

## РЕАКЦИЯ БЕРЕЗОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ НА КИСЛОТНЫЕ ВЫБРОСЫ, ФОРМИРУЕМЫЕ КАРАБАШСКИМ МЕДЕПЛАВИЛЬНЫМ КОМБИНАТОМ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Проанализирована зависимость уровня стабильности развития и концентрации тяжелых металлов в почве у *Betula pendula* в градиенте токсической нагрузки на Южном Урале. Для березы на участках в Ильменском заповеднике характерны более высокие значения площади листа и диаметра стволов, по сравнению с территорией, находящейся под воздействием кислотных и металлосодержащих выбросов Карабашского медеплавильного завода.

**Ключевые слова:** стабильность развития, береза, Южный Урал, техногенное загрязнение.

Проблема предотвращения деградации лесных экосистем в результате химического загрязнения является одной из важнейших экологических проблем. Накоплен значительный материал по вопросам устойчивости сосновых древостоев при разных техногенных воздействиях [1, 2]. В южной тайге на месте сведенных хвойных массивов, как правило, формируются производные березовые насаждения, которые представляют собой длительно существующие стадии в сукцессионных сменах растительности [3]. Актуальное состояние лесных экосистем с доминированием березы в условиях токсического воздействия изучено недостаточно [4]. В силу не специфичности ответных реакций растений наиболее эффективен комплексный подход в исследовании отдельных составляющих биогеоценозов с оценкой морфометрических показателей организмов и уровня нестабильности онтогенеза. При зонировании территорий, различающихся по степени нарушенности, предлагается использовать сравнительный анализ трансформированных и эталонных для данной природной зоны однотипных фитоценозов [5].

### Цель работы

Дать оценку состояния березовых насаждений в условиях интенсивного техногенного воздействия.

### Материал и методы

Заложены пробные площади (ПП) в березовых лесах разнотравных: 1 – 6 в окрестностях г. Карабаш Челябинской области, и 7 – 11 в Ильменском гос. заповеднике (ИГЗ) на разном расстоянии от источника эмиссии. Карабашский медеплавильный комбинат (КМК) осуществляет загрязнение среды металлосодержащей пылью и сернокислотными осадками, которые выщелачивают токсические компоненты из горных пород и минералов. Отбор почвенных проб проведен в соответствии с ГОСТ 28168-89. Градиент ухудшения условий роста выстраивали на основе накопления тяжелых металлов в почве (Fe, Zn,

Cu, Pb, Cd) и выражали через коэффициент суммарной токсической нагрузки  $K_t$  [6]. Содержание токсикантов оценивали по результатам атомно-абсорбционного анализа. У пяти модельных деревьев на ПП измеряли диаметр стволов ( $D$ , см). С каждой ПП взято по 25 листьев березы, у которых весовым методом определялась площадь ( $S$ , см<sup>2</sup>). Оценивались средняя частота асимметричного проявления признаков листа (соответственно,  $fac_1, fac_2, fac_3, fac_4$  и  $fac_5$ ): 1) ширина левой и правой половинок; 2) длина жилки второго порядка, второй от основания; 3) расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка; 4) расстояние между концами этих же жилок; 5) угол между главной жилкой и второй от основания жилкой второго порядка; средняя величина их асимметрии  $X_{фа}$  [7]. В связи с тем, что средние частоты асимметричного проявления признаков представляют величины порядка  $10^{-3}$ , полученные значения умножались на 1000. Степень выявленных у березы отклонений от нормы (величина интегрального показателя стабильности развития) оценивалась по 5-ти балльной шкале.

### Обсуждение результатов

Снижение стабильности развития отражает ухудшение состояния организма под влиянием стрессирующих факторов. Самые большие значения частоты получены у березы для параметра  $fac_3$ , описывающего асимметричность расстояния между основаниями первой и второй жилок второго порядка (табл.). Выделенный показатель является достаточно чувствительным и может быть рекомендован для экспресс-диагностики состояния среды. В градиенте токсической нагрузки (рис. 1.А-1.В) для анализируемых морфологических параметров листового аппарата березы характерны линии тренда, уравнения которых имеют положительные значения  $ax$ , что свидетельствует о снижении стабильности развития в ряду загрязнения при увеличении концентраций тяжелых металлов в почве.

Близкая закономерность наблюдается и для показателя *Xфа*, т.е. средней величины асимметрии всех признаков (рис. 1.А). Незначительный наклон линий тренда, возможно, связан с тем, что насаждения, расположенные в заповеднике, являются старовозрастными и имеют менее разреженную крону. Показано, что в затененных условиях стабильность развития у березы повислой существенно ниже, чем на освещенных участках. Ранжирование ПП по группам на основе 5-ти балльной шкалы (рис. 2) выявило преобладание на территории, подверженной выбросам КМК, древо-

стоев, характеризующихся как критические, произрастающие в крайне неблагоприятных условиях. К ним относятся 83,5% насаждений, а для района ИГЗ таких лесов только 60%. Площадь листовой поверхности и диаметр ствола определяют эффективность протекания ростовых процессов.

