

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ РАЗВИТИЯ БЕРЕЗЫ В РАЗНЫХ ЧАСТЯХ АРЕАЛА

В.М. Захаров, Ф.Н. Шкиль, Н.Г. Кряжева

Институт биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН

Проведена оценка возможных изменений стабильности развития берез в естественных условиях по величине флуктуирующей асимметрии листовой пластинки. В качестве моделей были выбраны условия высокогорья, морского побережья и северной периферии ареала. Во всех трех случаях обнаружено существенное изменение состояния растений при воздействии неблагоприятных условий на пределе распространения вида. Условия, отличные от оптимальных, приводящие к ощутимым изменениям состояния организма, по сути, могут быть определены как экологическая периферия ареала.

Ключевые слова: Береза повислая, стабильность развития, экологическая периферия ареала.

Введение

Оценка состояния живых существ в природных популяциях представляется принципиально важной задачей как для теории, так и для практики. В теоретическом аспекте — это путь получения информации о реакции организма на условия развития как важнейшей микроэволюционной характеристике природной популяции. В практическом плане такая оценка важна для мониторинга качества среды.

Перспективным подходом для решения этой задачи является оценка состояния природных популяций с онтогенетических позиций (популяционная биология развития) (Gilbert, 2001; Захаров и др., 2001). Суть подхода — в оценке состояния организма по гомеостазу развития. Высокий гомеостаз наблюдается лишь при определенных условиях среды, которые могут быть охарактеризованы как оптимальные. Снижение гомеостаза происходит при отклонении от этих условий. Оценка гомеостаза развития возможна с различных позиций. Наиболее перспективным для широкого использования представляется морфологический подход. При этом величина флуктуирующей асимметрии различных признаков дает характеристику морфогенетического гомеостаза, или стабильности развития (Захаров, 1987). При принципиальной важности этой характеристики для жизнеспособности организма использование такого подхода открывает возможность для выявления изменения состояния организма, которое еще не связано с явными нарушениями строения организма и признаками его угнетенного состояния. Немаловажно и то, что при таком подходе для многих объектов возможно проведение прижизненной оценки неинвазивными методами.

Актуальной задачей представляется разносторонняя оценка возможностей такого подхода для определенных модельных объектов. Одним из таких объектов является широко распространенный и обычный в Евразии вид — береза повислая (*Betula pendula* Roth.) и ряд близких к нему видов. В ряде работ было показано

изменение стабильности развития этого вида при неблагоприятном антропогенном воздействии, включая химическое и радиационное загрязнение среды (Кряжева и др., 1996; Чистякова и др., 1996; Чистякова, Кряжева, 2001). Это позволило рекомендовать подход, основанный на оценке состояния данного вида по стабильности развития, для практики мониторинга качества среды (Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ. Распоряжение Росэкологии от 16.10.2003 № 460-р).

Целью настоящей работы является оценка возможных изменений стабильности развития березы в естественных условиях. В качестве моделей были выбраны условия высокогорья, морского побережья и северной периферии ареала.

Материал и методы

Материалом для исследования послужили выборки листьев с генеративных берез, собранные в июле и августе в разные годы в следующих районах:

1. Национальный парк «Сочинский». Материалом исследования послужили пять выборок листьев березы повислой (*B. pendula*) (по 10 листьев с 10 деревьев), произрастающих на различных высотах: 150, 1500, 1800, 1900 и 2300 м над уровнем моря, на южном склоне г. Псеашка. Сбор осуществлялся в июле 2004 г.

2. Национальный парк «Куршская коса». В качестве материала исследования были использованы выборки из трех групп березы повислой (*B. pendula*), произрастающих на незначительном удалении друг от друга (до 30 км) на в резко различающихся по своим характеристикам станциях:

- Опушка смешанного леса со стороны Куршского залива. Точка условного контроля.

- Восточная сторона одной из дюн большой дюнной гряды.

- Авандюна со стороны Балтийского моря. Прямое воздействие ветров со стороны моря, соленые морские брызги, рыхлый бедный субстрат, трение подвижного песка (Справочник «Национальные парки России», 1996 г.).

- Материал собирался в одних и тех же станциях в 1999, 2003 и 2004 гг.

3. В качестве третьего модельного региона была выбрана Якутия, откуда были исследованы две выборки березы плосколистной *Betula platyphyla* Sukacz., любезно предоставленные Е.Г. Шадриной (2004 г.):

- 192 км севернее Удачного, долина р. Марха. Крайняя северная точка встречаемости березы плосколистной.

