

УДК 581.9:582.632.2:379.823(292.471)

## Результаты фитоиндикации условий экотопов скальнодубовых фитоценозов Горного Крыма на тренде рекреации

Плугатарь Ю. В., Панельбу В. В.

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН  
Ялта, Республика Крым, Россия  
Serb\_84@mail.ru

Для синтаксонов скальнодубового леса в Горном Крыму с использованием компьютерной программы «Rover» и базы данных «Экодата» установлено положение на осях градиентов факторов среды. Определены минимальные, оптимальные и максимальные значения для 13-ти векторов градиентов. Выделены градиенты факторов-условий и градиенты факторов среды с неблагоприятными значениями в диапазоне популяции *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. Для участков с большим рекреационным давлением наблюдается снижение оптимальных значений по градиентам континентальности климата, увлажнения, содержания азота и гранулометрического состава субстрата выше, чем для условий, где наблюдается минимальный «пресс» на растительный покров. На участках с высокой стадией дигрессии наблюдаются низкие показатели фактора-ресурса по градиенту содержания азота, все участки находятся в средней степени благоприятности этого абиотического фактора в условиях произрастания вида.

*Ключевые слова:* фитоценоз, синтаксон, лесные экосистемы, факторы-условия, факторы-ресурсы, градиент факторов среды, рекреационная нагрузка.

### ВВЕДЕНИЕ

В лесных сообществах травянистый растительный ярус оказывает положительное влияние на температурный режим и влажность почвы, разрыхляет субстрат корнями и обогащает органическим веществом, повышает эстетические и санитарно-гигиенические свойства лесных фитоценозов. Он является одним из главных формирующих элементов окружающей среды, а в комплексе с другими элементами лесных фитоценозов информирует об экологических условиях ландшафта и показывает направление сукцессионного процесса.

Сукачев В. Н. указывает, что формы воздействия человека на лесной биогеоценоз носят комплексный характер и выделить отдельные факторы в нем часто трудно (Сукачев, 1964). Травянистая растительность наиболее часто реагирует на рекреационные нагрузки и сравнительно быстро меняется, а при антропогенной нагрузке теряются естественные взаимосвязи с древостоем. Даже при полном уничтожении травянистой растительности насаждение может сохраняться весьма долго. Следовательно, состояние яруса травянистой растительности и живого напочвенного покрова, синузии мхов и подстилки хорошо отражает только начальные стадии рекреационной дигрессии и может быть успешно использовано для ранней диагностики.

Экологическая ниша – это место, занимаемое видом в биоценозе, организованное градиентами факторов среды. При этом можно говорить об экологической нише особи, популяции, вида, сообщества и даже синтаксона. Наиболее реальную оценку реализованной экологической ниши можно получить, работая с описаниями конкретных фитоценозов в условиях определенных ландшафтов (Плугатарь, 2015).

Любой фитоценоз обладает набором факторов-ресурсов и факторов-условий, следовательно, он является условно ограниченным и пространственно-временным фрагментом растительного континуума, представленным совокупностью ценопопуляций растений, связанных условиями местопроизрастания и взаимоотношениями в пределах однородного комплекса факторов среды (Корженевский, 1990).

Отсюда вытекает, что наилучшим индикатором условий экотопа выступают растительные сообщества (Корженевский, 1999). Концептуально, фитоиндикация включает следующие позиции синэкологического подхода: виды со сходным распределением вдоль градиентов факторов среды, но разными пределами толерантности и оптимумами составляют экологическое пространство, общее для всех видов. Таким образом, в пределах фитоценоза можно говорить об экологических нишах особей, которые составляют местообитание данных видов; комбинация видов на участках с разной степенью антропогенной нагрузки может характеризовать местообитание по ряду важнейших абиотических факторов.

Цель наших исследований – изучить характер антропогенного воздействия на популяцию *Quercus petraea* (Matt.) Lieb. на основе фитоиндикации условий экотопов скально-дубовых фитоценозов Горного Крыма на тренде рекреации.

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наиболее известными и часто используемыми при обработке геоботанических описаний для территории европейской части России являются отечественные экологические шкалы Л. Г. Раменского (Раменский и др., 1956) и Д. Н. Цыганова (Цыганов, 1974). Поправка оригинальных шкал проведена с учетом методических рекомендаций (Корженевский, 1987) и региональных особенностей Горного Крыма. Анализировали следующие градиенты факторов-условий и факторов среды с амплитудой от 0 до 100: освещенность – затенение (*Lc*); температура воздуха (*Tm*); аридность – гумидность (*Om*); криорежим (*Cr*); континентальность климата (*Kn*); увлажнение (*Hd*); переменность увлажнения (*fH*); кислотность субстрата (*Rc*); солевой режим (анионный состав) (*Tr*); содержание карбонатов (*Ca*); содержание азота (*Nt*); содержание гумуса (*Gr*) и гранулометрический состав субстрата (*Ae*).

