Exis

Хантемирова

Елена Владленовна

РЕАКЦИЯ ТРАВЯНИСТОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА ВЫБРОСЫ МЕДЕПЛАВИЛЬНОГО ЗАВОДА (ценотические и популяционные аспекты)

03.00.16 - экология

Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук

ЕКАТЕРИНБУРГ

1997

Работа выполнена в лаборатории популяционной экологии растений Института экологии растений и животных Уральского отделения РАН

Научные руководители:	доктор биологических наук
	Семериков Л.Ф.
	доктор биологических наук, профессор
	Глотов Н.В.
011	
Оффициальные оппоненты:	доктор биологических наук
	Безель В.С.
	доктор биологических наук
	Махнев А.К.
Ведущая организация:	Уральская лесотехническая академия
20	<u>91199 €г. в №</u>
_	ета в Институте экологии растений и
животных УрО РАН по адресу: 620	0144, Екатеринбург, ул. 8 Марта, 202.
С диссертацией можно ознакоми	тъся в библиотеке Института экологии
растений и животных УрО РАН.	
Автореферат разослан " <i>26</i> , "	XU 1997 r.
Ученый секретарь диссертационно	ого совета,
кандидат биологических наук	ого совета, М. Имар Нифонтова М.Г.

Общая характеристика работы

Актуальность темы. Проблема поражения лесных экосистем выбросами металлургических предприятий существует во всех промышленно развитых странах. Несмотря на большой фактический материал, касающийся этого вопроса, остается актуальной проблема комплексной оценки состояния растительности на высших ступенях ее иерархии. Растительные объекты - ключевое звено в природных экосистемах и их параметры используются при оценке состояния экосистемы в целом. С повышением уровня организации растительных объектов повышается сложность реакции, так как цепочка причина - следствие удлиняется и усложняются взаимосвязи с факторами среды в экосистемах (Корженевский, 1992). Выполнено много исследований реакций растений на техногенное загрязнение на морфо-физиологическом уровне, в то время как фитоценотические и ценопопуляционные аспекты отклика растительности изучены гораздо меньше. Редко бывает проанализирована общая эколого-генетическая и эколого-демографическая структура популяций. Разные подходы редко сочетаются в исследованиях на одной территории.

Исходя из поставленной цели сформулированы следующие задачи:
- выявить закономерности изменения в градиенте химического загрязнения структуры травяно-кустарничкового яруса елово-пихтовых лесов подзоны южной тайги Среднего Урала;

- оценить пространственно-демографическую структуру популяций двух видов лугово-лесных растений горца змеиного (*Polygonum bistorta* L.) и кровохлебки лекарственной (*Sanguisorba officinalis* L.), связанную с фактором загрязнения и фитоценотическими изменениями;
- оценить эколого-генетическую структуру популяций этих видов и их приспособленность к техногенно измененной среде обитания.

Научная новизна работы. Показаны изменения структуры травянокустарничкового яруса ельников-пихтарников кислично-разнотравных в условиях загрязнения тяжелыми металлами и SO₂. Впервые изучена пространственно-демографическая структура ценопопуляций и эколого-генетическая популяционная изменчивость Polygonum bistorta L. и Sanguisorba officinalis L. в условиях загрязнения среды тяжелыми металлами. Выявлено увеличение возрастности (старения) популяций, усиление контагиозности в пространственном распределении растений. Показано, что клоны и потомки растений из импактной зоны в целом более приспособлены, чем из фоновой зоны.

Практическая значимость работы. Материалы по техногенной трансформации лесных экосистем составляют основу для выделения наиболее информативных параметров, которые могут быть использованы в целях диагностики нарушений лесных экосистем.

Апробация работы. Основные результаты работы были представлены на конференции молодых ботаников (Санкт-Петербург, 1990), совещании "Антропогенная динамика экосистем" (Москва, 1990), Всероссийском совещании "Экология популяций: структура и динамика" (Пущино, 1994), на Всероссийском совещании "Биоразнообразие лесных экосистем" (Москва, 1995), на совещании "Научно-методические основы мониторинга биоразно-

образия" (Москва, 1996), V научной конференции памяти проф. А.А. Уранова "Популяции и сообщества растений: экология, биоразнообразие, мониторинг" (Кострома, 1996).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 работ.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов и списка литературы (общий объем 148 стр.). В тексте диссертации приведены 8 рисунков, 23 таблицы. Список литературы содержит 162 источников, в том числе 63 иностранных.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава 1. Влияние техногенных загрязнений на растения (обзор литературы)

Представлен обзор литературы по действию техногенного загрязнения на древесный и травяно-кустарничковый ярус лесных сообществ, популяционные характеристики разных видов высших растений, эколого-генетическую структуру популяций.

