

## Экологическое состояние окружающей природной среды по показателям стабильности развития берёзы повислой

© 2009. В.П. Иванов<sup>1</sup>, д.б.н., профессор; С.И. Марченко<sup>1</sup>, к.с.-х.н., доцент;

Н.В. Акименков<sup>2</sup>, к.г.н., директор

<sup>1</sup>Брянская государственная инженерно-технологическая академия,

<sup>2</sup>РЦ ГЭЖиМ по Брянской области,

e-mail: marbryansk@mail.ru

Анализируется состояние лесных сообществ в условиях антропогенного воздействия методом дендроиндикации. Сделана попытка увязать величину показателя стабильности развития берёзы повислой и содержания некоторых металлов в листьях берёзы.

The state of forest communities in conditions of anthropogenic impact is analyzed with the help of dendro-identification method. An attempt is made to find out correlations between birch growth stability and the content of some metals in birch leaves.

Ключевые слова: флуктуирующая асимметрия, берёза повислая, стабильность развития, стресс, содержание металлов

Экологические системы в последние десятилетия испытывают постоянный прессинг различных негативных воздействий усиливающегося антропогенеза. Леса зелёных зон вокруг городов испытывают негативные воздействия из-за фрагментирования территории (густая дорожно-тропиночная сеть, разрубленные трассы ЛЭП, газо- и нефтепроводы), ежегодного увеличения количества отдыхающих (замусоривание леса бытовыми отходами, последствия от разведения костров в пожароопасный период) и ряда других причин, связанных с деятельностью человека. Брянские леса не являются исключением – прессинг на окружающую природную среду в районе г. Брянска продолжает возрастать [1].

Современные методы биоиндикации позволяют изучать динамику происходящих в экосистемах процессов, давать оценку напряжённости стрессовых воздействий комплекса факторов, оказывающих влияние на гомеостаз живых организмов. Наиболее перспективным методом биоиндикации в настоящее время является оценка стабильности развития берёзы повислой, рассчитанной по величине флуктуирующей асимметрии (ФА) листовых пластинок [2]. Эта методика получает широкое применение в мониторинге природных систем в районах техногенных воздействий [3].

Объектом настоящих исследований являлась территория опытного лесничества (обра-

зовано в 1906 г.) Брянской государственной инженерно-технологической академии, расположенного к востоку от г. Брянска. Лесной массив стал испытывать значительное антропогенное воздействие с 40-х годов, особенно в период Великой Отечественной войны. Постепенно рекреационная нагрузка увеличилась (посещение леса отдыхающими, проведение практик студентов, создание турбазы, строительство дач для партактива области, открытие памятника брянским партизанам и подведение дорог к нему и т. д.). Возрастала и техногенная нагрузка. В настоящее время лесной массив разрезают крупные автодороги (Москва – Украина, Брянск – Орел); железная дорога (Брянск – Орёл); ЛЭП 35-110 Кв; нефтепродуктопроводы. Длительное время по соседству, в п. Белые Берега, работала ТЭС с использованием в качестве топлива торфа. Строительство в начале 70-х годов крупного «разъездного узла» на пересечении автодорог Москва – Украина, Брянск – Орёл вызвало изменения гидрологического режима на значительной площади.

Исследования, выполняемые с 2006 г., позволили дать оценку экологического состояния лесных экосистем. В соответствии с методическими рекомендациями [2] в 11 пунктах на территории опытного лесничества были собраны листья берёзы повислой в конце июня – начале июля 2006 г.

Всего со 110 деревьев (по 10 деревьев в каждом пункте) собрано 1212 листьев для

определения морфометрических признаков листовых пластинок. Выполнено 110 серий фиксирования (сканирования) полевых материалов, составивших графическую базу данных. Обработка выполнена с использованием компьютера [4]. Проведено 12120 измерений пластических признаков листовых пластинок (при помощи дигитайзера сняты координаты 13332 контрольных точек). Проведена стандартная статистическая обработка 1334 рядов данных.

Анализ полученных результатов с использованием программы Surfer® 8 (метод Polynomial Regression) позволил выявить общую тенденцию (плоскостной тренд) ухудшения экологического состояния по показателям стабильности развития берёзы повислой на территории опытного лесничества в направлении с северо-востока на юго-запад, с приближением к г. Брянску. Выявлена неоднородность экологического состояния экосистем по показателям стабильности развития берёзы повислой: пункты хорошего (низкие значения величины флуктуирующей асимметрии) и кризисного состояния природных экосистем [5].