- 40 км южнее устья р. Маркока, впадающей в р. Марха.

Ранее было показано, что реакции данного вида на негативные внешние воздействия сходны с реакциями березы повислой (*B. pendula*) (Шадрин Е.Г. и др., 2003).

Во всех точках сбор проводился с укороченных побегов нижней части кроны. Собирали по 10 листьев с 10 деревьев.

Оценка стабильности развития производилась по величине флуктуирующей асимметрии пяти признаков листовой пластинки (Кряжева и др., 1996). В качестве интегрального показателя флуктуирующей асимметрии использовали величину среднего относительного различия между сторонами на признак (Чистякова, Кряжева, 2001). Для выявления статистически значимых различий по величине используемого показателя в разных выборках использовали *t*-критерий Стьюдента (Sokal, Rohlf, 1981).

Для характеристики состояния растений по стабильности развития использовали пятибалльную шкалу. Шкала составлена в соответствии со степенью возрастания интегрального показателя стабильности развития: первый балл соответствует условной норме, пятый — критическому состоянию (Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ. Распоряжение Росэкологии от 16.10.2003 № 460-р).

Результаты и обсуждение

Одной из наиболее удобных моделей для выявления зависимости состояния организма от внешних факторов являются горы. Высотная зональность позволяет на относительно небольшом пространстве оценить возможные изменения состояния организмов в градиенте изменения условий среды.

Для оценки возможных изменений состояния растений на пределе высотного распространения было проведено сравнение величины интегрального показателя стабильности развития в пяти точках, расположенных на разной высоте над уровнем моря на территории НП «Сочинский» (рис. 1).

По величине показателя исследуемые точки подразделяются на две группы. Три выборки с меньшей высоты (выборки 1–3, при высоте от 150 до 1800 м) имеют более низкие значения, чем две другие с большей высоты (выборки 4 и 5, при высоте более 1900 м). Причем различия даже между близкими по высоте точками из разных групп (выборки 3 и 4) статистически значимы ($p < 0,05$).

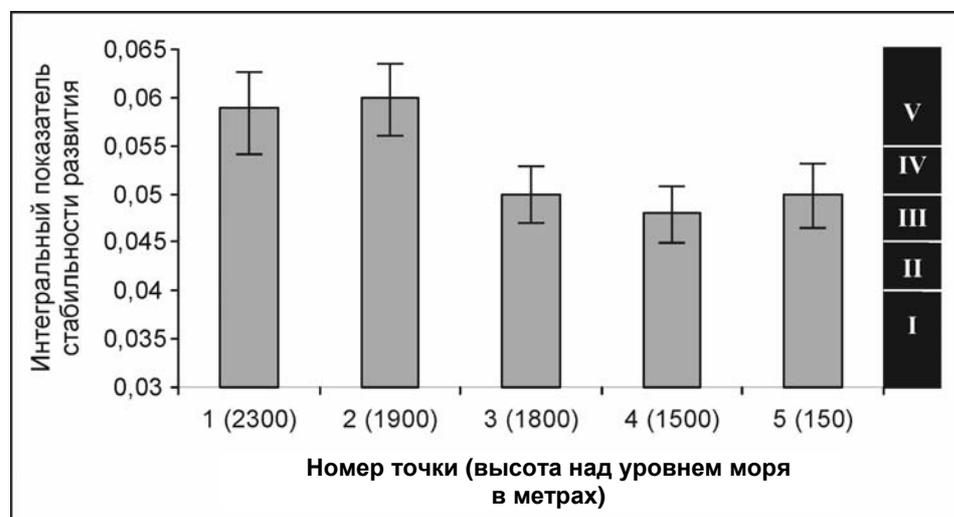


Рис. 1. Величина интегрального показателя стабильности развития березы повислой (*B. pendula*) в пяти точках (1–5), различающихся по высоте над уровнем моря (НП «Сочинский», 2004 г.)

Таким образом, снижение стабильности развития, свидетельствующее о существенном изменении состояния растений (пятый балл шкалы отклонений от нормы), в данном случае наблюдается на высоте, близкой к пределу высотного распространения вида. Это предполагает проведение таких исследований и в других высокогорных точках. Невысокая стабильность развития даже на небольшой высоте (повышенная величина показателя на уровне 3–4 балла пятибалльной шкалы отклонений от нормы), видимо, определяется тем, что растения и здесь подвергаются неблагоприятному воздействию среды. Данный вид вследствие климатических особенностей в исследуемом районе в естественных условиях не произрастает (может быть встречен только в посадках) и появляется лишь при подъеме в горы в лесной зоне. Это определяет специальный интерес исследования всего градиента высотного распространения.

