

# Оценка уровня адаптации травянистых видов в условиях стресса на основе метода корреляционной адаптометрии

В.Н.Разжевайкин

М.И.Шпитонков

## 1 Введение

Поведение растений при резких изменениях условий среды, в частности при варьировании антропогенного пресса, позволяет оценить амплитуду приспособления видов и скорость реакции на происходящие изменения. Адаптация видов может быть определена как совокупность компенсаторно - приспособительных перестроек, возникающих в ходе приспособления организмов к стрессу.

Мы попытались оценить меру перестройки популяции травянистых растений при помощи метода корреляционной адаптометрии в лесных сообществах разной степени нарушенности (под влиянием вытаптывания). В основе этого метода лежит тот эмпирический факт, что при стрессе в любой популяции меняются взаимосвязи между органами и соответственно, варьируют корреляционные характеристики. Исследования ряда авторов [1], [3] показали, что уровень корреляций между параметрами, изменяется, как правило, в сторону повышения при увеличении адаптационной нагрузки. Приспособительный эффект наблюдается не только и не столько на самих показателях (последние могут варьироваться в широких пределах), а в системе взаимосвязей между ними. Критерии интенсивности адаптации вида [1] получаем, введя оценку связанности анализируемых параметров при помощи веса корреляционного графа.

Эти критерии были использованы для оценки здоровья населения [1],[3]. Математические модели, объясняющие эти явления на концептуальном уровне были предложены в работе [4]. Математический метод,

непосредственно апеллирующий к исследуемым функционалам [2].

Основные принципы можно изложить следующим образом:

1. Популяция рассматривается как совокупность особей, распределенных в некоторой ограниченной области (области гомеостаза) в пространстве биологически значимых параметров.

2. Динамика особей внутри области описывается непрерывным марковским процессом диффузионного типа.

3. По мере приближения отдельной особи к границе области гомеостаза могут включаться (а могут и не включаться) эволюционно обусловленные механизмы адаптации, затрудняющие преодоление этой границы.

Цель исследования – сопоставить изменение поведения травянистых видов на основе варьирования их размеров, скорости роста, интенсивности размножения с оценками уровня адаптационной перестройки популяции при помощи критерия адаптации на основе изменения веса корреляционных графов. В качестве объектов исследования выбраны популяции вороньего глаза, копытня, медуницы, зеленчука, ландыша и ветреницы лютиковой произрастающих при разной интенсивности антропогенного пресса при различной густоте.

## 2 Методика исследований

Было проанализировано поведение этих видов в дубняке лещиново-разнотравном разной степени деградации (под воздействием вытаптывания). Исследования проводились в течение семи лет. Пробные площади расположены на территории Московской обл. (Одинцовский р-н), имеют сходные лесорастительные условия: это повышенные водораздельные участки с двучленными наносами на моренном суглинке.

Рассматривались участки насаждений, где по степени нарушенности различался лишь живой напочвенный покров, а сомкнутость древесного и кустарниковых ярусов (соответственно, режим освещенности) существенно не менялись. Степень нарушенности оценивалась по количеству вытоптаных и лишенных травяного покрова участков земли, по изменению состава и обилия травяного покрова и физико-химических свойства почвы.

Анализировались следующие стадии деградации лесного сообщества: 1 – малонарушенный дубняк – лещиново-разнотравный; 2– дубняк с

невысоким уровнем нарушенности (напочвенный покров отсутствует на 25% территории); 3 – дубняк с высокой степенью деградации напочвенного покрова (напочвенный покров отсутствует на 70% площади).

На всех пробных площадях определялись физические и химические характеристики почвы, содержание питательных элементов и плотность почвы.

В качестве замеренных параметров были взяты следующие: высота побегов, длина корней, диаметр корней, число корней, площадь листы и площадь корней.

Анализ коэффициентов парной корреляции производился между всеми замеренными параметрами. Степень связанности параметров оценивалась с помощью веса корреляционного графа

$$G = \sum_{|r_{i,j}| \geq 0.5} |r_{i,j}|$$

где  $r_{i,j}$  – коэффициент корреляции между  $i$ -м и  $j$ -м показателями.

