



УДК 574.21

ФИТОИНДИКАЦИЯ ПРИ МОНИТОРИНГЕ ЛЕСОВ НА УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЯХ

С.Л. Рысин

Учреждение Российской академии наук Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН,
127276, Москва,
Ботаническая ул., 4

e-mail: ser-rysin@yandex.ru

В статье описана оригинальная методика оценки устойчивости травянистой растительности к рекреационному воздействию.

Ключевые слова: фитоиндикация, растения-индикаторы, мониторинг лесов на урбанизированных территориях, оценка устойчивости растительности к антропогенному воздействию.

Одна из серьезных проблем при проведении мониторинга урбоэкосистем - объективная оценка рекреационной толерантности (т. е. устойчивости к рекреационному воздействию) всех компонентов лесных фитоценозов, в том числе - травяного покрова. Известно, что разные виды растений неодинаково реагируют на действие фактора рекреации: одни достаточно быстро исчезают даже при относительно небольших нагрузках, другие удерживаются в течение продолжительного времени, третьи, наоборот, появляются под пологом леса и даже расширяют свое присутствие. Такие различия в поведении растений разных видов определяются их эколого-биологическими особенностями (отношением к факторам среды, физической уязвимостью, характером подземных органов и др.), а также спецификой рекреационного воздействия на растительность. Общая тенденция в изменении травяно-кустарничкового яруса под влиянием рекреации состоит в постепенной замене типично лесных растений луговыми и сорными видами, которые обладают большей антропогенной толерантностью, а в отдельных случаях и антропофильностью. Следует различать четыре основных типа факторов антропогенного воздействия на живой напочвенный покров в рекреационных лесах [1].

А. Механическое повреждение (вплоть до полного уничтожения) наземных органов растений, в т. ч. числе почек возобновления, при вытаптывании. Особенно страдают при этом наименее защищенные растения с высокими сочными побегами и с почками возобновления, расположенными над поверхностью почвы или у самой ее поверхности. Относительно более устойчивыми оказываются виды с розеточным расположением листьев, невысокими упругими побегами, с достаточно надежно защищенными почками возобновления.

В. Изменение физических параметров почвы (влажности, аэрированности, плотности, температурного режима и др.), в результате которого нарушается нормальное функционирование систем подземных органов растений. В этом случае большое значение имеет характер подземных органов: глубина их проникновения и распределение по почвенному профилю, прочность и др.

С. Обрывание наземных побегов и выкапывание растений, привлекающих внимание рекреантов своей декоративностью. При этом особенно страдают генеративные побеги, что угнетает процесс естественного воспроизводства ценопопуляции вида.

Д. Сбор ягод, заготовка сырья (пищевого или лекарственного).

Перед исследователями, занимающимися изучением устойчивости лесных экосистем к рекреационному воздействию встает необходимость решения двух взаимосвязанных задач:

- оценка индивидуальной рекреационной толерантности растений;
- определение рекреационной устойчивости растительных сообществ.

Индикатором состояния конкретного вида может служить тип его ценопопуляции, который определяют по характеру ее возрастного спектра - соотношению раз-

личных возрастных групп (всходов, ювенильных, имматурных, молодых вегетативных, взрослых вегетативных, генеративных, старых генеративных и сенильных). Т.А. Работнов [2] выделял три основных типа ценопопуляций:

- **инвазионный**: вид находится на данном участке в процессе вселения и представлен, в основном, особями ранних возрастных стадий;

- **нормальный**: растения вида полностью проходят свой жизненный цикл от прорастания до рассеивания семян или успешно размножаются и воспроизводятся вегетативно; вид в экосистеме занимает устойчивое положение;

- **регрессивный**: вследствие неблагоприятных условий растения не проходят полностью свой жизненный цикл и не воспроизводятся вегетативно в количестве, необходимом для поддержания постоянной численности; как правило, такой вид постепенно выпадает из состава экосистемы и не имеет в ней будущего.

Индивидуальную реакцию растения на каждый из четырех основных типов рекреационного воздействия (А, В, С, D) мы предлагаем оценивать по 5-балльной шкале (табл. 1).