Основным объектом исследований было скально-дубовое насаждение (Алуштинское участковое лесничество ГАУ РК «Алуштинское лесохозяйственное хозяйство», квартал 69, выдел 29; тип лесорастительных условий – С<sub>1</sub>; тип леса – сухая дубово-грабовая судубрава; возраст – 57 лет), в пределах которого выполнялось геоботаническое описание на участках с разными стадиями рекреационной дигрессии (Голубев, Корженевский, 1985). Стадии рекреационной дигрессии лесного фитоценоза определяли глазомерно (Плугатарь, 2015). Далее для каждого конкретного вида растения, входившего в состав описания, считывалась информация о положении вида по каждому абиотическому фактору (минимальное и максимальное значение градиента) базы данных «Pover» (Корженевский, Клюкин, 1987). Полученный ряд показывал отклонение видового богатства, которое явилось итогом количества средних видов на градиентах изученных абиотических факторов скально-дубовых фитоценозов Горного Крыма.

Коэффициент соответствия условиям среды вычисляли для каждого абиотического фактора разницей между средними значениями максимального и минимального значения градиента в анализируемом фитоценозе с оптимальным значением для данного градиента (Злобин и др., 2013).

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Геоботаническое описание позволило установить флористический состав видов для фитоценоза *Q. petraea*. В результате получена информация экологического оптимума на градиенте фактора в пространстве вектора, ограниченного точками минимума и максимума.

Общеизвестно, что климатические (солнечная радиация, тепло, влага) и эдафические (увлажнение почв и их физические и химические свойства, формирующие плодородие) являются ведущими абиотическими факторами, контролирующими рост и определяющими закономерности распределения видов (Одум, 1986). Растительный покров обуславливает специфику ряда абиотических факторов. Генерируются экологические системы,

составляющие элементы которых тесно взаимосвязаны и взаимозависимы, то есть изменение одного элемента системы повлечет изменение других.

Оценка плотности упаковки видов на градиенте фактора-ресурса «освещенность – затенение» (*Lc*) позволила отнести скально-дубовый фитоценоз в Горном Крыму к полузакрытым местопроизрастаниям. Минимальные и оптимальные значения по градиенту «освещенность – затенение» для V стадии рекреационной дигрессии смещаются в сторону максимального значения, что вполне закономерно в связи с изреживанием полога (табл. 1).

Показатели, характеризующие климатоп, показали, что процент перекрытия экологических шкал по отношению к терморегиму (*Tm*) колеблется в достаточно широких пределах: от 27 % до 77 % для I стадии рекреационной дигрессии; от 35 % до 78% для II стадии; 31 % – 79 % для III стадии; 37 % – 79 % для IV стадии и от 33 % до 76 % для V стадии. Оптимальные значения на градиенте фактора-ресурса находятся примерно в одном диапазоне для каждой стадии дигрессии. В целом, среди видов данного фитоценоза по отношению к терморегиму преобладают представители субмезофитов.

Таблица 1

Положение сообществ *Quercus petraea* на градиентах факторов среды и факторов-условий по стадиям рекреационной дигрессии

Градиенты факторов	Стадии рекреационной дигрессии														
	I			II			III			IV			V		
	<i>min</i>	<i>opt</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>opt</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>opt</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>opt</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>opt</i>	<i>max</i>
<i>Lc</i>	46	73	95	49	79	94	52	79	93	58	79	94	55	81	97
<i>Tm</i>	27	57	77	35	58	78	31	59	79	37	60	79	33	54	76
<i>Om</i>	35	54	72	38	56	71	30	52	74	32	52	75	31	56	73
<i>Cr</i>	28	58	86	36	71	87	34	64	87	30	54	93	36	71	90
<i>Kn</i>	23	53	79	21	54	81	20	57	86	20	58	87	16	50	82
<i>Hd</i>	36	45	62	25	42	57	21	42	53	21	42	56	21	42	59
<i>fH</i>	39	59	73	45	62	82	46	62	85	45	70	87	50	63	84
<i>Rc</i>	26	62	87	32	61	90	26	50	86	36	60	87	27	61	88
<i>Tr</i>	22	33	54	24	39	64	21	39	63	23	37	59	21	41	60
<i>Ca</i>	39	64	84	31	63	85	24	58	81	38	71	84	27	60	85
<i>Nt</i>	17	50	81	14	35	75	18	35	78	22	37	76	21	31	71
<i>Gr</i>	19	33	61	19	40	62	16	36	57	22	45	63	21	46	65
<i>Ae</i>	45	57	70	31	33	54	32	37	57	27	37	53	35	34	62

