

ми биолого-экологического и географического факультетов. При заповеднике создан экологический фонд, который позволяет значительную часть средств направлять на экологическое просвещение, издательскую деятельность. Готовится издание периодического информационного бюллетеня «Сохранить жемчужины При-

днепровья», задача которого — оперативное освещение состояния природно-заповедного фонда области и перспективы его расширения.

Таким образом, эколого-просветительская работа заповедника направлена на изменение потребительского стереотипа поведения людей, воспитанию нового отношения человека к живому.

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВИСИМСКОГО ЗАПОВЕДНИКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АНТРОПОГЕННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА НАЗЕМНЫЕ ЭКОСИСТЕМЫ

Воробейчик Е.Л.\*, Марин Ю.Ф.\*\*, Жигальский О.А.\*, Горячев В.М.\*,  
Хантемирова Е.В.\*, Лукьянов О.А.\*, Михайлова И.Н.\*,  
Кайгородова С.Ю.\*, Гольдберг И.Л.\*

\* Институт экологии растений и животных УрО РАН  
\*\* Висимский заповедник

Прогрессирующее загрязнение окружающей среды, обусловленное бесконтрольной хозяйственной деятельностью, в последнее время приобретает все более угрожающий характер. Этот процесс из локального стал принимать региональные масштабы, возникла угроза глобальных эффектов. Все это определяет теоретическую и практическую значимость исследований техногенных трансформаций экосистем.

Актуальной задачей является поиск индикационных свойств в биологических объектах с целью определения времени и интенсивности воздействия, характера повреждения и возможности прогнозирования состояния, как отдельных компонентов природной среды, так и изменений в самих биосистемах, а также разработка способов снижения воздействия различных загрязнителей. Получаемая при этом информация может служить основой для осуществления специальных мероприятий (лесохозяйственных, рекультивационных, противозерозионных и др.) по регулированию стабилизирующих механизмов, направленных на поддержание устойчивости лесных биогеоценозов, а также для разработки научных основ многофункционального ведения лесного хозяйства.

В последнее время все большее значение приобретает проблема экологического нормирования техногенных нагрузок на наземные экосистемы. Только на основе экологических нормативов возможна обоснованная регламентация антропогенных нагрузок и принятие управляющих административных решений в области природопользования. В значительной степени это связано с тем, что существующая система регламентации природопользования, базирующаяся на санитарно-гигиенических нормативах, для целей защиты экосистем неэффективна. Есть многочисленные примеры, когда безопасные для человека уровни загрязнения губительны для биоты (Кривоуцкий и др., 1986; Садыков, 1991; Воробейчик и др., 1994). Кроме того, многокомпонентность выбросов реальных производств делает неэффективным контроль соблюдения регламентов по каждому отдельному ингредиенту. Формы нахождения токсикантов в природе отличаются от форм, для которых были установлены нормативы. Не учитываются эффекты аккумуляции и транслокации в экосистемах, отсутствует дифференциация по природноклиматическим зонам и т.д. В результате происходит наращивание экологически опасных производств и прогрессирует техногенная деградация приро-

дных комплексов. Все это определяет необходимость разработки иных подходов к регламентации техногенных нагрузок на экосистемы, которые разрабатываются в рамках экологического нормирования.

Принципиально важно, что экологические нормативы, в отличие от санитарно-гигиенических, должны носить региональный характер, то есть разрабатываться в каждом крупном регионе (физико-географической зоне). Это определяет необходимость работ в области экологического нормирования регионально-го характера.

Проведение как фундаментальных, так и прикладных работ в области биоиндикации техногенных нагрузок на биоту, экологического нормирования и экологического мониторинга может быть эффективно только при условии наличия адекватного задачам исследований экспериментального полигона. Такой полигон должен включать как нарушенные участки, так и фоновые территории, которые не подвергаются антропогенным воздействиям локального масштаба. В условиях Среднего Урала такие экспериментальные полигоны, в большинстве случаев, реально организовать только на заповедной территории. Висимский государственный заповедник в этом отношении представляет собой одну из наиболее перспективных территорий.

Немаловажен также следующий момент. Параметры состояния биоты, зарегистрированные на территории Висимского заповедника, представляют собой эталонные значения для соответствующих типов лесов Среднего Урала. Они могут быть эффективно использованы в качестве фоновых значений при оценке нарушенности лесных экосистем Уральского региона.