Собранные листья, после определения величины флуктуирующей асимметрии каждой серии образцов, высушивали до воздушно-сухого состояния и гербаризировали. Сделана попытка выявить зависимость величины флуктуирующей асимметрии листьев от содержания металлов в них. Листья измельчали и прессовали в таблетки при помощи гидравлического ручного пресса ПРГ-10. Определение содержания металлов в листьях осуществляли в аналитической лаборатории РЦ ГЭКиМ по Брянской об-

ласти на рентгеновском флуоресцентном спектрометре «Спектроскан-МАКС-G».

Результаты определения содержания металлов в образцах листьев позволили выявить ряд химических элементов, имеющих аналогичную динамику с показателем стабильности развития берёзы повислой.

Корреляционная матрица (табл. 1) имеет значительное количество пар данных, характеризующихся довольно высокими значениями коэффициентов корреляции. Так, например, корреляция между величиной показателя стабильности развития берёзы повислой и содержанием в листьях стронция, цинка и меди может характеризоваться как заметная (по Чеддоку), а хрома, железа и марганца – как высокая. Так как количество наблюдений (пунктов пробоотбора) невелико, при корреляционном анализе оценивали величину преобразованного коэффициента корреляции ( $z$ ).

Оказалось, что, несмотря на довольно высокое значение коэффициента корреляции пары ФА-Sr ( $r=0,598\pm 0,267$ ;  $t_r=2,24$ ), количества пунктов наблюдений оказалось недостаточно для обоснования достоверности выводов; величина преобразованного коэффициента корреляции  $z=0,689$  оказалась недостоверна  $t_z=1,95$  – меньше критического значения для 95%-ного уровня значимости  $t_{95\%}=2,26$ . Аналогичные результаты получены для цинка и меди.

В паре ФА-Zn  $r=0,522\pm 0,284$ ;  $t_r=1,84$ . Величина преобразованного коэффициента корреляции  $z=0,579$ ;  $t_z=1,64 < t_{95\%}=2,26$ . В паре ФА-Cu  $r=0,661\pm 0,250$ ;  $t_r=2,64$ . Величина преобразованного коэффициента корреляции  $z=0,795$ ;  $t_z=2,25 < t_{95\%}=2,26$ .

Таблица 1

Корреляционная матрица значений флуктуирующей асимметрии листьев берёзы повислой и содержания в них некоторых металлов

	ФА	Sr	Pb	As	Zn	Cu	Ni	Co	Fe	Mn	Cr
ФА	1,00										
Sr	0,60	1,00									
Pb	-0,24	-0,02	1,00								
As	-0,39	-0,18	0,95	1,00							
Zn	0,52	0,22	0,45	0,27	1,00						
Cu	0,66	0,49	-0,06	-0,15	0,53	1,00					
Ni	0,36	0,26	-0,15	-0,16	0,29	0,71	1,00				
Co	-0,15	-0,11	0,02	0,15	-0,29	-0,12	0,32	1,00			
Fe	0,82	0,62	-0,12	-0,26	0,43	0,49	0,09	-0,58	1,00		
Mn	0,82	0,63	-0,12	-0,26	0,42	0,48	0,09	-0,56	1,00	1,00	
Cr	-0,72	-0,43	0,07	0,16	-0,47	-0,49	-0,62	-0,23	-0,49	-0,51	1,00

