исследуемых территориях представлены на рисунке 7.

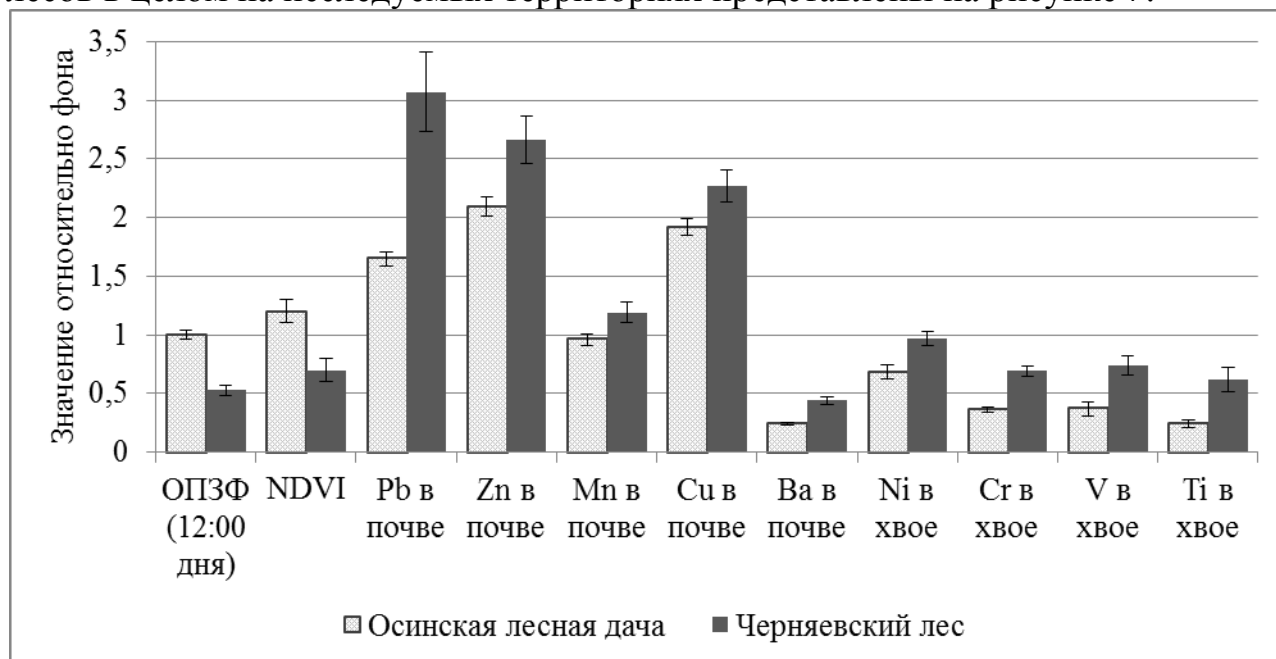


Рис. 7. Индикаторы антропогенной трансформации экосистем сосновых лесов
Составлен автором

По выявленным индикаторам обнаружены и описаны значительные отличия идентичных по происхождению экосистем. По каждому параметру определено фоновое значение, существенное отклонение от которого свидетельствует об антропогенном воздействии.

Результаты анализа локальных аномалий позволили выделить значительно трансформированные участки. Наиболее деградированы экосистемы на трех пробных площадках Черняевского леса, которые находятся в непосредственной близости от автомобильных дорог. Для них характерен опасный и умеренно опасный уровень загрязнения почв, загрязнение хвои тяжелыми металлами (Ni, Ti, Zn, Cr, V), пониженные значения вегетационного индекса и относительного показателя флуоресценции хлорофилла. Экосистемы на шести площадках также значительно деградированы, что обусловлено близостью участков к антропогенным объектам и рекреационным зонам. Наименее деградированы экосистемы на шести пробных площадках Черняевского леса, расположенных в зоне особой охраны. Данные участки в основном испытывают воздействие рекреационного фактора.

На пробных площадках Осинской лесной дачи наиболее деградированы экосистемы на двух площадках, находящихся в непосредственной близости от автомобильной дороги краевого значения. Деграляция экосистем отмечена также на четырех площадках, подверженных воздействию рекреационного и

других факторов. Наименее деградированы экосистемы на двенадцати пробных площадках Осинской лесной дачи, на которых все измеряемые показатели находятся в пределах фона.

По итогам исследования составлена методика комплексной диагностики антропогенной трансформации экосистем, которая выполняется в определенной последовательности (рис. 8).



Рис. 8. Последовательность комплексной диагностики трансформации экосистем
Составлен автором

Комплексная диагностика антропогенной трансформации экосистем включает следующие основные показатели, для определения которых разработаны подробные методические указания:

1. Физиологические:
 - флуоресценция хлорофилла хвои сосны обыкновенной.

2. Геохимические:

- содержание Pb, Zn, Cu, Mn, Ba и других микроэлементов в почве;
- содержание Ni, Cr, V, Ti, Cu и других микроэлементов в хвое сосны обыкновенной;

- биологическое поглощение V, Ti, Ni;

- суммарное загрязнение почв.