Процент перекрытия экологических шкал по отношению к омброрегиму колеблется в значительных пределах, а именно: от 35 % до 72% для I стадии рекреационной дигрессии; 38 % – 71 % для II стадии; 30 % – 74 % для III стадии; 32 % – 75 % для IV стадии и от 31 % до 73 % для V стадии, где наблюдается самый большой рекреационный пресс. Оптимальные значения фактора-ресурса расположились в пределах 52 % – 56 %, на III и IV стадиях наблюдается меньший процент оптимального перекрытия упаковки (52 %). Тип омброрегима (*Om*) близок к аридному типу с оптимальными значениями градиента по стадиям дигрессии: I стадия – 53,5 ед.; II стадия – 56; III стадия – 51,5; IV стадия – 51,5; V стадия – 56 единиц соответственно.

Криорежим местообитания (*Cr*) соответствует типу теплых зим. Анализ перекрытия экологических шкал по отношению к континентальности климата также показал значительный процент колебания. Самый большой разброс наблюдается на IV стадии: от 20 % до 87 % с оптимальными значениями градиента по стадиям дигрессии: I стадия – 53 %; II стадия – 54 %; III стадия – 57 %; IV стадия – 58 % и 50 % для V стадии.

Шкала увлажнения почв (*Hd*) отражает отношение растительности к водному режиму. Процент перекрытия экологических шкал исследованного фитоценоза по отношению к влажности почвы колебался от 21 % (минимальное значение градиента для участков с III, IV и V стадией рекреационной дигрессией) до 62 % – для максимального значения градиента на I стадии. В спектре экологических групп по отношению к данному фактору преобладают мезофиты.

Наиболее общую и полную характеристику экологических условий дает представление о почве, на которой произрастает травянистая растительность. Каждый тип почвы характеризуется разной амплитудой влажности и богатства. Между качественными показателями влажности почвы, определенными методами фитоиндикации и экспериментально установленными запасами влаги существует линейная зависимость, что позволяет подойти к количественному толкованию эмпирически установленных градаций гигротопов. Азот является важным составным элементом почвы и определяет характер ее плодородия, лимитирует распространение многих видов. В почве он находится в разных, часто недоступных для растений формах, поэтому для фитоиндикации принято использовать минеральные формы азота (нитраты и аммоний), которыми питаются растения (Вопросы рекреационного ..., 1988).

Оценка плотности упаковки видов на градиенте, характеризующем эдафотоп, показала, что оптимальные и максимальные значения градиента содержания азота в почве на II, III и IV стадиях находятся в равных диапазонах, за исключением минимальных значений. Самые низкие оптимальные и максимальные показатели, что закономерно, наличия азота (*Nt*) наблюдается на пробной площади с V стадией рекреационной дигрессии. Самые высокие средние минимальные значения градиента наблюдаются на участках с IV и V стадией. Самые высокие оптимальные показатели градиента приходятся на участок с I стадией рекреационной дигрессии. Минимальный процент перекрытия варьирует от 14 до 22 %, максимальные значения варьируют от 71 % для участков с V стадией до 81 % для участков с I стадией рекреационной дигрессии. В целом, содержание свободного азота в почве характеризует благоприятные условия произрастания для популяции *Q. petraea*.

Коэффициент удовлетворенности среды (*D*) характеризует степень содействия произрастания того или иного таксона и является величиной экологического дискомфорта популяции (табл. 2). Чем ниже этот коэффициент, тем более условия местопроизрастания конкретного вида соответствуют экологии исследуемой популяции.