Таблица 1

Действие фактора	Балл
– отсутствует или минимально (практически незаметно)	0
– заметно, но оно не сказывается на возрастном спектре и типе ценопопуляции вида	1
– изменяет возрастную структуру ценопопуляции вида, но ее тип остается нормальным	2
– переводит ценопопуляцию вида из нормального типа в регрессивный	3
– весьма значительно, ценопопуляция вида находится на грани быстрого исчезновения	4

Для интегральной оценки толерантности (устойчивости) вида в условиях рекреационного воздействия мы предлагаем использовать **коэффициент индивидуальной устойчивости $K_{иу}$** , рассчитываемый по формуле (1):

$$K_{иу} = \frac{B_A + B_B + B_C + B_D}{16}, \quad (1)$$

где B_A , B_B , B_C , B_D – оценочные баллы индивидуальной устойчивости вида к каждому из типов факторов рекреационного воздействия.

Все виды травянистых растений по степени их индивидуальной устойчивости к рекреационному воздействию можно разделить на пять основных групп (табл. 2).

Таблица 2

Группа видов	Значение $K_{иу}$	Индивидуальная устойчивость вида
I	0 – 0,20	очень высокая
II	0,21 – 0,40	высокая
III	0,41 – 0,60	средняя
IV	0,61 – 0,80	низкая
V	0,81 – 1,00	практически отсутствует

К **группе I** относятся наименее декоративные виды растений с упругими надземными побегами, хорошо защищенными системами подземных органов, не представляющие интереса для сборщиков ягод и лекарственного сырья. Типичными представителями этой группы являются подорожники.

Высокая устойчивость к рекреации видов, составляющих **группу II**, определяется малой привлекательностью этих растений для посетителей и относительной защищенностью систем подземных органов. В то же время надземные побеги этих растений из-за своей хрупкости не выдерживают рекреационного давления. Характерные представители группы – вейник тростниковидный, сныть, копытень.

Группа III объединяет растения, которые мало повреждаются сборщиками ягод и довольно редко обрываются на букеты отдыхающими. В то же время многие ви-



ды в силу особенностей строения корневых систем и надземных органов достаточно болезненно реагируют на уплотнение почвы и легко повреждаются в условиях интенсивного рекреационного воздействия. К этой группе относятся ландыш, крапива, черника, ряд видов папоротников.

Значительная часть представителей **группы IV** весьма декоративна, поэтому они часто обрываются или выкапываются рекреантами. В то же время эти растения не представляют интереса с точки зрения возможности заготовки лекарственного сырья или пищевой продукции. Представителями этой группы являются ветреница дубравная, любка двулистная, печеночница и др.

Группа V включает растения с практически отсутствующей устойчивостью к рекреационному воздействию. В нее входят виды, крайне уязвимые по всем параметрам, а потому исчезающие из состава растительного покрова в первую очередь. Из числа изученных видов к этой группе нами был отнесен лишь один – лук медвежий, или черемша.

Для более «тонкой» оценки рекреационной толерантности растений внутри групп целесообразно выделять подгруппы видов (а, b, с), схожих по своим характеристикам. При этом следует пользоваться данными, приведенными в табл. 3.

Таблица 3

Распределение видов травянистых растений по группам и подгруппам на основании расчетных значений коэффициента индивидуальной устойчивости

Группа	Подгруппа		
	а	б	с
I	0,06	0,13	0,19
II	0,25	0,31	0,38
III	0,44	0,50	0,56
IV	0,63	0,69	0,75

Объектами исследований стали более 250 видов травянистых растений, наиболее широко представленных в растительном покрове Москвы и ближнего Подмосковья [1]. Была разработана классификация, учитывающая особенности реакции растений на рекреационное воздействие (ее фрагмент представлен в табл. 4.)

При **оценке рекреационной толерантности растительных сообществ** удобно пользоваться подходом, описанным в монографии Д.Н. Цыганова [3]. В соответствии с ним мы предлагаем рассчитывать показатель устойчивости травяного покрова по формуле (2):

$$ПУ_N = \frac{\sum kx}{\sum k}, \quad (2)$$

где $ПУ_N$ – показатель устойчивости травяного покрова к каждой из типов рекреационного воздействия ($ПУ_A$ – механическое повреждение, $ПУ_B$ – уплотнение почвы, $ПУ_C$ – обрывание и выкапывание декоративных видов, $ПУ_D$ – сбор лекарственного сырья и ягод); x – баллы видов; k – коэффициенты значимости каждого из видов в растительном покрове данного участка.