В качестве второй модели были выбраны условия морского побережья. Было проведено сравнение трех популяционных группировок берез на территории Национального парка «Куршская коса», произрастающих на относительно небольшом расстоянии, но в стациях, существенно различающихся по условиям (рис. 2). Оказалось, что величина интегрального показателя стабильности развития возрастает от точки 1 (относительно нормальные условия) к точке 3 (экстремальные условия морского побережья). Причем различия между крайними точками (1 и 3) статистически значимы ($p < 0,05$). Соотношение сравниваемых выборок по величине оцениваемого показателя оставалось неизменным в течение всего периода исследований (1999–2004 гг.) при отсутствии значимых различий между выборками из одной и той же точки за разные годы.

Полученные данные свидетельствуют о существенном снижении стабильности развития при экстремальных для вида условиях на пределе его распространения — при произрастании на песчаной дюне на косе (точка 2, на уровне 4–5-го балла пятибалльной шкалы отклонений от нормы) и, в особенности, на морском побережье (точка 3, критическое состояние — 5-й балл). Низкая стабильность развития даже в условно контрольной точке (точка 1), возможно, определяется естественными неблагоприятными условиями, связанными с обитанием на узкой песчаной косе.

В качестве еще одной модели была использована северная периферия ареала другого близкого вида — березы плосколистной *B. platyphyla* (материал любезно предоставлен Е.Г. Шадринной). Ранее было показано, что величина интегрального показателя стабильности развития у этого вида сходна с березой повислой (*B. pendula*) (Шадринна и др., 2003). Было проведено сравнение двух точек. Величина интегрального показателя стабильности развития оказалась существенно выше ($p < 0,05$) в крайней северной точке по сравнению с более южной точкой. Это позволяет говорить о существенном снижении стабильности развития (на уровне 4-го балла пятибалльной шкалы отклонений от нормы) на северной границе ареала вида. Несколько повышенное значение показателя (свидетельствующее о некотором снижении стабильности развития, на уровне второго балла) даже в условно контрольной точке, вероятно, определяется ее близостью к северной периферии ареала вида.