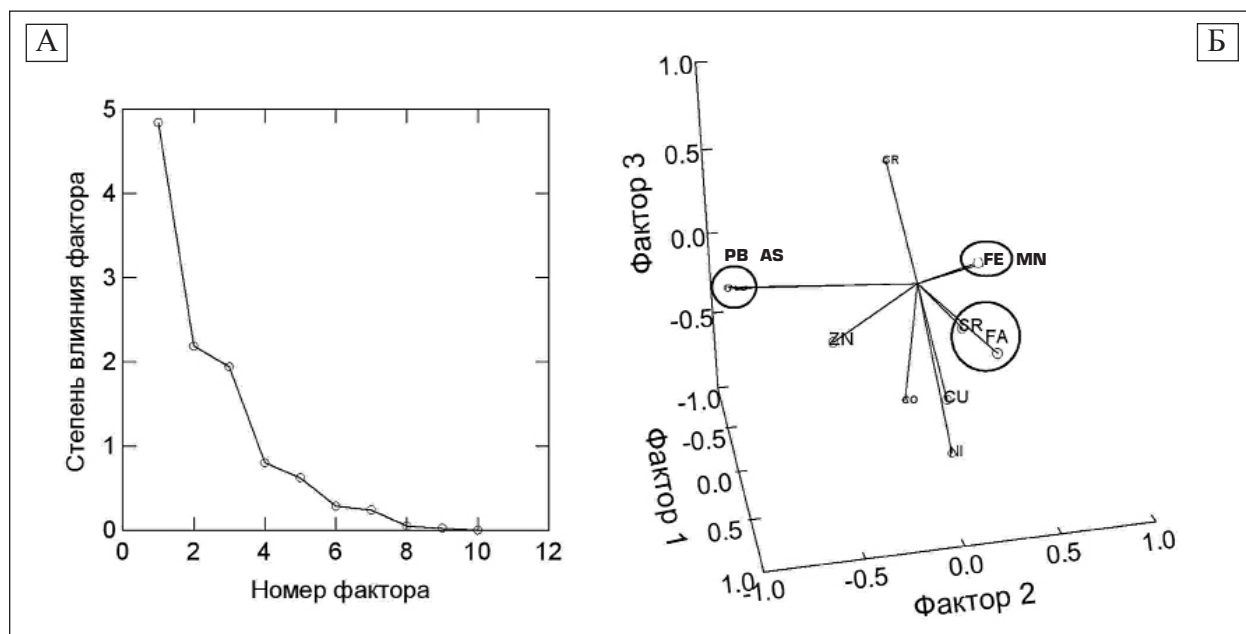


Рис. 1. Графическое представление результатов факторного анализа матрицы данных

Достоверность корреляции величины флуктуирующей асимметрии и содержания в листьях железа и марганца удалось обосновать на 95%-ном уровне значимости. В паре ФА-Fe  $r=0,815 \pm 0,193$ ;  $t_r=4,23$ . Величина преобразованного коэффициента корреляции  $z=1,143$ ;  $t_z=3,23 > t_{95\%}=2,26$ . В паре ФА-Mn  $r=0,815 \pm 0,193$ ;  $t_r=4,23$ . Величина преобразованного коэффициента корреляции  $z=1,143$ ;  $t_z=3,23 > t_{95\%}=2,26$ .

Достоверность корреляции величины флуктуирующей асимметрии и содержания в листьях хрома также удалось обосновать на 95%-м уровне значимости, однако связь обратная:  $r=-0,724 \pm 0,230$ ;  $t_r=3,15$ . Величина преобразованного коэффициента корреляции  $z=-0,916$ ;  $t_z=2,59 > t_{95\%}=2,26$ .

Следует отметить, что и между содержанием некоторых металлов выявлены достоверные корреляции. Например, высокая достоверная корреляция на 95%-ном уровне значимости между содержанием никеля и меди; весьма высокая достоверная – на 99,9%-ном уровне значимости между содержанием железа и марганца, мышьяка и свинца.

Результаты факторного анализа (рис. 1, А) свидетельствуют о том, что количество факторов вполне может быть сокращено, по крайней мере до 6. Результаты вращения матрицы данных по алгоритму QUARTIMAX (рис. 1, Б) демонстрируют значительное сходство факторных нагрузок у пар данных ФА-Sr, Fe-Mn, Pb-As.

Графическое представление данных по содержанию металлов в листьях, сопостав-

ленное показателям стабильности развития берёзы повислой в каждом из пунктов наблюдений в границах опытного лесничества, свидетельствует о некоторых специфических особенностях варьирования анализируемых показателей. В качестве иллюстрации приводим модели, построенные по данным содержания стронция в образцах листьев (рис. 2).

Попытка построения множественной регрессионной модели, в которую мы включили значения (содержание металлов в листьях), характеризующиеся прямой корреляционной связью с величиной показателя стабильности развития берёзы повислой, показала довольно тесную связь между величиной флуктуирующей асимметрии листьев берёзы повислой и совокупным действием абсолютного содержания в них стронция, цинка, меди, никеля, железа и марганца.

Получены следующие результаты: множественный коэффициент корреляции  $R=0,88$ ;  $R^2=0,77$ ; нормированный  $R^2=0,44$ ; стандартная ошибка 0,0031.