### 3 Результаты исследования

Ландыш –я длиннокорневищное растение, отличается широкой экологической амплитудой. Умеренное вытаптывание стимулирует интенсивное разрастание корневища ландыша, однако отношение поверхности листы к поверхности корней снижается.

При сильном нарушении наблюдается резкое уменьшение высоты черешков и площади листы, удлинение корневищ и их утоньшение. Величина  $G$  возрастает в 2 раза по сравнению с ненарушенным насаждением.

Копытень – многолетнее растение с ветвящимся корневищем, обычно погруженный в лесную подстилку . В малонарушенном дубняке (1) копытень образует рыхлые куртины разного размера, которые распадаются на морфологически обособленные части (клональные фрагменты).

Невысокий уровень деградации (2) стимулирует развитие копытня резко усиливается интенсивность вегетативного размножения, возрастают размеры клонального фрагмента , число побегов и площадь листьев. На сильно деградированных местообитаниях (3) у копытня снижаются размеры осевых органов (в первую очередь размеров корневища), и отношение поверхности листы к поверхности корней. Параллельно увеличению нарушения сообщества возрастает вес корреляционного графа.

Медуница неясная – короткокорневищный многолетник, характерный представитель флоры широколиственных лесов. Под пологом леса размножается в основном вегетативным путем. В ненарушенном дубняке преобладают особи со слабо разветвленным корневищем.

Реакция на нарушения аналогична поведению копытня. Умеренные нарушения стимулируют развитие медуницы. В популяции начинают преобладать крупные особи с мощно развитым разветвленным

корневищем. При дальнейшем усилении рекреационного пресса снижаются размеры надземных и подземных органов и относительная скорость роста. Перестройку популяции характеризует увеличение величины корреляционного графа, наибольшая величина которого отмечена у растений, приуроченных к наиболее затоптанным участкам

Зеленчук желтый – многолетнее поликарпическое растение, широко распространен в широколиственных и хвойно-широколиственных лесах.

Даже умеренные нарушения насаждения приводят к значительному падению длины плетей и числа побегов, однако параллельно увеличивается поверхность корней. Зеленчук плохо выносит вытаптывание и на 3 стадии деградации представлен немногочисленными сильно угнетенными особями, величина  $G$  возрастает более чем в 4 раза.

Вороний глаз обитает в широколиственных и хвойно-широколиственных лесах, в дубняке встречается в небольших количествах (1 – 4 экз.) и размножается преимущественно вегетативно.

Деградация насаждений стимулирует интенсивность вегетативного размножения вороньего глаза. Снижается число и размеры корней с увеличением антропогенного пресса. С увеличением рекреационного пресса меняется соотношение массы и поверхности листовой к массе и поверхности корней в сторону увеличения доли надземных органов.

Увеличение нарушенности сопровождается возрастанием веса корреляционного графа, причем чем сильнее снижается жизнеспособность особи, тем выше величина  $G$  (вариант 3).

Ветреница дубравная – многолетнее, короткокорневищное растение. Размножается семенным и вегетативным путем, длительность жизни особи невелика (4 – 8 лет).

При умеренном вытаптывании (2 стадия) у растений увеличивается высота побега, падает процент цветущих побегов, размеры подземных органов мало меняются. Дальнейшее увеличение деградации (3 стадия) вызывает сильное падение процента цветущих растений и высоты побега, возрастает общая поверхность корней, увеличивается число корней.

Параллельно увеличению нарушенности возрастает вес корреляционного графа  $G$ .

Таблица 1: Варьирование величины веса корреляционного графа  $G$  в разных местообитаниях

Вид	1	2	3
Вороний глаз	4.1	7.6	14.8
Медуница	8.8	11.9	15.1
Копытень	10.3	15.4	19.5
Зеленчук	1.4	5.2	6.2
Ландыш	5.4	7.9	10.1
Ветреница	8.1	12.5	15.8

В таблице 1 соответствует отсутствию вытаптывания; 2 – умеренному вытаптыванию; 3 – сильному вытаптыванию.