Установлено, что в рассматриваемом градиенте загрязнения (табл., рис. 1.Г) *S* уменьшается, а *D* достаточно выровнено. В целом, для района ИГЗ средние значения *S* и *D* немного больше, чем для территории, находящейся под воздействием кислотных выбросов (рис. 3).

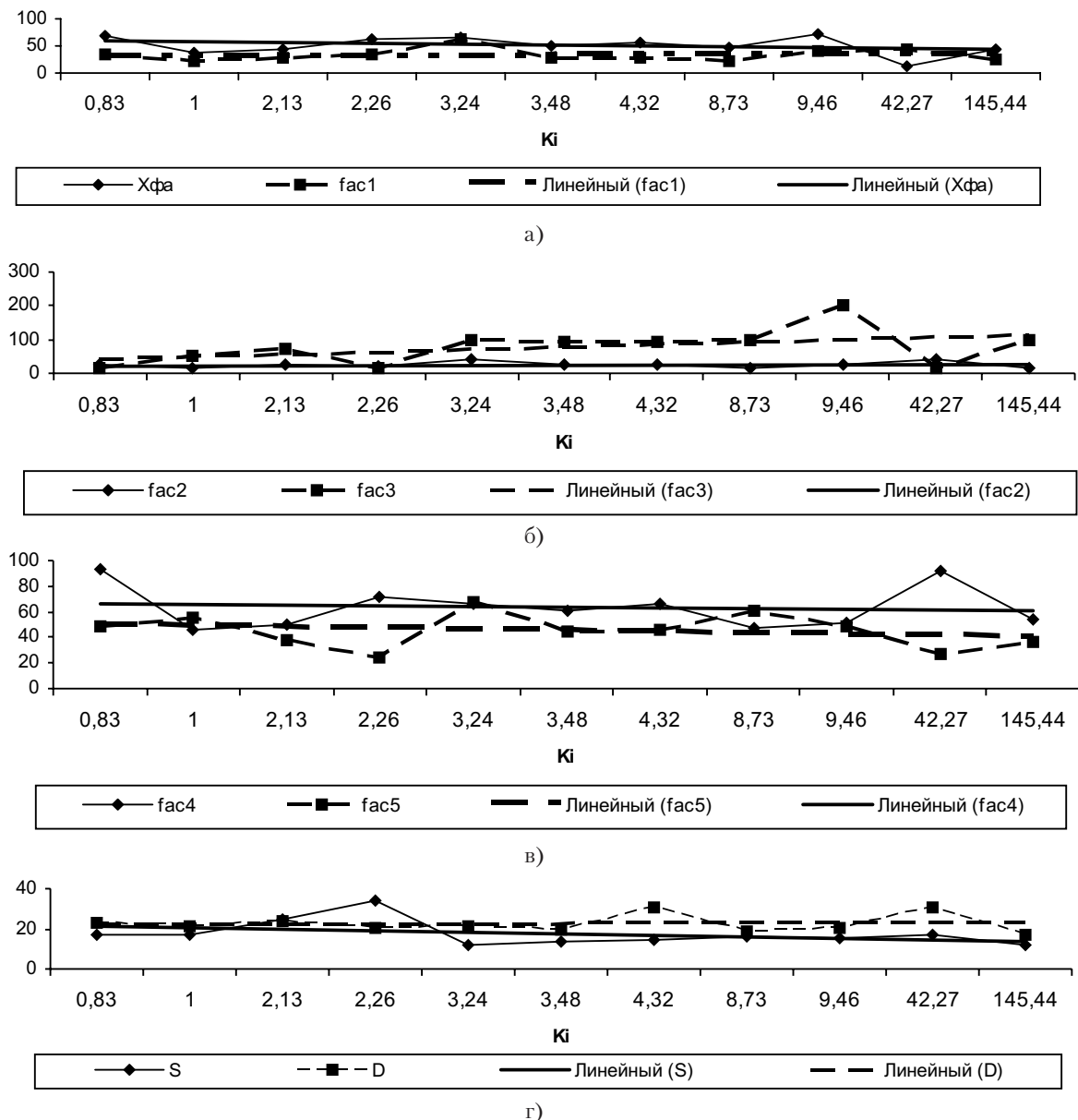


Рисунок 3. Тренды изменения средних частот асимметричного проявления признаков (*fac*<sub>1</sub>, *fac*<sub>2</sub>, *fac*<sub>3</sub>, *fac*<sub>4</sub> и *fac*<sub>5</sub>), средней величины их асимметрии (*Xфа*), площади листовой поверхности (*S*) и диаметра стволов (*D*) у березы на ПП в градиенте токсической нагрузки (от меньшего к большему). По оси абсцисс:  $K_t$  - коэффициент суммарной токсической нагрузки; по оси ординат: частота в % (А-В),  $cm^2$ ,  $cm$  (Г).