Данные множественного регрессионного анализа показывают, что 77,4% общей вариации результативного признака объясняется вариацией факторных признаков. Это говорит о том, что выбранные факторы оказывают довольно значительное влияние на величину показателя стабильности развития берёзы повислой. К сожалению, рассчитанный уровень значимости  $F=0,22 > 0,05$  не позволяет говорить о значимости полученного коэффици-

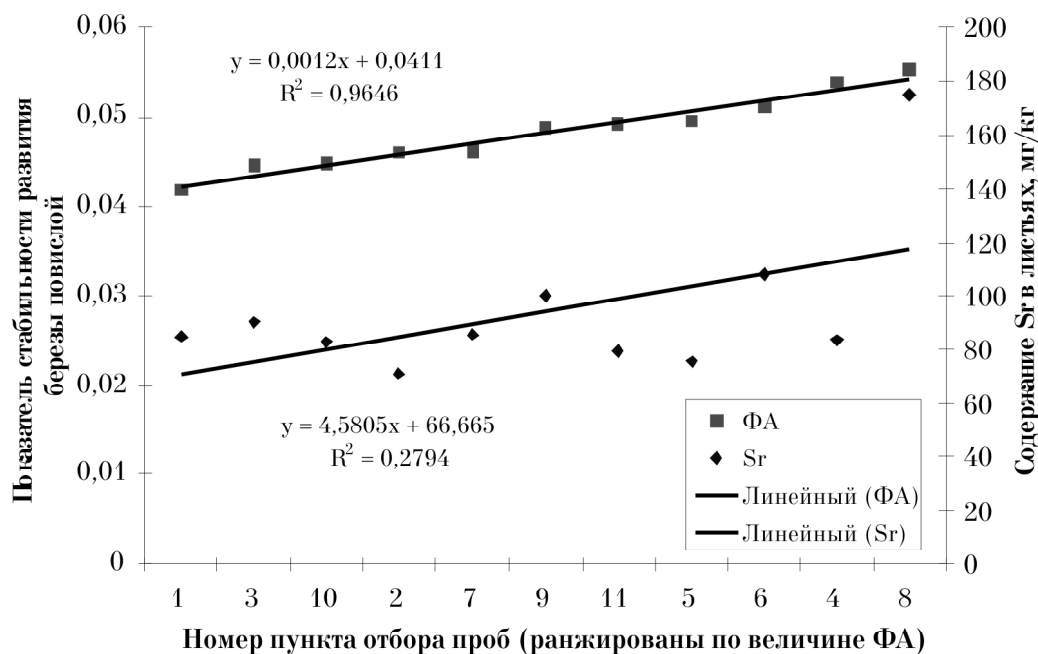
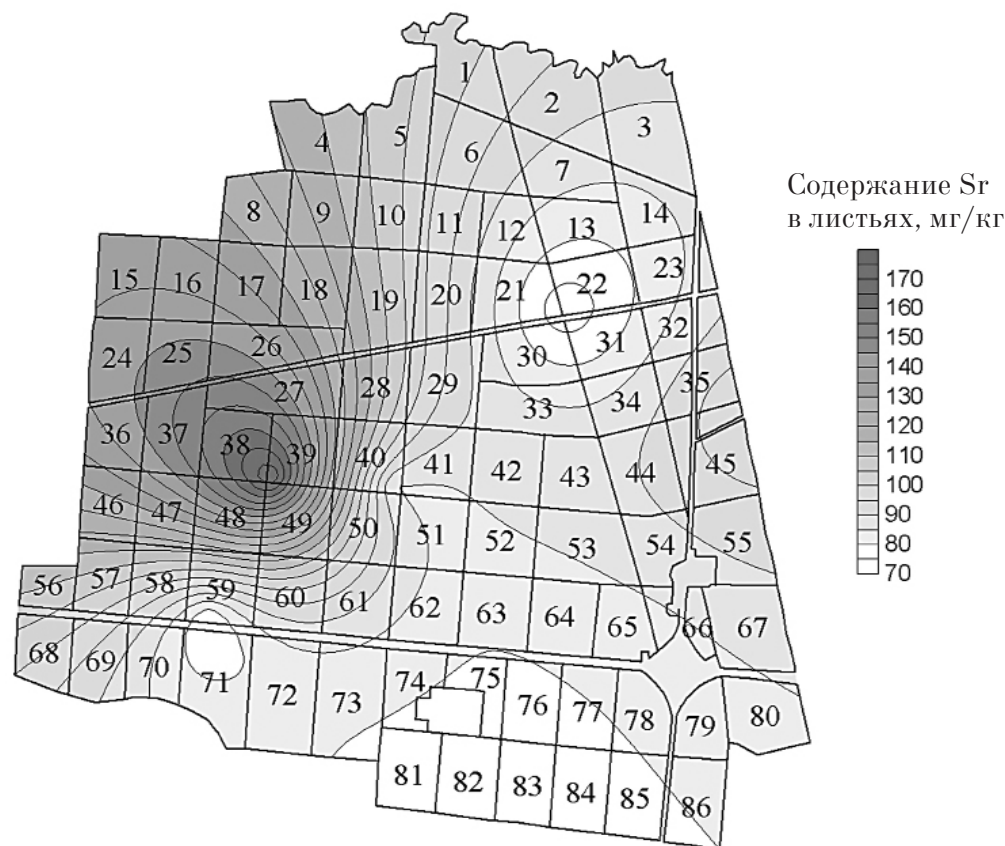