Глава 2. Характеристика района исследований

Работа проведена в Свердловской области в подзоне южной тайги в районе действия Среднеуральского медеплавильного завода (СУМЗ). Основные поллютанты - SO₂ и тяжелые металлы (Сu, Pb, Cd и др.). В результате снижения рН почвенного раствора (с 5.5-6.2 до 4.4-4.8) увеличивается подвижность ионов металлов и, следовательно, их токсичность для экосистемы. Концентрация подвижных форм меди в почве возле завода превышает фоновый уровень в 6.9-11.1 раз, свинца - в 6.0-7.3 раза, кадмия - в 4.6-5.3 раза, цинка - 1.7-1.8 раз (Воробейчик, 1995б). В районе СУМЗа почвы су-

щественно деградированы по гумусу и основным элементам питания: калию, фосфору, азоту (Вострокнутов и др., 1996), ухудшаются водно-воздушные свойства почвы (Кайгородова, Воробейчик, 1996; Коковкина, Бабушкина, 1996). Для исследований было выбрано направление на запад от завода (против преобладающих ветров). Это связано с малонаселенностью района в этом направлении, отсутствием возле завода рекреации и выпаса. Фрагменты елово-пихтовых лесов сохраняются здесь вплоть до самой границы с заводом. Для каждой пробной площади имеются данные по содержанию тяжелых металлов в почве и снеге, полученные в ходе комплексных биогеоценотических исследований (Воробейчик и др., 1994). По содержанию металлов в почве выделены три классические зоны загрязненця - импактная (1-3 км), буферная (4-11 км), фоновая (>12 км).

В качестве объекта фитоценотических исследований были выбраны ельники-пихтарники из группы пихтачей зеленомошных на серых лесных почвах, расположенные на пологих склонах невысоких возвышенностей. Для них характерны свежие лесорастительные условия с режимом временного переувлажнения. Древостои средневозрастные, пихта преобладает по составу. Из широколиственных пород растет липа сердцелистная в своеобразной форме подлеска-подроста, иногда она выходит во второй ярус. При усилении техногенной нагрузки изменяется возрастная структура древостоя (увеличивается доля молодняка), уменьшается плотность всходов и запас древесины, увеличивается доля сухостоя по запасу. Сомкнутость крон уменьшается только на расстоянии 1 км от завода.

Глава 3. Материал и методика исследований

Полевые исследования в районе СУМЗа проводились в 1988-1992 гг., экспериментальные исследования - в 1995, 1996 гг.

1. Методика фитоценотических исследований. Полигон исследований включает участки на удалениях 1, 2, 4, 7 и 30 км от источника выбросов. На каждом из них заложено по пять пробных площадей размером 25х25 м в одном типе леса и сходных лесорастительных условиях.

Древесный ярус. Проведены таксационные описания древостоя с использованием методики сплошного перечета деревьев. У пяти модельных деревьев определены возраст и высота. Данные по древостою обработаны по общепринятой методике (Анучин, 1982) с использованием таксационных таблиц (Справочное пособие...,1966).

Травяно-кустарничковый ярус. Проведены геоботанические описания по общепринятой методике (Программа и методика ..., 1974). На каждой пробной площади с 15 площадок размером (50х50 см) делали одноразовый укос для определения запасов фракционной и общей фитомассы.

- 2. Методика популяционных исследований. Пространственную и возрастную структуры ценопопуляций горца змеиного и кровохлебки лекарственной изучали путем картирования на площадках 5х5м. У первого вида было изучено 5 ценопопуляций (две в импактной зоне, одна в буферной и две в фоновой). У второго две ценопопуляции, одна в импактной зоне, другая в фоновой. Возрастные состояния у этих видов выделяли, руководствуясь литературными источниками (Диагнозы и ключи..., 1983) и собственными наблюдениями.
- 3. Методика изучения эколого-генетической структуры популяций. Горец змеиный. В популяциях импактной и фоновой зон из десяти четко различимых клонов брали по четыре парциальных побега в имматурном или виргинильном состоянии, которые затем высаживали случайным образом на вскопанную незагрязненную почву в Ботаническом саду УрО РАН. В конце первого и второго после клонирования сезонов у каждого растения

подсчитывали количество прикорневых и стеблевых листьев, генеративных побегов, измеряли длину и ширину наибольшего листа, длину наибольшего генеративного побега, длину соцветия.