Сотрудники Института экологии растений и животных УрО РАН проводили исследования техногенных трансформаций наземных экосистем Висимского заповедника как в рамках фундаментальных научных работ, так и по хозяйственным договорам. По заказу Свердловского областного комитета по охране природы в 1992-1993 гг. была выполнена работа в рамках договора «Разработка системы нормативных экологических индикаторов для оценки состояния природной среды Свердлов-

ской области». В результате ее выполнения была дана характеристика техногенных трансформаций основных компонентов лесных экосистем Висимского заповедника под действием промышленных эмиссий Невьянско-Кировградского промузла; был проведен выбор наиболее информативных индикаторов состояния экосистем. Продолжением этого направления исследований в 1994 г. явилась работа в рамках договора «Внедрение методики расчета экологических нормативов с учетом оценки техногенных воздействий на наземные экосистемы Невьянско-Кировградского промузла». В 1995 г. коллективом исполнителей из заповедника, Института экологии растений и животных и Института леса УрО РАН (отв. исполнитель Ю.Ф.Марин) подготовлен отчет по теме: «Проектно-изыскательские и научно-исследовательские работы по обоснованию статуса биосферного для Висимского заповедника», в одном из разделов которого рассмотрены приводящиеся ниже различные аспекты использования территории Висимского заповедника как экспериментального полигона для проведения исследований в области экологического нормирования и экологического мониторинга.

### 1. Требования к полигону исследований

Натурные исследования для создания экологических нормативов и разработки системы экологического мониторинга должны производиться на специально организуемых экспериментальных полигонах. Полигон представляет собой набор пробных площадей, образующий градиент нагрузки от максимального уровня до минимального. В качестве минимального уровня принимается фоновая нагрузка (т.е. нагрузка вне локальных источников, существующая от региональных и глобальных выпадений).

Наиболее оптимальный вариант имеет место, когда экспериментальный полигон представляет собой трансекту, проложенную от мощного точечного источника эмиссии поллютантов до территории, характеризующий местный фоновый уровень нагрузки.

Исходя из задач разработки экологических нормативов и создания системы экологи-

ческого мониторинга можно сформулировать определенные требования к экспериментальному полигону.

1. Источник эмиссии поллютантов действует достаточно долго (в течении времени, соизмеримого с временем жизни видов-эдификаторов; для лесных экосистем — это величина порядка 50 лет). При этом трансформация экосистем должна выйти на стационарный уровень.

2. Пробные площади полигона должны представлять собой генетически однотипные биогеоценозы, находящиеся в одинаковых элементах рельефа (т.е. до начала действия источника выбросов это должны быть биогеоценозы одного типа и одной растительной ассоциации).

3. Полигон должен «выходить» на региональный фон, а не «упираться» в зону действия другого источника выбросов.

4. Источник выбросов должен быть достаточно мощным, чтобы на полигоне можно было разместить необходимое число пробных площадей.

5. Структура выбросов и их величина должны мало меняться в течении времени действия источника.

Количество пробных площадей на экспериментальном полигоне должно составлять величину не менее 15-20. Такое число необходимо для корректной аппроксимации зависимости доза-эффект. Желательно, чтобы пробные площади были постоянными.

Рассмотрение ситуации, имеющей место в районе действия техногенных эмиссий Невьянско-Кировградского промузла, позволяет заключить, что трансекта от Кировградского медеплавильного завода до западной границы Висимского заповедника удовлетворяет всем вышеприведенным требованиям.

## 2. Некоторые результаты анализа техногенных трансформаций наземных экосистем Висимского заповедника

Натурные исследования лесных экосистем на экспериментальном полигоне в районе заповедника в 1993-1994 гг. включали регистрацию изменений в градиенте техногенного загрязнения параметров древесного, травяно-кус-

тарничкового и мохового ярусов растительности, биологической активности почвы, эпифитных лишениносинузий и сообществ мелких млекопитающих. Таким образом, была получена информация по состоянию всех основных структурно-функциональных блоков экосистемы — продуцентов, редуцентов и консументов. Изменение наиболее информативных параметров состояния наземных экосистем в градиенте техногенного загрязнения (в основном выбросами Кировградского медеплавильного комбината; КМК) суммировано в таблице.

По результатам работ можно сделать следующие выводы о деградации лесных экосистем экспериментального полигона.

На территориях, подверженных действию выбросов Невьянско-Кировградского промузла, зарегистрированы значительные изменения в структуре и функционировании лесных экосистем:

- снизился общий запас древостоя и его полнота, увеличилась доля сухостоя;

- у хвойных деревьев произошло изреживание крон, уменьшилась продолжительность жизни хвои и увеличилось поражение некрозами и хлорозами;

- снизилось проективное покрытие и видовое разнообразие травяно-кустарничкового яруса, увеличилась доля устойчивых к загрязнению злаков, рудеральных и луговых видов, снизилось количество лесных видов;

- значительно снизилось проективное покрытие и видовое богатство мохового покрова, на импактной территории представленного одновидовым сообществом;

- уменьшилось количество видов эпифитных лишайников вплоть до полного их исчезновения на импактной территории; снизилась видовая насыщенность и обилие лишениносинузий.