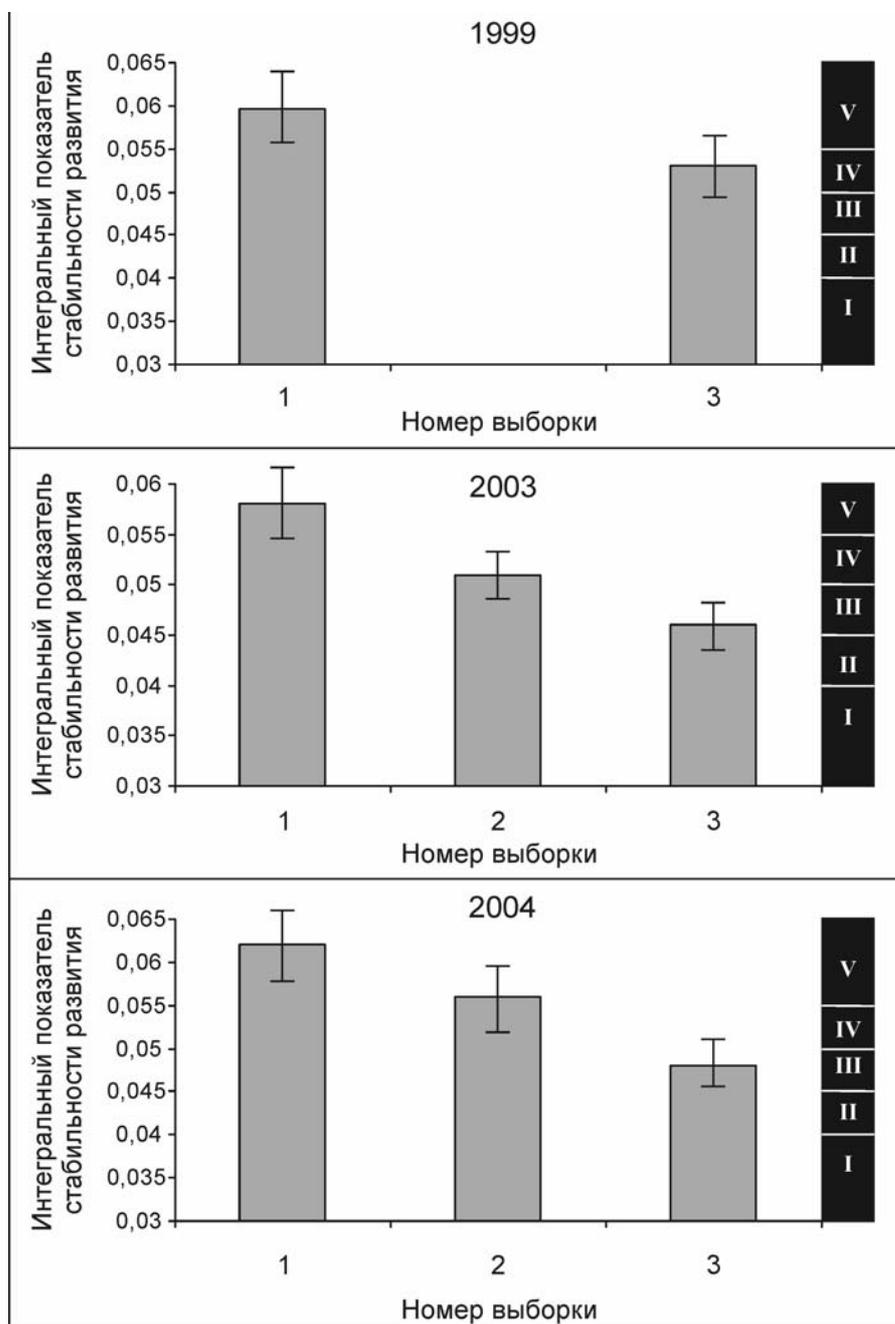


Рис. 2. Величина интегрального показателя стабильности развития березы повислой (*B. pendula*) в трех точках, существенно различающихся по условиям: точка 1 — в экстремальных условиях на дне со стороны Балтийского моря; точка 2 — в несколько более мягких условиях на дне в глубине косы; точка 3 — при относительно нормальных условиях на опушке смешанного леса со стороны залива (НП «Куршская коса», 1999–2004 гг.)

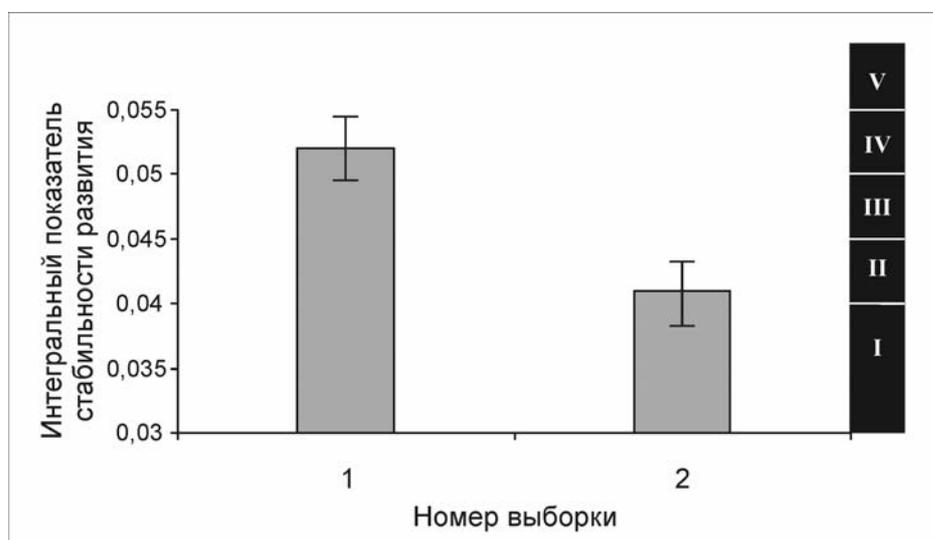


Рис. 3. Величина интегрального показателя стабильности развития березы плосколистной (*B. platyphyla*) в двух точках на северной периферии ареала (1 — 192 км севернее Удачного, долина р. Марха, крайняя северная точка, 2 — 40 км южнее устья р. Маркока, 40 км южнее относительно точки 1)

Таким образом, во всех трех моделях обнаружено существенное изменение состояния растений при воздействии неблагоприятных условий на пределе распространения вида. Условия, отличные от оптимальных, которые приводят к ощутимым изменениям состояния организма, по сути, могут быть определены как экологическая периферия ареала. Такие условия, видимо, могут иметь место в разных частях ареала, не только на географической периферии, но и в центре. Появляются первые данные, свидетельствующие об ощутимом изменении состояния березы в условиях затенения (Чистякова, Кряжева, 2001). Картина становится еще более сложной в связи со все возрастающим антропогенным воздействием, которое вызывает такие отклонения практически повсеместно. Изменение состояния растений по стабильности развития было показано при химическом и радиационном загрязнении среды, комплексном антропогенном воздействии в городах (Кряжева и др., 1996; Чистякова и др., 1996; Захаров и др., 2001; Чистякова, Кряжева, 2001; Шадрин и др., 2003; Шкиль Ф.Н., Захаров В.М., 2003; Пчелинцева Н.М., 2004). Все это ставит на повестку дня задачу более детальной характеристики условий экологической периферии ареала вида.