Кровохлебка лекарственная. Проводили эксперимент по посемейному высаживанию потомков растений кровохлебки лекарственной из фоновой (330 семян из 6 семей) и импактной зоны (280 семян из 7 семей) в чистую и загрязненную почву. Одну половину проростков посадили в загрязненную почву, взятую на расстоянии один километр от завода, другую - в незагрязненную почву. Через месяц было зарегистрировано количество выживших растений. При достижении выжившими растениями имматурного состояния был проведен учет количества листьев и длины листа.

Методы статистического анализа. Для типологического анализа флористического состава лесных фитоценозов, вычисления индексов разнообразия (Шеннона и Q-статистики) (Мэгарран, 1992) и коэффициентов сходства Съеренсена-Чекановского по количеству видов между фитоценозами использовали интерактивную информационную систему Висимского заповедника (Петросян и др., 1993).

При анализе эколого-генетической изменчивости использовали критерий хи-квадрат и G-тест (при анализе двух- и трехмерных таблиц сопряженности), различные схемы иерархического, перекрестно-иерархического и перекрестного дисперсионного анализа (однотрехфакторные схемы) (Sokal, Rohlf, 1995; Rohlf, Sokal, 1995).

Использовались компьютерные статистические пакеты BIOMstat (Rohlf, Slice, 1995) и SAS (SAS Institute..., 1988).

Глава 4. Реакция травяно-кустарничкового яруса еловопихтовых лесов на аэротехногенное загрязнение

Фитоценозы фоновой зоны (ельники-пихтарники кислично-разнотравные), состоящие из хорошо развитого комплекса таежных видов (Oxalis acetosella L., Equisetum sylvaticum L., Majanthemum bifolium (L.) F.W.Schmidt и т.д.) и видов неморальной флоры (Aegopodium podagraria L., Galium odoratum (L.) Scop, Asarum europaeum L. и т.д.), характеризуются достаточно богатыми эдафическими условиями и высокой наполненностью растительной массой. При приближении к заводу количество видов и их выравненность по обилию уменьшаются (табл.1). Показатель видового богатства травяно-кустарничкового яруса отрицательно скоррелирован с дозой нагрузки (R=-0.81, p< 0.001).

Таблица 1. Показатели видового разнообразия травостоя

	Зона и удаление от завода, км						
Параметры	EMIE E	Kihasi	буфс	фоновая			
			4 .		30		
Видовая насыщенность, видов/25 м ²	7 ±1,1	9±0,5	26 ±1,2	31 ±1,1	36 ±2,3		
Общее количество видов	16	18	42	43	54		
Индекс разнообразия Шеннона	0,70	0,95	1,58	2,43	2,67		
Q-статистика	3,76	3,92	8,01	11,93	12,07		

На начальном этапе техногенной трансформации из состава фитоценоза выпадают виды-ассектаторы (Melica nutans L., Pulmonaria obscura Dumort., Viola mirabilis L. и др.) Иерархическая структура доминирующих видов меняется. В фитоценозах фоновой зоны доминируют четыре вида - Oxalis acetosella L., Calamagrostis obtusata Trin., Equisetum sylvaticum L., Aegopodium podagraria L. В буферной зоне последний вид замещается Мајапthетит bifolium (L.) F.W.Schmidt, резко возрастает значимость хвоща лесного. В импактной зоне в травяном ярусе доминирует хвощ лесной, а в моховом - Pohlia nutans (Hedw.) Lindb. (мощный слой этого вида покрывает здесь около 90 % почвы).

Сходство видового состава фитоценозов 30 км с 7 км составляет 81%, с 4 км - 74%, со 2 км - 31%, с 1 км - 18%.

Столь значительную смену видового состава можно глубже понять, используя системный подход, применяемый в сравнительной флористике при анализе парциальных флор, рассматриваемых как гетерогенная система таксономических, географических, биоморфологических, ценотических элементов (Теоретические и методические вопросы ..., 1983).

Начнем с ценотических типов растений, как наиболее широкой категории жизненных типов. Мы оперировали тремя типами ценоморф: лесными, луговыми и сорными растениями. В сообществах фоновой зоны 96% от общего количества видов составляет группа лесных видов, сорных растений не обнаружено. Примесь луговых видов незначительна, она увеличивается в буферной зоне, достигая 25% в импактной зоне. Сорные виды (Chamerion angustifolium (L.) Holub, Tussilago farfara L., Elytrigia repens (L.) Nevski и др.) появляются только в импактной зоне (16%). По типам экологических стратегий - это экотопические патиенты и ценофобы-эксплеренты.