3. Ландшафтно-индикационные:

- деградиционно-восстановительная фаза экосистем;

- временная динамика биогеоценологического покрова;

- вегетационные особенности растительности, регистрируемые дистанционно.

Разработанная и апробированная методика имеет важное научное и прикладное значение.

По результатам экогеохимической диагностики предложены рекомендации по использованию выделенных индикаторов в экологическом мониторинге и контроле состояния окружающей среды. Для исследуемых ООПТ составлены программы экологического мониторинга.

Помимо этого, по итогам диагностики предложены природоохранные мероприятия, которые позволят оптимизировать состояние ООПТ и уменьшить воздействие на них антропогенных факторов.

Природоохранные мероприятия составлены отдельно для каждой территории с учетом результатов экогеохимической диагностики, преобладающих антропогенных факторов и характера их воздействия. Среди мероприятий рекомендованы: обустройство рекреационных зон, усиление контроля на зонах особой охраны, посадка лесополос вдоль автомобильных дорог, искусственное лесовосстановление, обустройство русел водотоков, создание специальных гидротехнических сооружений, очистка почв от загрязнения, рекультивация песчаного карьера.

Проведение рекомендованных природоохранных мероприятий позволит предотвратить или уменьшить вредное воздействие на природную среду. Основой при принятии решений должны служить результаты экологического мониторинга, включающего выявление обратимых функциональных изменений экосистем.

Публикации по теме диссертации

Рецензируемые научные журналы и издания:

1. Бузмаков С.А. Антропогенная трансформация экосистем на особо охраняемой природной территории «Черняевский лес» / С.А. Бузмаков, Д.Н. Андреев, А.А. Зайцев // Вестник ОГУ. Оренбург, 2011. №12 (131). С. 173-175.

2. Григорьев Ю.С. К вопросу о методике регистрации замедленной флуоресценции хлорофилла при биоиндикации загрязнения воздушной среды на хвойных / Ю.С. Григорьев, Д.Н. Андреев // Естественные науки. Астрахань, 2012. № 2 (39). С. 36-39.

3. *Андреев Д.Н.* Использование данных дистанционного зондирования Земли при исследовании многолетней динамики лесных экосистем / Д.Н. Андреев // Геология, география и глобальная энергия. Астрахань, 2012. №4 (47). С. 126-131.
4. *Андреев Д.Н.* Экогеохимическая индикация антропогенной трансформации сосновых экосистем / Д.Н. Андреев // Научно-практический рецензируемый ежемесячный электронный журнал «Russian journal of Earth Sciences». 2012. № 10 (10). С. 44-45. URL: <http://www.ores.su>
5. *Андреев Д.Н.* Исследование динамики экосистем на особо охраняемой природной территории «Осинская лесная дача» / Д.Н. Андреев // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Самара, 2012. Т. 14, № 5. С. 116-118.

Монографии:

6. *Бузмаков С.А.* Особо охраняемые природные территории г. Перми: монография / Бузмаков С.А., Воронов Г.А., Андреев Д.Н. [и др.]; под ред. С.А. Бузмакова и Г.А. Воронова; Перм. гос. ун-т. Пермь, 2012. 204 с.

Статьи и материалы конференций:

7. *Андреев Д.Н.* Использование ГИС-технологий при создании базы данных ООПТ «Черняевский лесопарк г. Перми» / Д.Н. Андреев // Сборник трудов первого международного экологического конгресса ELPIT 2007. Тольятти, ТГУ, 2007, Т. 1. С. 155-158.
8. *Андреев Д.Н.* К экологической роли почв в условиях промышленного города / Д.Н. Андреев, И.Ф. Абдулманова // Материалы Всероссийской научной конференции XII Докучаевские молодежные чтения «Почвы и продовольственная безопасность России». СПб, 2009. С. 186-187.
9. *Андреев Д.Н.* Использование базы геоданных ООПТ «Черняевский лесопарк г. Перми» для решения экологических задач / Д.Н. Андреев // Географическое изучение территориальных систем: сб. материалов III Всерос. науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых. Пермь: Перм. гос. ун-т., 2009. С. 245-248.
10. *Кувшинская Л.В.* Структура почвенного покрова ООПТ «Черняевский лесопарк г. Перми» / Л.В. Кувшинская, Д.Н. Андреев // Географический вестник. Пермь, 2009. №1(9). С. 64-68.
11. *Андреев Д.Н.* Экологическая оценка по данным спутниковых наблюдений / Д.Н. Андреев // Антропогенная трансформация природной среды: материалы междун. семинара молодых ученых (14-17 декабря 2009 г.). Пермь: Перм. гос. ун-т., 2009. С. 66-71.
12. *Андреев Д.Н.* Экосистемы сосновых лесов и деятельность человека / Д.Н. Андреев // Географическое изучение территориальных систем: сб. материалов IV Всерос. науч.-практ. конф. студ., асп. и молодых ученых. Книга 1. Пермь: Перм. гос. ун-т., 2010. С. 200-203.
13. *Андреев Д.Н.* Роль ООПТ в сохранении сосновых лесов / Д.Н. Андреев // Наука, природа и общество. Материалы конференции. Миасс-Екатеринбург: УрО РАН, 2010. С. 232-236.