Таблица 1. Характеристика средней частоты асимметричного проявления признаков листа, средней величины асимметрии признаков листа, средней площади листа, среднего диаметра стволов у *Betula pendula* и коэффициента суммарной токсической нагрузки на разных пробных площадях

№ ПП	Ki	Состав древостоя	Сомкнутость, %	fac <sub>1</sub>	fac <sub>2</sub>	fac <sub>3</sub>	fac <sub>4</sub>	fac <sub>5</sub>	Xфа	Балл	S	D
10	0,83	9Б1С	60	0,034	0,024	0,148	0,093	0,049	0,069	V	17,31±0,77	23,4±1,7
9	1	10БС	60	0,022	0,015	0,054	0,046	0,056	0,04	II	16,64±1,08	21,2±1,4
7	2,13	10Б	50	0,028	0,024	0,071	0,05	0,038	0,042	III	24,26±1,01	23,6±2,16
3	2,26	10Б	40	0,035	0,02	0,164	0,071	0,024	0,063	V	33,88±5,54	20,4±1,72
5	3,24	10Б	30	0,061	0,038	0,098	0,066	0,066	0,066	V	11,80±0,49	21,0±3,12
4	3,48	10Б	30	0,027	0,023	0,094	0,061	0,044	0,052	IV	13,99±0,81	20,0±0,83
11	4,32	10Б	40	0,03	0,028	0,05	0,065	0,045	0,056	V	14,72±1,04	31,0±2,78
8	8,73	10БС	50	0,021	0,002	0,1	0,047	0,06	0,045	III	16,0±1,3	18,6±0,93
2	9,46	10Б	40	0,04	0,024	0,21	0,052	0,05	0,073	V	15,55±0,7	20,4±1,36
1	42,27	10БС	40	0,044	0,04	0,172	0,092	0,264	0,122	V	17,34±1,53	31,0±2,83
6	145,44	10Б	30	0,024	0,014	0,096	0,054	0,036	0,044	II	11,55±0,41	16,6±1,37

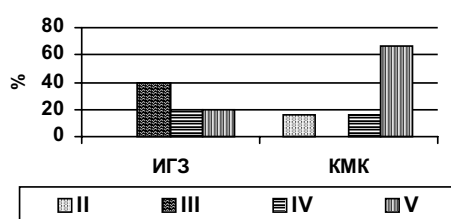


Рисунок 2. Распределение пробных площадей по группам стабильности развития. По оси абсцисс: ИГЗ – Ильменский заповедник, КМК – Карабашский медеплавильный комбинат; по оси ординат: % встречаемости. II, III, IV, V – баллы

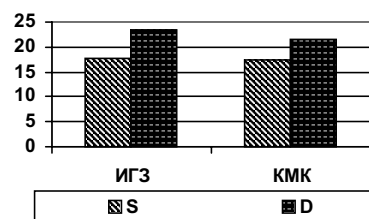


Рисунок 3. Средние значения площади листовой поверхности (S, см<sup>2</sup>) и диаметра стволов (D, см) у березы повислой на исследуемых площадях. По оси абсцисс: ИГЗ – Ильменский заповедник, КМК – Карабашский медеплавильный комбинат

Таким образом, показана возможность влияния тяжелых металлов в почве на уровень флуктуирующей асимметрии у *Betula pendula* в березняках разнотравных в градиенте токсической нагрузки. Встречаемость ПП с критическими условиями на территории, испытывающей воздействие КМК, значительно выше, чем в заповеднике. Самым чувствительным к действию стресси-

рующих факторов среды является морфологический признак листа березы – расстояние между основаниями первой и второй жилок второго порядка. Установлено, что более восприимчивым параметром для оценки гомеостаза развития выступает площадь листа в сравнении с диаметром стволов, отражающим многолетнюю динамику прироста дерева.

14.09.2011

**Список литературы:**

1. Черненко Т.В. Реакция лесной растительности на промышленное загрязнение. М.: Наука, 2002.-191 с.
2. Лязгунова И.В. Динамика содержания никеля и меди в растениях сосновых лесов Кольского полуострова в условиях аэротехногенного загрязнения // Растительные ресурсы. – 2008. –Т. 44. –вып. 4. -С. 91-98.
3. Колесников Б. П. Очерк растительности Челябинской области // Флора и лесная растительность Ильменского государственного заповедника им. В.И. Ленина. Свердловск. – 1961. -С.105-129. (Тр. Ильмен. гос. заповедника; Вып. 8).
4. Черненко Т.В. Изучение березняков разнотравных в окрестностях металлургического комбината // Экология. - 1986. -№6. -С. 65-67.
5. Горчаковский П.Л. Антропогенные изменения растительности: мониторинг, оценка, прогнозирование // Экология. - 1984. -№5. -С. 3-16.
6. Безель В.С. Экологическая токсикология: популяционный и биоценотический аспекты. Екатеринбург: Изд-во «Гощицкий», 2006. -277 с.
7. Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Захаров В.М. Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения // Экология. 1996. -№6. -С. 71-74.

**Работа выполнена при поддержке Программы Президиума РАН №4, 09-П-5-1015 «Тренды изменений растительного покрова Южного Урала под воздействием природных и антропогенных факторов: системный фитомониторинг»**