Из биологических форм наиболее устойчивы к загрязнению гемикриптофиты (табл. 2). Формы, почки возобновления которых находятся в

Таблица 2. Эколого-биологическая и географическая структура травостоя лесных сообществ разных зон загрязнения (% от общей фитомассы)

Группы видов	Зона загрязнения			
	импактная	буферная	фоновая	
<u>Географические</u>				
(широтные):				
Бореальная	99,9	94,4	76,5	
Неморальная	0,1	5,6	23,4	
Лесостепная	-	-	0,1	
Биологические:				
Хамефиты	0,2	14,6	17,9	
Гемикриптофиты	99,6	75,5	70,7	
Геофиты	0,2	9,9	11,1	
Терофиты	- :	-	0,3	
Экологические				
(по освещенности):				
Гелиофиты	2,2	0,4	-	
Гипогелнофиты	19,2	26,7	24,5	
Гемисильванты	5,7	20,4	17,3	
Сильванты	72,9	52,5	58,2	
(по трофности):				
Мезоолиготрофы	76,4	59,3	33,7	
Мезотрофы	23,4	38,7	59,4	
Мезоэвтрофы	0,1	1,7	4,3	
Гликофиты	0,1	0,3	2,7	
(по увлажнению):				
Ксеромезофиты	2,2	6,1	7,9	
Мезофиты	11,8	63,2	66,8	
Гигромезофиты	83,7	30,6	25,2	
Эврифиты	2,3	-	-	
(по кислотности):				
Перацидофилы	74,5	31,6	21,2	
Ацидофилы	2,4	10,2	14,2	
Нейтрофилы	0,1	1,8	6,8	
Алкалифилы	6,4	3,0	10,9	
Эврибионты	12,2	16,9	29,9	
Неопределенные	4,4	36,5	14,4	

избирательно накапливать из почвы некоторые элементы - марганец, никель, кобальт, цинк, железо, титан, хром, серебро (Попов, 1995; Попов, Шпанько, 1997). Кроме принадлежности к аккумулирующим индикаторам, эти два вида обладают также рядом других схожих черт (жизненная форма, особенности экологии, размножения, фитоценотическая приуроченность, тип эколого-ценотической стратегии).

<u>Гореи змеиный.</u> Популяция 1 фоновой зоны находится на опупке еловопихтового леса (разнотравно-шучковое сообщество); популяция 2 фоновой зоны - на злаково-разнотравном лугу; популяции буферной и импактной зоны растут на открытых местах среди остатков елово-пихтового леса, где основной процент покрытия приходится на мох *Pohlia nutans*.

Есть сведения, что в условиях, близких к эколого-ценотическому оптимуму, развиваются молодые и средневозрастные ценопопуляции горца змеиного (Строкова, 1984; Комаревцева, 1993). На территории, не подверженной загрязнению, две исследованные нами ценопопуляции горца змеиного оказались именно такими (табл.3).

По возрастному спектру популяция 1 фоновой зоны является средневозрастной нормальной, популяция 2 - молодой нормальной. Популяция буферной зоны - переходная от средневозрастной нормальной к старой нормальной. Популяция 1 импактной зоны - нормальная средневозрастная. Популяция 2 импактной зоны - старая нормальная.

За годы наблюдений возрастной спектр ценопопуляции фоновой зоны почти не изменился, в то время как ценопопуляции буферной и импактной зон быстро старекот и становятся переходными от средневозрастных нормальных к старым нормальным, старыми нормальными и регрессивными. Численность парциалей в ценопопуляции фоновой зоны увеличивается, в импактной зоне - уменьшается (в популяции 1 - медленно, в популяции 2 -

резко), для ценопопуляций буферной зоны характерны периоды понижения и повышения численности.

Таблица 3. Численность и возрастной состав ценопопуляций *Polygonum bistorta*

Попудящия	Год		Возрастные состояния						Численность, экз/25 м ²	Индекс возрастности
		j .	im	.v . *	gı	-22	£ 3	SS		
	1989	0	12	21	4	37	13	13	391	0.52
Импактная 1.	1990	0	8	17	1	31	27	16	358	0.58
	1991	0	4	6	0	7	56	27	255	0.77
	1989	0	3	0	1	1	41	54	562	0.85
Импактная 2	1990	0	0	0	0	0	12	88	493	0.91
	1991	0	0	0	0	0	0	100	30	0.93
	1989	0	3	8	3	40	23	23	644	0.68
Буферная	1990	0	4	13	0	8	50	25	683	0.72
	1991	0	3	0	0	16	21	60	546	0.85
Фоновая 1	1989	1	6	15	8	65	3	0	403	0.50
	1990	0	-9	16	5	60	7	3	445	0.52
Фоновая 2	1989	0	14	55	20	11	0	0	161	0.25

Сравнение запасов живой и мертвой фитомассы в ценопопуляциях загрязненных местообитаний и фоновых территорий указывает на преобладание процессов отмирания в ценопопуляциях импактной зоны (табл. 4), хотя на этот показатель может влиять существующее здесь торможение деструкционных процессов.