## 4 Обсуждение результатов

Варьирование размеров растений, относительной скорости роста и интенсивности вегетативного размножения зависит от силы и длительности деградации сообщества. Умеренное нарушение (там, где участки, лишённые травяного покрова, и тропы составляют 25% площади), приводящее к ослаблению конкуренции доминирующих видов обуславливает активный компенсаторный ответ – у растения возрастают размеры особи, относительная скорость роста и вегетативное размножение.

На дальнейший рост нарушенности (70–80% площади лишено травяного покрова) анализируемые виды реагируют по-разному: у копытня, медуницы, зеленчука, ландыша уменьшаются размеры; размеры вороньего глаза инвариантны.

Анализ приведенных выше данных показывает, что критерий адаптации, рассчитанный на основе веса корреляционного графа адекватно характеризует перестройку организмов с изменением условий существования (см. таблицу). Как видно из вышеприведенных данных, умеренные нарушения стимулируют рост большинства анализируемых видов – у них увеличиваются размеры, скорость роста; в этом случае увеличение

веса корреляционного графа можно рассматривать как усиление адапционных перестроек особи по сравнению с коренным насаждением. При дальнейшем увеличении деградации сообщества, напротив, размеры особей снижаются, а интенсивность вегетативного размножения возрастает как механизм выживания вида в экстремальных условиях – этому соответствует усиление адапционной перестройки – наблюдается дальнейшее возрастание веса корреляционного графа.

Следует подчеркнуть, что изменение веса корреляционного графа наблюдается независимо от варьирования размеров особи, т.е. его можно считать показателем меры адаптации или перестройки особи. Следовательно, предлагаемый критерий можно рассматривать как относительный показатель меры адаптации популяции к изменению условий среды, поскольку абсолютная величина этого критерия очень сильно различается у разных видов (в ненарушенном дубняке  $G$  варьирует от 1.4 до 10.3). Однако последовательное увеличение (или уменьшение) критерия адаптации у одного вида с изменением условий существования можно рассматривать как относительную меру перестройки особи и популяции.

Оценка связанности анализируемых параметров как мера адаптации в значительной степени аналогична адапционному синдрому Селье [5]: "Адаптационный синдром есть неспецифический ответ организма на любое предъявленное ему требование и сопровождающееся перестройкой защитных сил организма". Сила стрессорного эффекта зависит от приспособительных способностей организма – чем выше сила воздействия – тем сильнее должен перестроиться организм. Полученные нами данные показывают, что критерий адаптации на основе оценки связанности замеренных параметров можно рассматривать как одну из характеристик адапционного синдрома Селье. Оценка веса корреляционных графов как критерия адапционной перестройки организма дает возможность сравнивать разные популяции в отношении факторов среды, и как показано выше, даже решать обратную задачу – ранжировать местообитания по степени напряженности взаимоотношений. Выявив состояние напряженности популяции, можно получить информацию о степени экологической опасности в данном регионе. Нам представляется, что применение этого метода весьма перспективным в экспериментальных исследованиях. Большим достоинством метода является простота расчетов.

## Список литературы

- [1] *А.Н. Горбань, В.Т. Манчук, Е.В. Петушкова* Динамика корреляций между физиологическими параметрами и экологэволюционный принцип полифакториальности. Проблемы экологического мониторинга и моделирование экосистем. Л.: Гидрометеиздат., 1987, Т.10, с. 187-198
- [2] *В.Н. Разжевайкин, М.И. Шпитонков* Вопросы моделирования в задачах корреляционной адаптометрии. М., 1995. 38 с.
- [3] *К.Р. Седов, А.Н. Горбань, Е.В. Петушкова* Вест. АМН. 1988, N 10 с. 69-75
- [4] *Ф.Н. Семевский, С.М. Семенов* Математическое моделирование экологических процессов. Л.Гидрометеиздат, 1982, 290 с.
- [5] *Г. Селье* Очерки об адаптационном синдроме. М. Наука. 1980, 252 с.