Таблица 2

Анализ разницы между экологическим оптимумом исследуемого вида и экологическими условиями в популяции *Quercus petraea*

Градиенты факторов	Стадии рекреационной дигрессии									
	I		II		III		IV		V	
	Max – min	D	Max – min	D	Max – min	D	Max – min	D	Max – min	D
<i>Lc</i>	49,6	-23	44,8	-34	41,2	-38	36,3	-43	42,4	-38
<i>Tm</i>	50,6	-6	43,2	-14	48,5	-10	42,0	-18	43,5	-11
<i>Om</i>	37,2	-16	32,4	-24	44,0	-8	42,8	-9	42	-14
<i>Cr</i>	57,2	0	50,6	-20	53,4	-10	63,5	10	54	-17
<i>Kn</i>	56,8	4	59,2	5	65,6	9	67,8	10	66	17
<i>Hd</i>	25,9	-19	32,0	-10	31,7	-10	35,8	-6	38,3	-4
<i>fH</i>	33,8	-25	36,8	-25	39,2	-22	41,5	-29	33,75	-29
<i>Rc</i>	61,0	-1	58,6	-2	59,8	10	51,5	-8	61,2	1
<i>Tr</i>	31,5	-2	39,8	1	42,1	4	36,0	-1	38,7	-2
<i>Ca</i>	45,0	-19	54,0	-9	57,2	-1	46,5	-24	58,5	-2
<i>Nt</i>	64,4	15	61,4	26	59,6	25	54,0	18	49,8	19
<i>Gr</i>	41,4	8	43,6	4	41,0	5	41,0	-4	44	-2
<i>Ae</i>	24,2	-32	23,4	-10	24,6	-12	26,3	-10	26,2	-8

Оптимальные значения для произрастания популяции *Q. petraea* по всем стадиям рекреационной дигрессии наблюдаются по шкалам солевого режима, кислотности субстрата, температурного режима (за исключением участков со II и IV стадией рекреационной дигрессии, на них этот показатель определяет средний уровень благоприятности этого градиента) и континентальности климата (кроме участка с V стадией рекреационной дигрессии). В зону, обуславливающую дискомфорт для исследуемой

популяции, входят шкалы по освещенности – затенению (*Lc*) и переменности увлажнения (*fH*). Стоит отметить, что для шкалы увлажнения большее несоответствие экологии происходит на участках, которые более страдают от рекреационного пресса. По шкале содержания азота (*Nt*) все участки находятся в средней степени благоприятности этого абиотического фактора в условиях произрастания вида.

По шкалам абиотических факторов участок с I стадией рекреационной дигрессией популяция *Q. petraea* имеет широкую амплитуду по всем градиентам факторов-условий, за исключением шкалы увлажнения и солевого режима. На всех стадиях рекреационной дигрессии наиболее узким является интервал шкалы гранулометрического состава (*Ae*). Оптимальные значения по шкалам переменности увлажнения почв (*fH*) и богатства азота (*Nt*) на всех участках с разными стадиями дигрессии приближаются к минимальным значениям градиента.

Соотношение распределения на занятых градиентах абиотических факторов по оптимальности может быть симметричным или асимметричным. В таблице 3 приводятся значения коэффициента асимметрии кривой числа видов на градиентах изученных абиотических факторов для насаждения *Q. petraea*.

Таблица 3

Коэффициент асимметрии кривой числа видов на градиентах изученных абиотических факторов для насаждения *Quercus petraea*

Градиенты факторов	Стадии рекреационной дигрессии				
	I	II	III	IV	V
<i>Lc</i>	-0,98	-0,69	-0,33	-0,06	-1,07
<i>Tm</i>	-0,69	-0,58	-0,26	-0,55	-0,09
<i>Om</i>	-1,19	-1,1	0,33	-0,102	0,24
<i>Cr</i>	-0,95	-1,57	-1,99	-1,33	-0,24
<i>Kn</i>	-1,74	-1,24	-0,57	-0,404	-1,09
<i>Hd</i>	0,16	0,53	0,22	0,35	0,48
<i>fH</i>	0,51	0,12	0,06	0,62	0,04
<i>Rc</i>	-0,2	-0,12	-0,75	-0,27	-0,318
<i>Tr</i>	0,92	0,67	0,65	0,73	0,49
<i>Ca</i>	-0,14	-0,51	-0,35	0,106	-0,88
<i>Nt</i>	0,009	-0,4	-0,24	-0,38	-0,08
<i>Gr</i>	-0,41	-0,31	0,06	0,08	-0,637
<i>Ae</i>	0,36	-0,04	-0,54	-0,22	0,95