Известно, что у горца змеиного при действии антропогенных факторов (выпас, осущение) преобладают регрессивные ценопопуляции (Строко-

ва, Першукова, 1988). Возле завода нет ни выпаса, ни рекреации, следовательно, уплотнения почвы не происходит. Здесь также отсутствует конкуренция с другими видами и нет дефицита освещенности. Очевидно, такая реакция ценопопуляций горца на техногенное загрязнение связана с токсичностью почвы и техногенной трансформацией других экологических факторов - богатства и кислотности почв, увлажнения (Кайгородова, Воробейчик, 1996).

 Таблица 4.

 Характеристика надземных частей растений горца змеиного

Property and the second		Генеративнь	не растения		
Понуляция	Масса 1 экз. г сух. в-ва	Высота, см	Число ген. побегов на растение	Абс. сух. в- во, %	Фитомасса Мортмасса
Импактная 1	3,6±0,6	90,4 ±2,9	1,6 ±0,1	19,3 ±2,3	2,0 ±0,1
Импактная 2	1,4 ±0,2	78,5 ±2,8	1,1 ±0,1	38,1 ±5,1	1,1 ±0,1
Буферная	2,4 ±0,3	74,8 ±2,7	1,3 ±0,2	21,2±0,7	5,2 ±1,0
Буферная*	1,7 ±0,1	69,2 ±3,1	1,5 ±0,2	27,1±1,8	5,9 ±1,6
Фоновая 1	2,7 ±0,4	98,4 ±3,2	1,4 ±0,1	20,6 ±2,5	8,0 ±2,3
Фоновая*	2,9 ±0,8	94,8 ±3,0	1,3 ±0,2	17,2±1,1	10,6 ±2,5
Фоновая 2	2,4 ±0,3	83,8 ±2,0	1,4 ±0,1	19,9±2,2	6,8 ±0,8

Примечание: знаком (*) обозначены популяции, изученные однократно

Следует отметить, что лето 1988 года, предшествовавшее началу наблюдений, было засушливым. Это могло стать отправной точкой, с которой началось ускоренное старение ценопопуляций, находящихся в экстремальных условиях техногенной геохимической аномалии. Из ценопопуляций импактной зоны выделяется популяция 1. Ее возрастной спектр в первый год наблюдений близок к спектру средневозрастной нормальной популяции фоновой зоны. Показатели генеративных растений здесь даже выше, чем в фоновой ценопопуляции (см. табл.4). Кроме того, в этой популяции наиболее выражена степень контагиозности пространственного размещения, хотя все популяции (кроме фоновой 2) обладают разной степенью контагиозности, которая усиливается в техногенных экотопах (табл.5).

 Таблица 5.

 Характер пространственного распределения особей горца змеиного

- Попувяции	Отношение дисперсии к среднему	Согласие со случайным распределением
Импактная 1	13,11	< 0.001
Импактная 2	8.64	< 0.001
Буферная	4.35	< 0 001
Фоновая 1	4.34	< 0.001
Фоновая 2	3.38	> 0.1

В популяции 1 импактной зоны в результате активного вегетативного размножения образуются компактные клоны из множества парциальных побегов. Корневища этих побегов, тесно переплетаясь между собой и "выталкивая" себя на поверхность, почти потеряли связь с почвой. Снаружи их покрывает мощный слой мха. Клоны четко отграничены в пространстве друг от друга. Известно, что растения клоновой структуры оказываются экологически более стойкими в условиях неоднородности среды и скудости ресурсов (Злобин, 1989). Очевидно, именно эта особенность, а также отсутствие

межвидовой конкуренции способствуют сохранению ценопопуляций данного вида в импактной зоне.