- произошло подавление биологической активности почвы, проявляющееся в элиминации крупных почвенных сапрофагов (дождевые черви), снижении скорости деструкции целлюлозы, накоплении массы неперефитного растительного опада, нарушении азотного обмена;

- уменьшилось обилие населения мелких млекопитающих, изменилась его структура, изменились демографические параметры доминирующего вида (рыжей полевки).

ТАБЛИЦА

Основные параметры состояния лесных экосистем в районе  
Невьянско-Кировградского промузла

Расстояние до КМК км	Конц. Cd в почве мкг/г	Запас древесины, кбм/га	Доля сухой, стоя, %	Кол-во видов: тра- вос- тоя	мхов ли- шай- ник.	Покрывтие лишайни- ков, % (H=1.3м)	Мощ- ность подс- тилки см	Скорость деструк- ции цел- люлозы, %	Обилие рыжей полевки	
1	6.61	110	14	16	1	0	0	4.6	14.44	0.043
2	7.65	220	9	39	5	1	0	4.9	31.71	0.053
3	10.71	180	5	28	8	1	0	4.2	31.70	0.163
3.5	11.05	210	2	35	8	4	0	3.2	23.04	0.043
5	6.31	190	4	38	10	3	0	2.4	41.05	0.053
6	4.81	290	2.5	30	16	7	3.4	2.4	30.13	0.343
10.5	4.68	160	2	19	12	1	0	1.1	48.13	0.108
11.5	4.84	320	3	27	9	8	0.3	1.1	57.09	0.269
14	5.43	320	2.5	29	11	7	1.3	2.1	52.98	0.372
16.5	1.55	280	2	38	17	11	32.4	1.3	58.18	0.372
20	1.04	340	3	38	14	13	45.0	1.4	44.70	1.000
35	1.09	310	3	35	16	13	45.0	1.7	48.33	1.000
37	1.14	320	2	42	14	13	29.5	1.5	43.76	1.000
39	1.05	300	2.5	22	18	11	47.0	1.4	56.84	1.000

Наиболее чувствительными параметрами лесных экосистем оказались показатели эпифитных лишайноциузий. Менее чувствительны — показатели видового богатства травяно-кустарничкового и мохового ярусов, параметры биологической активности почвы. Наиболее устойчивы показатели древесного яруса.

Таким образом, техногенная сукцессия сопровождается снижением общего биологического разнообразия, падением продуктивности и упрощением структуры, замедлением и разрывом круговорота биогенов. Тормозятся как продукционные, так и деструкционные процессы, нарушается баланс между ними. Ряд структурных элементов полностью элиминируется (лесное разнотравье, почвенные сапрофаги, эпифитные лишайники и др.). Все это дает основание рассматривать наблюдающиеся изменения не просто как трансформацию экосистемы, а именно как ее деградацию. Последние стадии трансформации представляют собой очевидную патологию. Переход к ним означает для экосис-

темы полную потерю устойчивости, то есть способности возвращаться в исходное состояние.

### 3. Зонирование территории по степени техногенной трансформации экосистем

Нагляднее всего процесс трансформации можно представить как последовательную смену стадий. Такое представление является традиционным в прикладной экологии (Крючков, 1991; Смит, 1985; Vogtman, 1982; и др.). Используя принцип пространственно-временных аналогий, стадии трансформации можно интерпретировать как фазы техногенной сукцессии. Соответственно стадиям трансформации можно выделять зоны состояния экосистем. В исследованном нами случае схема трансформаций может быть следующей (названия стадий даны по Vogtman, 1982).

1. Стадия выпадения чувствительных видов. Наблюдается элиминация наиболее чувствительных видов эпифитных лишайников. По

большинству остальных параметров экосистемы не отличимы от фонового уровня.

2. Стадия структурных перестроек экосистемы. Регистрируется ухудшение санитарного состояния деревьев, но плотность древостоя и его запас не изменяются. Происходят изменения в травяно-кустарничковом ярусе (выпадают чувствительные виды лесного разнотравья). Значительно снижается численность дождевых червей. Замедлены процессы, осуществляемые почвенными микроорганизмами. Наблюдается незначительное увеличение мощности подстилки. Значительно уменьшено разнообразие и обилие эпифитных лишайников. Параметры населения птиц и мелких млекопитающих остаются на уровне фона.