Для определения значений коэффициентов k следует пользоваться шкалой комбинированной оценки обилия-покрытия (табл. 5).



Таблица 4

Реакция травянистых растений на рекреационное воздействие (фрагмент)

№ п/п	Видовое название растения		Устойчивость (баллы) к рекреационному воздействию по типам факторов				К _{ив}	Группа, подгруппа
	латинское	русское	A	B	C	D		
1	<i>Achillea millefolium</i> L.	Тысячелистник обыкновенный	1	0	0	0	0,06	1a
2	<i>Aconitum septentrionale</i> Koelle	Борец северный	4	4	4	0	0,75	4c
3	<i>Actaea erythrocarpa</i> Fisch.	Воронец красноплодный	4	4	0	0	0,50	3b
4	<i>Actaea spicata</i> L.	Воронец колосистый	4	4	0	0	0,50	3b
5	<i>Adoxa moschatellina</i> L.	Адокса мускусная	4	4	0	0	0,50	3b
6	<i>Aegopodium podagraria</i> L.	Сныть обыкновенная	3	2	0	0	0,31	2b
7	<i>Agrimonia pilosa</i> Ldb.	Репешок волосистый	4	3	0	0	0,44	3a
8	<i>Agrostis canina</i> L.	Полевица собачья	2	2	1	0	0,31	2b
9	<i>Agrostis clavata</i> Trin.	Полевица булавовидная	1	1	0	0	0,13	1b
10	<i>Agrostis gigantea</i> Roth	Полевица гигантская	2	2	0	0	0,25	2a
11	<i>Agrostis stolonifera</i> L.	Полевица белая	2	2	0	0	0,25	2a
12	<i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	Полевица тонкая	2	2	0	0	0,25	2a
13	<i>Agrostis vinealis</i> Schreb.	Полевица виноградниковая	2	1	0	0	0,19	1c
14	<i>Ajuga reptans</i> L.	Живучка ползучая	4	4	0	0	0,50	3b
15	<i>Alchemilla vulgaris</i> L.	Манжетка обыкновенная	1	1	0	0	0,13	1b
16	<i>Allium ursinum</i> L.	Лук медвежий, черемша	4	4	3	4	0,94	5b
17	<i>Alopecurus pratensis</i> L.	Лисохвост луговой	2	2	0	0	0,25	2a
18	<i>Amoria montana</i> (L.) Sojak	Клевер горный	3	2	0	0	0,31	2b
19	<i>Amoria repens</i> (L.) C.Presl	Клевер ползучий	1	1	0	0	0,13	1b
20	<i>Anemone sylvestris</i> L.	Ветреница лесная	4	4	4	0	0,75	4c
21	<i>Anemonoides nemorosa</i> (L.) Holub	Ветреница дубравная	3	3	4	0	0,63	4a
22	<i>Anemonoides ranunculoides</i> (L.) Holub	Ветреница лютиковая	3	3	3	0	0,56	3c
23	<i>Angelica sylvestris</i> L.	Дудник лекарственный	4	4	0	0	0,50	3b
24	<i>Antennaria dioica</i> (L.) Gaertn.	Кошачья лапка двудомная	3	3	0	0	0,38	2c

Таблица 5

Встречаемость и характер распределения вида	Балл по шкале Браун-Бланке	Коэффициент значимости
– занимает более 75% поверхности участка (пробной площади)	5	5
– занимает 50-75% поверхности	4	4
– занимает 25-50% поверхности	3	3
– занимает 5-25% поверхности	2	2
– занимает до 5% поверхности	1	1
– встречается единично или редко (рассеянно по площади)	r и +	0,1

По значению соответствующего показателя устойчивости можно судить об устойчивости травяного покрова к конкретному виду рекреационного воздействия на растительность (табл. 6).