Важно отметить, что сама возможность выявления изменения состояния организма на экологической периферии ареала во многом определяется использованием онтогенетического подхода, основанного на оценке стабильности развития (популяционная биология развития), который позволяет выявлять такие изменения до появления явных признаков угнетенного состояния организма. Применительно к представленным здесь данным это означает, что если крайне серьезные нарушения стабильности развития (на уровне критического пятого балла пятибалльной шкалы отклонений от нормы) сопровождаются обычно фиксируемыми дендрологами изменениями, то фиксируемые нами по изменению стабильности

развития существенные отклонения в состоянии организма (на уровне 2–4 баллов) происходят на фоне внешне вполне благополучного состояния растения. В то же время о важности выявляемых по снижению стабильности развития изменений состояния растений свидетельствует то, что они обычно сопровождаются снижением интенсивности фотосинтетических процессов (Чистякова, Кряжева, 2001).

Проведенное исследование свидетельствует о возможности выявления изменений состояния организма на экологической периферии ареала вида и свидетельствует о перспективности такого подхода при проведении как теоретических исследований, так и практических работ по биомониторингу.

Благодарности

Авторы статьи выражают признательность за помощь в организации сбора материала заместителю директора НП «Сочинский» У.А. Семенову, сотруднице Института прикладной экологии Севера АН РС (Я) д.б.н. Е.Г. Шадриной, председателю калининградского регионального общественного движения «Центр экологической политики России» Р.А. Гусевой.

Работы проведены в рамках программ фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие» и программы фундаментальных исследований ОБН РАН «Фундаментальные основы управления биологическими ресурсами».

ЛИТЕРАТУРА

- Захаров В.М.* Асимметрия животных: популяционно-феногенетический подход. М.: Наука, 1987. 216 с.
- Захаров В.М., Жданова Н.П., Кирик Е.Ф., Шкиль Ф.Н.* Онтогенез и популяция: оценка стабильности развития в природных популяциях // Онтогенез. 2001. Т. 32. № 6. С. 404–421.
- Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Баранов А.С., Борисов В.И., Валецкий А.В., Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К.* Здоровье среды: методика и практика оценки в Москве. М.: Центр экологической политики России, 2001. 68 с.
- Кряжева Н.Г., Чистякова Е.К., Захаров В.М.* Анализ стабильности развития березы повислой в условиях химического загрязнения. Экология. 1996. № 6. С. 441–444.
- Пчелинцева Н.М.* Фитоиндикационная оценка качества городской среды по цветочным культурам. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2004. 22 с.
- Справочник «Национальные парки России». Москва: Изд-во Центра охраны дикой природы, 1996.
- Чистякова Е.К., Кряжева Н.Г.* Возможность использования показателя стабильности развития и фотосинтетической активности для исследования состояния природных популяций растений на примере березы повислой. Онтогенез. 2001. Т. 32. № 6. С. 422–427.
- Чистякова Е.К., Кряжева Н.Г., Захаров В.М.* Оценка здоровья среды с разным уровнем радиационного загрязнения. Растения. Стабильность развития. Последствия Чернобыльской катастрофы: Здоровье Среды. М., 1996. С. 34–37.
- Шадрин Е.Г., Вольперт Я.Л., Данилов В.А., Шадрин Д.Я.* Биоиндикация воздействия горнодобывающей промышленности на наземные экосистемы Севера. Морфогенетический подход. Новосибирск: Наука, 2003. 109 с.

Шкиль Ф.Н., Захаров В.М. Применение методики раннего выявления нарушений состояния зеленых насаждений. Экология большого города. Альманах. Вып. 8. Проблемы содержания зеленых насаждений и городских лесов в условиях Москвы. М.: Прима-М, 2003. С. 50–54.

Gilbert S.F. Ecological developmental biology: developmental biology meets the real world. *Developmental biology*. 2001. V. 233. P. 1–12.

Sokal R.P., Rohlf F. *Biometry*. San Francisco: Freeman, 1981. 859 p.