Кровохлебка лекарственная Участок импактной зоны имеет вид сплошного мохового ковра из Pohlia nutans, из которого пятнами выступают растения кровохлебки лекарственной с многоглавым каудексом. Жизненная форма стержнекорневая, но главный корень отмирает. Семенное возобновление
в этой ценопопуляции отсутствует, возрастной спектр неполночленный. Самоподдержание осуществляется в результате разрастания ветвей каудекса и
гипогеогенных корневищ. Каудекс сохраняет целостность до сенильного
состояния. Хотя один из пиков численности в возрастном спектре приходится на группу средневозрастных генеративных растений, высокий индекс
возрастности (0,81) свидетельствует о преобладании здесь процессов старения, следовательно, это стареющая нормальная популяция (рис.2).

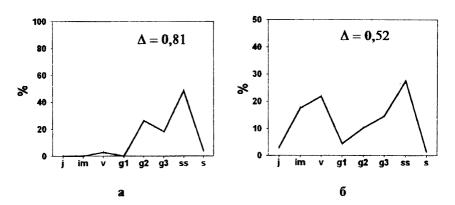


Рис. 2. Возрастная структура ценопопуляции кровохлебки лекарственной: а) ценопопуляция импактной зоны, б) ценопопуляция фоновой зоны; возрастное состояние: j - ювенильное; im - имматурное, v - виргинильное, g1 - молодое генеративное, g2 - зрелое генеративное, g3 - старое генеративное, ss - субсенильное, s - сенильное

Ценопопуляция фоновой зоны располагается на опушке елово-березового леса (злаково-разнотравное сообщество). Она является не совсем типичной зрелой нормальной. По-видимому, здесь наложились две волны ценопопуляционного потока (молодая на стареющую). Спектры такого типа у кровохлебки были выявлены И.М. Ермаковой (1994) на злаково-разнотравных лугах в пойме реки Угры (Калужская обл.).

Результаты изучения пространственной структуры показывают, что в этих двух ценопопуляциях тип размещения побегов по участку разный. В фоновой популяции распределение растений в пространстве случайно: отношение дисперсии к среднему, равное 1.49, не отличается статистически значимо от единицы (P>0.1). Такой тип размещения может быть обусловлен наличием семенного возобновления в этой ценопопуляции. В импактной зоне явно выражено контагиозное распределение побегов: отношение дисперсии к среднему равно 7.99, эта величина отличается от единицы на высоком уровне значимости (P<<0.001).

Глава 6. Эколого-генетическая изменчивость популяций двух видов лугово-лесных растений в условиях аэротехно-генного загрязнения.

Горец змеиный Гибель побегов после клонирования и посадки наблюдалась в основном в течение первого сезона вегетации. В течение второго сезона погибло лишь три растения из "чистой" популяции. По-видимому, вследствие небольшого числа клонов от каждой исходной особи из популяции (в среднем 4,2) не было выявлено различий между частотой гибели растений разных генотипов, хотя они представляются довольно вероятными. Всего из 44 растений импактной зоны погибло 9 (20,5%), из 40 растений фоновой зоны - 19 (47,5%). Наблюдаемая разница статистически значима:

 χ^2 =6,91; v=1; P< 0,01 без поправки Иейтса и χ^2 =5,74; v=1; P< 0,025 с поправкой Иейтса. Таким образом, растения из импактной зоны оказались более адаптивными к условиям клонирования и последующего выращивания на чистом участке на грядках.

Анализ изменчивости признаков клонированных растений проводился по схеме двухфакторного иерархического дисперсионного анализа: происхождение (зона) - исходное клонированное растение. Первый фактор фиксированный, второй - случайный (поскольку выбор растений для клонирования осуществлялся случайным образом), комплекс неравномерный.

Прежде всего нас интересуют различия между растениями из импактной и фоновой зоны. Средние значения признаков приведены в таблице 6.

Таблица 6. Средние значения признаков растений горца змеиного, выращенного на участке в Ботаническом саду.

	Сезон после клонирования							
1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1	1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1		2					
Признак	Происхождение клонов зона		Происхождение клонов зона					
	импактная	фоновая	импактная	фоновая				
Число листьев	8,2	** 4,1	21,9	15,9				
Длина листа, мм	17,8	* 11,8	48,2	44,5				
Ширина листа, мм	5,9	5,1	9,3	9,8				
Длина черешка, мм	·5,2	4,6	15,7	14,7				
Число генеративных побегов	_	-	4,6	3,0				
Длина генеративного побега, мм	-	-	102,2	100,1				
Длина соцветия, мм	-	-	6,7	5,3				

Статистически значимы разницы по числу листьев (признак интенсивности развития) и по длине наибольшего листа (признак размера растения) в первый год вегетации. По всем остальным признакам разницы статистически не значимы, но удивительно закономерны: за единственным исключением средние всех признаков (характеризующих размеры растения) больше для растений из импактной зоны.