Отрицательные значения коэффициента асимметрии говорят о конкурентном напряжении на участке градиента с низкими значениями, что свидетельствует о недостатке или переизбытке ресурса. Положительный коэффициент асимметрии на всех участках встречается по шкалам увлажнения (*Hd*), переменности увлажнения (*fH*) и солевого режима (*Tr*), что свидетельствует о смещении модальных значений в сторону высоких значений абиотического фактора. По стадиям рекреационной дигрессии положительный коэффициент асимметрии по омбورهжиму (*Om*) наблюдается на III и V стадиях; по шкале содержания карбонатов – на IV стадии; по шкале содержания гумуса – на участках с III и IV стадией; по шкалам содержания азота (*Nt*) и гранулометрического состава субстрата (*Ae*) – на участке с I стадией рекреационной дигрессии.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги, можно сказать, что метод фитоиндикации экологических шкал позволяет дать экологическую характеристику местообитания популяции *Quercus petraea*. При помощи метода оценки экологической ниши сообществ выделены градиенты факторов-условий и градиенты факторов среды с неблагоприятными значениями в диапазоне популяции *Q. petraea*.

Для участков с большим рекреационным давлением наблюдается снижение оптимальных значений по градиентам континентальности климата, увлажнения, содержания азота и гранулометрического состава субстрата выше, чем для условий, где наблюдается минимальный «пресс» на растительный покров. Также на участках с высокой стадией дигрессии наблюдаются низкие показатели фактора-ресурса по градиенту содержания азота, все участки находятся в средней степени благоприятности этого абиотического фактора в условиях произрастания вида.

### Список литературы

- Вопросы рекреационного лесопользования в горных курортных районах: Тезисы доклады совещания (5–7 апреля 1989 года, г. Алушта). – Алушта, 1988. – 68 с.
- Злобин Ю. А., Скляр В. Г., Клименко А. А. Популяции редких видов растений: теоретические основы и методика изучения: монография. – Сумы: Университетская книга, 2013. – 439 с.
- Интродукция и селекция декоративных растений в Никитском ботаническом саду (современное состояние, перспективы развития и применение в ландшафтной архитектуре): Монография / [ред. Ю. В. Плугатарь]. – Симферополь: ИТ «Ариал», 2015. – 432 с.
- Корженевский В. В. Об одном простом способе интерпритации экологических шкал // Экология. – 1990. – № 6. – С. 60–63.
- Корженевский В. В. Новый способ графического выражения зависимости видового богатства и комплексных градиентов среды // Экология. – 1999. – № 3. – С. 216–219.
- Корженевский В. В., Клюкин А. А. Методические рекомендации по фитоиндикации современных экзогенных процессов. – Ялта: Изд-во Никитского ботанического сада, 1987. – 41 с.
- Методические рекомендации по геоботаническому изучению и классификации растительности Крыма. / [сост. В. Н. Голубев, В. В. Корженевский]. – Ялта, 1985. – 48 с.
- Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир. 1986. – 248 с.
- Плугатарь Ю. В. Леса Крыма: Монография. – Симферополь: ИТ «АРИАЛ», 2015. – С. 258–259.
- Сукачев В. Н. Основы лесной биогеоценологии. – М.: Наука, 1964. – 575 с.
- Цыганов Д. Н. Экоморфы и экологические свиты // Бюлетень МОИП. Отделение биологии. – 1974. – Т. 79. Вып. 2 – С. 128–141.
- Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / [Л. Г. Раменский, И. А. Цаценкин, О. Н. Чижигов, Н. А. Антипов]. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 472 с.

**Plugar Y.V. Papelbu V.V. Phytoindication of conditions of ecotopes of durmast oak phytocoenosis of the mountainous Crimea on recreation trebd // Ekosistemy. 2018. Iss. 15 (45). P. 61–66.**

The position on the axes of environmental factors gradients has been established for the syntaxons of the durmast oaks forest in the Mountainous Crimea using the computer program «Pover» and the database «Ecodate». The minimum, optimal and maximum values for 13 gradient vectors have been determined. Gradients of the factors-conditions and gradients of the factors-environment with unfavorable values in the population range of *Quercus petraea* (Matt.) Liebl. have been allocated. For the plots with a heavy recreational stress the decrease in the optimal values of the continental climate gradient, humidity, nitrogen content and granulometric texture of substrate is observed and it is higher, than for the conditions, according to which the minimal «pressure» on vegetation cover is noticed. Also on the plots with a high stage of degradation the low rates of factor-resource on the nitrogen content gradient are observed, all the plots are in the middle degree of favorableness of this abiotic factor under the conditions of the species growth.

**Key words:** phytocoenosis, syntaxon, forest ecosystems, factors-conditions, factors-resources, environmental factors gradient, recreational impact.

Поступила в редакцию 18.06.18