3. Стадия частичного разрушения экосистемы. Древесный ярус угнетен и изрежен, значительно уменьшены его запас и полнота, нарушено возобновление. В травяном ярусе почти отсутствуют лесные виды, которые заменены луговыми видами и эксплерентами. Биологическая активность почвы резко снижена. Крупные почвенные сапрофаги отсутствуют. Уменьшена скорость деструкции опада, который накапливается в виде толстого слоя подстилки. Лишайниковый покров сохраняется только у самого основания стволов, представлен одним-тремя устойчивыми видами. Происходит элиминация крупных лесных видов птиц, уменьшена общая плотность орнитонаселения. В тоже время, наблюдается вселение синантропных видов и видов, приуроченных к открытым местообитаниям.

4. Стадия полного разрушения («коллапса») экосистемы. Древесный ярус полностью разрушен, сохраняются лишь отдельные сильно угнетенные экземпляры деревьев. В травяном ярусе резко снижено участие лесных видов. Лишайниковый покров отсутствует. На части территории смыты подстилка и верхние горизонты почвы (вплоть до горизонта В). В микропонижениях встречаются «захоронения» неразложившегося опада. Биологическая активность почвы снижена до нуля. Типично почвенные животные отсутствуют (только под куртинами мха и в «захоронениях» опада встречаются личинки щелкунов и литобииды).

Группировки птиц и мелких млекопитающих не поддерживают себя и существуют за счет притока мигрантов с соседних участков.

Приведенное деление на стадии достаточно условно, поскольку между ними имеются соответствующие переходы. Тем не менее, характерные сообщества разных стадий отличаются друг от друга достаточно отчетливо.

Общее направление техногенных смен противоположно ходу естественных сукцессий и может быть охарактеризовано как «движение вспять». Состояние экосистем в зоне техногенной пустыни аналогично стадии пионерного сообщества при демулационных сукцессиях. По мере увеличения нагрузки экосистема как бы продвигается к нему от климаксного (фоновое) состояния через ряд последовательных стадий.

Подробное зонирование территорий, подверженных выбросам Невьянско-Кировградского промузла, — задача будущих исследований. В настоящий момент можно привести лишь ориентировочные оценки размеров зон.

Фоновая зона простирается вплоть до удаления на 12-15 км от источника выбросов (в пределах рассматриваемой трансекты). Буферная зона, в пределах которой последовательно проходят стадии выпадения наиболее чувствительных видов и стадии структурных перестроек, занимает отрезок от 10-12 км до 4-6 км. Импактная зона, в пределах которой имеет место стадия частичного разрушения, располагается на участке от 3-4 км до 1-2 км. Стадия полного разрушения, наблюдаемая в пределах зоны техногенной пустыни, занимает территорию радиусом менее 1 км от источника выбросов.

В настоящий момент Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов России разрабатывает систему экологического нормирования антропогенных нагрузок на природные комплексы разного масштаба. Работы, выполняемые и планируемые на экспериментальном полигоне на территории Висимского заповедника, могут служить основой для создания такой системы в условиях Уральского региона. Придание Висимскому заповеднику статуса биосферного даст новый импульс подобным работам.

Министерство охраны окружающей среды  
и природных ресурсов РФ  
Висимский государственный природный заповедник

---

# ПРОБЛЕМЫ ЗАПОВЕДНОГО ДЕЛА

Материалы научной конференции



Издательство «Екатеринбург»

1996

ББК 28.088л64  
П 78  
УДК 574.42:551.89

Редакционная коллегия: *А.С.Мишин (председатель),  
Ю.Ф.Марин (ответственный редактор), Л.В.Марина,  
Н.Л.Ухова, Р.З.Сибгатуллин*

Рецензент: *д.б.н. Л.Н.Добринский*

Печатается по решению Ученого совета Висимского заповедника  
(протокол № 1 от 21.03.96 г.)

П 78 **Проблемы заповедного дела. 25 лет Висимскому заповеднику.  
(Материалы научной конференции).** Тезисы докладов. — Екатеринбург:  
Издательство «Екатеринбург», 1996. — 252 с.

ISBN 5-88464-020-X

Сборник посвящен ряду общих проблем заповедного дела в России и в странах СНГ. Он подготовлен на основе материалов, присланных к научной конференции, проводящейся в связи с 25-летием Висимского заповедника (3-7 сентября 1996 года в г.Кировграде Свердловской области). В нем подводятся основные итоги деятельности Висимского заповедника, обсуждаются различные аспекты и опыт деятельности других заповедников, публикуются результаты изучения природных комплексов заповедников России и стран СНГ. Приводятся сведения об опыте и перспективах использования интерактивной информационной системы, разработанной для Висимского заповедника с целью совершенствования методов хранения и обработки материалов локального экологического мониторинга.

Для ученых, работников служб охраны природы и мониторинга природной среды, практических организаций осуществляющих природопользование, преподавателей и студентов.

П 21001-1740-002 Без объявл.  
И84(03)-96

ББК 28.088л64

ISBN 5-88464-020-X

© Висимский заповедник, 1996