В отношении структуры изменчивости отмечено уменьшение паратипической дисперсии во втором сезоне в импактной зоне признаков количества листьев, длины листа и длины черешка и в фоновой зоне - длины листа. И это при увеличении (вследствие роста растений) средних значений признаков.

Уменьшение величины ряда паратипических дисперсий во втором сезоне является одной из причин увеличения числа статистически значимо отличающихся от нуля генотипических дисперсий (оценки дисперсий получены в однофакторном дисперсионном анализе для генет из каждой зоны).

Статистически значимо отличающиеся от нуля генотипические дисперсии - это свидетельство генотипических различий (или эффекта экологического последействия!) между генетами. Такие различия выявлены в первом сезоне в импактной зоне по одному признаку из четырех, и в фоновой зоне - по всем четырем признакам; во втором сезоне в импактной зоне - по двум и в фоновой - по трем признакам из семи.

Кровохлебка лекарственная. По-видимому, вследствие небольшого числа потомков, высаженных из каждой семьи, от 1 до 10 для материнских растений из фоновой зоны и от 7 до 34 для материнских растений из импактной зоны, межсемейные различия не выявляются ни в одном из четырех вариантов: объединенное значение G = 15,854 при 10 степенях свободы соответствует P > 0,1. Анализ суммарных данных по семьям показывает, что как вли-

яние условий произрастания материнских растений, так и влияние условий выращивания потомков (на каждом из уровней другого фактора и суммарно на обоих уровнях) статистически высоко значимо (табл. 7). При этом частоты выживших растений, потомков материнских растений из импактной зоны, выше частот выживших растений, потомков материнских растений из фоновой зоны, как при выращивании на чистой, так и на загрязненной почве. То, что отрезки на рисунке 3 практически параллельны, свидетельствует об отсутствии взаимодействия условий произрастания материнских расте-

Таблица 7 Выживание растений кровохлебки лекарственной в зависимости от условий произрастания материнских растений и условий выращивания потомков

Факторы	G	Число степеней свободы	P
Условия произрастания материнских растений			
- при выращивании потомков на чистой почве	6,80	1	< 0,01
- на загрязненной почве	15.45	1	< 0.001
- суммарно	22.25	2	< 0.001
Условия выращивания потомков материнские растения			
- из импактной зоны	88.14	1	< 0.001
- из фоновой зоны	42.01	1 .	< 0.001
- суммарно	130.15	2	< 0.001
Взаимодействие условий произрастания материнских растений и условий выращивания потомков	0.753	1	> 0.3

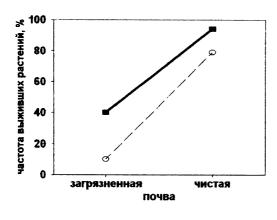


Рис. 3. Частота выживших растений кровохлебки лекарственной в зависимости от условий произрастания материнских растений (—— импактная зона, - - - фоновая зона) и условий выращивания потомков

ний и условий выращивания их потомков, т.е. эффекты этих двух факторов аддитивны.

Таким образом, потомки растений, выросших в импактной зоне, в условиях выраженного загрязнения, оказываются более адаптированными как при выращивании на чистой, так и на загрязненной почве.

Низкая частота выживших растений на загрязненной почве (особенно в варианте "семена из фоновой зоны") не позволяет проанализировать количественные признаки в полной перекрестной классификации факторов. Поэтому для двух (трех) вариантов проведен иерархический дисперсионный анализ: вариант (фиксированный фактор) - семья (случайный). Межсемейные различия выявлены только по числу пар листьев (Р<0,001). По всем признакам высоко статистически значимы разницы между вариантами (средние значения признаков приведены в таблице 8). Лучше всего на загрязненной почве развиваются растения, выращенные из семян растений из импактной зоны. При выращивании на чистой почве все показатели выше для растений, полученных из семян фоновой зоны.

Таблица 8. Средние значения признаков растений кровохлебки лекарственной в посемейных посадках

	File to the PA control of the Contro	Вариант	
Признаки (общий объем выборки)	семена из импактной зоны на чистой почве	ссмена из фоновой зоны на чистой почве	семена из импактной зоны на загрязненной почве
Число пар листьев (122)	2,2	2,5	1,7
Длина первого листа (37)	3,6	4,9	-
Длина второго листа (121)	3,6	4,3	1,0

Выводы

- 1. Выбросы медеплавильного завода снижают видовое разнообразие травяно-кустарничкового яруса темнохвойных лесов южной тайги. В условиях загрязнения спектры эколого-биологических групп видов, географических элементов резко смещаются: возрастает доля видов бедных кислых почв с избыточным увлажиением; увеличивается доля гемикриптофитов и бореальных голарктических видов. Число и обилие видов других групп уменьшается.
- 2. Дозовые зависимости параметров травостоя имеют S-образный вид. Наиболее чувствительные параметры доли отдельных групп видов (например, доля неморальных видов); видовое богатство более консерва-

тивный показатель. Общая биомасса травостоя в градиенте загрязнения не изменяется.