Рис. 2. Модели содержания стронция в образцах листьев

ента детерминации. Не удалось подтвердить и значимость полученных коэффициентов уравнения. Вместе с тем имеются некоторые параллели с аналогичными исследованиями в Орловской области, в районе шлакоотвала «Думчинский» [6]. Совпали общие тенденции

по таким металлам, как железо, марганец и никель.

Вероятно, на экологическое состояние природной среды в условиях опытного лесничества оказывает влияние не только загрязнение биоты тяжёлыми металлами, но

и иные факторы, что требует продолжения исследований. Расширение географии исследований позволит получить новые данные о влиянии различных факторов на величину интегрированного показателя стабильности развития берёзы повислой и использовать их при оценке состояния лесных экосистем.

### Литература

1. Государственный доклад «О состоянии окружающей природной среды по Брянской области в 2006 г.» / Сост. В.П. Иванов, М.Ю. Смирнова, С.И. Марченко, Д.И. Нартов, А.И. Сахаров. Брянск. 2007. 299 с.

2. Захаров В.М., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Чубинишвили А.Т. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.

3. Иванов В.П., Марченко С.И., Глазун И.Н., Нартов Д.И., Акименков Н.В. Использование интегрированного показателя стабильности развития берёзы повислой в мониторинговых исследованиях // Мониторинг природных экосистем в зонах защитных мероприятий объектов по уничтожению химического оружия. Пенза. 2007. С. 47-53.

4. Марченко С.И. Техника выполнения измерительных работ с использованием компьютера: учеб. пособие. Брянск: БГИТА, 2008. 20 с.

5. Марченко С.И., Шошин В.И. Результаты оценки экологического состояния окружающей природной среды территории Опытного лесничества БГИТА по показателям стабильности развития берёзы повислой // Экологическая экспертиза. Обзорная информация. Вып. 1. 2007. С. 52-56.

6. Кузнецов М.Н., Марченко С.И., Глазун И.Н., Нартов Д.И., Соболева Л.М. Оценка экологического состояния окружающей природной среды в районе складирования отходов алюминиевого производства // Вестник МАНЭБ. 2008. Т. 13. № 2. С. 10-18.

Российская академия наук  
Уральское отделение РАН  
Институт биологии Коми НЦ УрО РАН  
Русское ботаническое общество  
Российский фонд фундаментальных исследований

### УВАЖАЕМЫЕ КОЛЛЕГИ! ПРИГЛАШАЕМ ВАС ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ

в работе II Всероссийской научно-практической конференции  
«ВОДРОСЛИ: ПРОБЛЕМЫ ТАКСОНОМИИ, ЭКОЛОГИИ  
И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В МОНИТОРИНГЕ»

(в рамках конференции планируется проведение школы  
для молодых специалистов альгологов)

5 – 9 октября 2009 г., г. Сыктывкар

Целью конференции является ознакомление с современными подходами и методами в области изучения таксономии, разнообразия, генетики и экологии водорослей.

На конференции будут рассмотрены проблемы по следующим направлениям.

- Современная таксономия водорослей (морфологические, функциональные, молекулярно-генетические аспекты).
- Разнообразие, экология и география водорослей. Структура и функционирование альгоценозов.
- Флоры водорослей. Редкие виды и малоизученные группы.
- Использование альгоиндикации в оценке качества водной и наземной среды.
- Современные методы и подходы к изучению пресноводных и почвенных водорослей.

Контактные адреса и телефоны оргкомитета:

167982, Республика Коми, г. Сыктывкар, ГСП-2, ул. Коммунистическая, д. 28,  
тел.: (8212) 24-52-98; факс: (8212) 24-01-63,

эл. почта: algo@ib.komisc.ru, веб: [http://ib.komisc.ru/add/conf/algo\\_2009](http://ib.komisc.ru/add/conf/algo_2009)