Таблица 6

Значение показателя устойчивости (ПУ)	Устойчивость травяного покрова
0 – 0,80	очень высокая
0,81 – 1,60	высокая
1,61 – 2,40	средняя
2,41 – 3,20	низкая
3,21 – 4,00	практически отсутствует

Для интегральной оценки рекреационной устойчивости травяного покрова в насаждениях следует относить его к одному из пяти классов антропоустойчивости (КА), пользуясь следующими придержками:

– если значения каждого из четырех показателей реакции не превышают 0,80, травяной покров очень устойчив и относится к I КА;

– если значение хотя бы одного из показателей находится в пределах от 0,81 до 1,60, а величина остальных не превышает 0,80, травяной покров устойчив и относится ко II КА;

– если значение хотя бы одного из показателей находится в пределах от 1,61 до 2,40, а величина остальных не превышает 2,40, устойчивость травяного покрова средняя и он относится к III КА;

– если значение хотя бы одного из показателей превышает 2,40, устойчивость травяного покрова находится на низком уровне, и он относится к IV КА;

– если значения хотя бы одного из рассчитанных показателей больше 3,21, травяной покров относится к V КА и его устойчивость минимальна.

Описанная методика была апробирована при проведении мониторинговых исследований на территории городских лесов Москвы и ближнего Подмосковья. Полученные результаты дают возможность объективно судить о рекреационной устойчивости травяного покрова и прогнозировать изменения его состояния. Особый интерес для исследователей представляют материалы, позволяющие проследить динамику рекреационной устойчивости травяного покрова за достаточно длительный период времени. В качестве примера приведем результаты, которые были получены нами при обработке серии геоботанических описаний травяно-кустарничкового яруса в сосняке с липой лещиновом кисличном, расположенном в кв. 9 Серебряноборского опытного лесничества Института лесоведения РАН (табл. 7).

Наблюдения на постоянной пробной площади, заложенной в этом насаждении, ведутся сотрудниками Института лесоведения РАН с 1957 г. В настоящее время этот участок леса относится ко второй стадии рекреационной дигрессии. Очевидно, что в травяной покров в сосняке с липой лещиновом кисличном весьма мало устойчив к воздействию факторов типов А (механическое повреждение наземных органов) и В (изменение физических параметров почвы). В то же время в силу своей низкой декоративности и «потребительской» ценности он практически не подвергается воздействию факторов типов С (обрывание побегов и выкапывание растений) и D (сбор ягод и заготовка лекарственного сырья). Надо отметить, что за почти полувековой период наблюдений рекреационная устойчивость травяного покрова несколько повысилась (от минимальной до низкой, что соответствует V и IV классу антропоустойчивости).

Таблица 7

**Динамика показателя устойчивости травяного покрова (ПУ)
в сосняке с липой лещиновом кисличном**

Год наблюдения	Типы факторов рекреационного воздействия			
	A	B	C	D
1957	3,36	2,93	0,24	0,14
1990	3,45	3,20	0,10	0,07
1995	3,42	2,66	0,13	0,10
2003	2,77	2,68	0,12	0,09

Предложенная методика позволяет объективно оценить рекреационную толерантность травяного покрова, являющегося одним из важнейших компонентов фитоценозов. Полученные результаты могут быть использованы для организации экологического мониторинга состояния лесных и урбоэкосистем, а также при проведении работ по реконструкции и благоустройству озелененных территорий.

Список литературы

1. Влияние рекреации на лесные экосистемы и их компоненты. // Рысин Л.П., Мозолевская Е.Г., Савельева Л.И. и др. – Пушино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2004. – 302 с.
2. Работнов, Т.А. Жизненный цикл многолетних травянистых растений в луговых ценозах / Т.А. Работнов // Научн. тр. / Ботан. ин-т АН СССР. – 1950.– Сер. 3: Геоботаника. – Вып. 6 – М.–Л.: – С. 7–204.
3. Цыганов, Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Д.Н. Цыганов / – М.: Наука, 1983. – 197 с.

PHYTOINDICATION FOR MONITORING OF FORESTS IN URBAN AREAS

S.L. Rysin

Institution of Russian academy of sciences Main Botanical Garden named after N.V. Tsitsin RAN, Botanicheskaya str., 4, Moscow, 127276, Russia

e-mail: ser-rysin@yandex.ru

The article presents an original method of assessment of stability of herbaceous vegetation to recreational areas.

Keywords: phytoindication, indicator plants, monitoring of forests in urban areas, sustainability assessment of vegetation to human impacts