- 3. Численность двух изученных видов лугово-лесных растений горца змеиного и кровохлебки лекарственной при сильном загрязнении уменьшается. В импактной зоне эти виды присутствуют в виде отдельных изолированных фрагментарных популяций; уменьшаются показатели жизненности, усиливаются процессы отмирания вегетативных органов; происходит ускоренное старение популяций. Адаптационные реакции ценопопуляций проявляются в контагиозном размещении особей в пространстве, активном вегетативном размножении, обособлении корневищ от почвы.
- 4. У горца змеиного выявлена меньшая частота гибели клонированных растений из импактной зоны и большие размеры этих растений, т.е. растения из импактной зоны оказываются более приспособленными. В обеих зонах выявляются различия между растениями разных клонов.
- 5. Растения кровохлебки лекарственной, выращенные из семян растений из импактной зоны, развиваются на загрязненной почве лучше, чем растения, выращенные из семян растений из фоновой зоны. При выращивании на чистой почве все показатели выше для растений, полученных из семян фоновой зоны.
- 6. Раметы клонов из популяции горца и потомки растений кровохлебки из импактной зоны оказываются более приспособленными к выживанию, как в экстремальных, так и обычных условиях. Нельзя исключить, что наблюдаемые различия имеют не генетическую основу, а определяются эффектом экологического последействия (материнским эффектом).

Список работ по материалам диссертации

- 1. Усолкина (Хантемирова) Е.В. Некоторые подходы к выбору оценочных параметров фитоценозов // Экологические проблемы охраны живой природы: Тез. Всесоюзн. конф. М., 1990. Ч.3. С. 227-228.
- 2. Усолкина Е.В. Изучение техногенной трансформации растительных сообществ // Акт. пробл. биологии и рац. природопользования: Тез. докл. Петрозаводск, 1990. С. 107-108.
- 3. Усолкина Е.В. Некоторые особенности структуры ценопопуляций горца змеиного в условиях техногенного стресса // Проблемы устойчивости биол. систем: Тез. докл. Харьков, 1990. С. 260-261.
- 4. Ахметшина Г.Н., Хантемирова Е.В. Высшая растительность // Воробейчик Е.Л., Садыков О.Ф., Фарафонтов М.Г. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем. Екатеринбург: "Наука", 1994. С. 149-159.
- 5.Воробейчик Е.Л., Хантемирова Е.В. Реакция лесных фитоценозов на техногенное загрязнение: зависимость доза эффект // Экология. 1994. №3. С. 31-43.
- 6. Хантемирова Е.В. Оценка степени техногенной трансформации травяного покрова пихто-ельников липняковых // Устойчивое развитие: загрязнение окружающей среды и экологическая безопасность: Тез. докл. Днепропетровск, 1995. Т. 1. С. 107.
- 7. Хантемирова Е.В. Изучение эколого-генетической изменчивости некоторых видов растений в условиях техногенного загрязнения // Механизмы поддержания биологического разнообразия Екатеринбург, 1995. С.166-169.
- 8. Хантемирова Е.В. Трансформация лесных сообществ под влиянием техногенных загрязнений // Биоразнообразие лесных экосистем: Тез. докл. М., 1995. С. 311-312.

9.Хантемирова Е.В. Структура ценопопуляций горца змеиного в условиях техногенного загрязнения // Экология. 1996. № 4. С. 307-309.

10. Хантемирова Е.В. Елово-пихтовые леса Среднего Урала и техногенное загрязнение // Проблемы общей и прикладной экологии. Екатеринбург, 1996. С. 280-292.

11. Хантемирова Е.В. Особенности организации ценопопуляций горца зменного в условиях техногенного загрязнения // Популяции и сообщества растений: экология, биоразнообразие, мониторинг. Тез. докл. Кострома, 1996. Ч.2. С.170-171.

2/m)

Подписано в печать 10.11. Объем 1,0 п.л. Заказ

^{620219,} г. Екатеринбург, у Типография ТОО "ИРА УТ