14. *Андреев Д.Н.* Особо охраняемые экосистемы сосновых лесов в Пермском крае / Д.Н. Андреев // Антропогенная трансформация природной среды: материалы междунар. конф. Пермь: Перм. гос. ун-т., 2010. Т.2. С. 19-25.
15. *Андреев Д.Н.* Разработка методики комплексного экологического обследования сосновых экосистем Пермского края / Д.Н. Андреев // Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: Тезисы докладов Международной конференции. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2010. С. 108-110.
16. *Андреев Д.Н.* Изучение воздействия антропогенных факторов на сосновые леса Пермского края / Д.Н. Андреев // Проблемы лесоведения и лесоводства: материалы Всерос. конф.: Четвертые Мелеховские научные чтения, посвященные 105-летию со дня рождения И.С. Мелехова. Архангельск: Северный (Арктический) федеральный университет, 2010. С. 141-143.
17. *Андреев Д.Н.* Измерение флуоресценции хлорофилла хвои сосны обыкновенной / Д.Н. Андреев // Научные чтения памяти Н.Ф. Реймерса и Ф.Р. Штильмарка. Антропогенная трансформация природной среды: материалы междунар. школы-семинара молодых ученых. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2011. С. 26-32.
18. *Андреев Д.Н.* Биогеохимическое исследование экосистем сосновых лесов в г. Пермь / Д.Н. Андреев, Н.Е. Гоголина // Геохимия ландшафтов и география почв (к 100-летию М.А. Глазовской). Доклады Всероссийской научной конференции. М.: Географический факультет МГУ, 2012. С. 40-41.
19. *Андреев Д.Н.* Изменение показателя замедленной флуоресценции хлорофилла у хвои сосны обыкновенной в экосистемах с различной антропогенной нагрузкой / Д.Н. Андреев // Современные проблемы географии, экологии и природопользования: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Волгоград: Изд-во ВолГУ, 2012. С. 10-14.
20. *Андреев Д.Н.* Измерение параметров фотосинтетического аппарата сосны обыкновенной / Д.Н. Андреев // Экология и природопользование: прикладные аспекты: материалы II Всероссийской (с международным участием) научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Уфа: Изд-во БГПУ, 2012. С. 11-14.
21. *Андреев Д.Н.* Использование экологической ГИС «Черняевский лес» для решения экологических задач / Д.Н. Андреев // Устойчивое развитие и охрана природы: материалы региональной конференции. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2012. С. 39-43.
22. *Андреев Д.Н.* Динамика экосистем на особо охраняемой природной территории «Черняевский лес» // ИнтерКарто-ИнтерГИС-18: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы международной конференции. Смоленск, 2012. С. 309-311.
23. *Андреев Д.Н.* Биологический контроль состояния окружающей среды по флуоресценции хлорофилла хвои сосны обыкновенной / Д.Н. Андреев // «Инновации в науке»: материалы X международной заочной научно-

практической конференции. Новосибирск: Изд. «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. С. 30-34.

24. *Андреев Д.Н.* Особенности микроэлементного состава сосновых экосистем в Пермском крае / Д.Н. Андреев, Н.Е. Гоголина // Воспроизводство, мониторинг и охрана природных, природно-антропогенных и антропогенных ландшафтов: материалы международной молодежной научной школы. Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2012. С. 12-16.

25. *Andreev D.N.* Bioindication of pollution on the chlorophyll fluorescence of pine needles / D.N. Andreev // Геоэкологические проблемы Приуралья: материалы междунар. летней школы-семинара. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т., 2012. С. 115-120.

Содержание диссертации

Введение

1. Антропогенная трансформация экосистем

1.1. Сосновые леса как экосистемы

1.2. Биоиндикация для оценки качества окружающей среды

1.3. Геохимические параметры изменений состояния природной среды

1.4. Ландшафтная индикация

2. Материал и методика

2.1. Характеристика ООПТ

2.2. Методика исследования

3. Состояние экосистем ООПТ с различной антропогенной нагрузкой

3.1. Степень деградации экосистем

3.2. Флуоресценция хлорофилла

3.3. Геохимические особенности

3.4. Ландшафтно-индикационные показатели

3.5. Антропогенные изменения экосистем

4. Природоохранное значение экогеохимической диагностики

4.1. Мониторинг состояния окружающей среды

4.2. Природоохранные мероприятия

Заключение

Список литературы

Подписано в печать 26.11.2012 г. Формат 60х84/16
Усл. печ. л 1,4. Тираж 150 экз. Заказ
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15
Типография Пермского государственного
национального исследовательского университета