

УДК 581.55

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ РАЗНЫХ ЖИЗНЕННЫХ ФОРМ РАСТЕНИЙ БОРЕАЛЬНОЙ ЭКОЛОГО-ЦЕНОТИЧЕСКОЙ ГРУППЫ

© 2010 Т.А. Полянская¹, Ю.А. Дорогова²

¹ Национальный парк «Марий Чодра»

² Марийский государственный университет, г. Йошкар-Ола

Поступила в редакцию 06.05.2010

Наибольшее экологическое разнообразие модельных бореальных видов растений выявлено по двум шкалам Д.Н. Цыганова: криоклиматической и кислотности почв. Принадлежность объектов исследования к различным жизненным формам не определяет степени их экологических адаптаций. Изучение экологических позиций видов по шкалам позволяет установить ограничивающие их распространение абиотические факторы.

Ключевые слова: *эколого-ценотические группы, экологические шкалы, экологическая валентность*

Классификация эколого-ценотических групп (ЭЦГ) сосудистых растений Европейской части России произведена О.В. Смирновой и Л.Б. Заугольной [1, 2] на основе эколого-ценотических свит А.А. Ниценко [3] и исторических свит Г.М. Зозулина [4]. Бореальная (таежная) ЭЦГ объединяет виды растений, связанные с фитогенезисом темнохвойных лесов гумидных стран Евразии [5]. Они характеризуются бореальным типом ареала, теневыносливостью, приспособлениями к условиям длительной зимы, влаголюбием в период вегетации, вегетативным способом разрастания [6].

Цель данной работы: выявить экологическое разнообразие модельных видов растений бореальной ЭЦГ с помощью амплитудных экологических шкал Д.Н. Цыганова [7].

Объектами исследования являлись 9 видов растений разных жизненных форм: дерево – береза повислая (*Betula pendula* Roth), кустарники – бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosa* Scop.), крушина ломкая (*Frangula alnus* Mill.), кустарничек – черника (*Vaccinium myrtillus* L.), травянистые многолетники: длиннокорневищный – майник двулистный (*Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt), коротkokорневищный – кислица обыкновенная (*Oxalis acetosella* L.), рыхлодерновинный – ожика волосистая (*Luzula pilosa* (L.) Willd.), подземностолоноклубнеобразующий – седмичник европейский (*Trientalis europaea* L.) и однолетник – марьянник луговой (*Melampyrum pratense* L.).

В данной работе использованы геоботанические описания лесных фитоценозов, сделанные авторами на территории Республики Марий Эл (РМЭ), и материалы по Московской области

из базы данных FORUS-1, предоставленные ее создателями – Центром по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН и Институтом математических проблем биологии РАН [8]. Для получения экологических параметров местообитаний ценопопуляций (ЦП) модельных видов флористические списки сосудистых растений соответствующих геоботанических описаний обработаны нами с использованием компьютерной программы EcoScaleWin [9]. Оценка экологических режимов лесных фитоценозов произведена с помощью метода средневзвешенной середины интервала [10] по 9-ти амплитудным шкалам Д.Н. Цыганова: Tm – термоклиматической, Kn – континентальности климата, Om – омброклиматической аридности-гумидности, Cr – криоклиматической, Hd – увлажнения почвы, Tr – солевого режима почв, Nt – богатства почв азотом, Rc – кислотности почв, Lc – освещенности-затенения.

Экологическое разнообразие модельных бореальных видов оценивалось с помощью фракций экологической валентности, предложенных Л.А. Жуковой [11]. Экологическая валентность – мера приспособленности популяций конкретного вида к изменению только одного экологического фактора [11]. Потенциальная экологическая валентность вида (PEV) равна доле диапазона баллов (ступеней) конкретного вида ко всей шкале [11, 12]:

$$PEV = \frac{(A_{\max} - A_{\min} + 1)}{n}$$

где A_{\max} и A_{\min} – максимальные и минимальные значения баллов (ступеней) шкалы, занятых отдельным видом; n – общее число баллов (ступеней) в шкале; 1 – добавляется как 1-е деление шкалы, с которого по данному фактору начинается диапазон вида.

Полянская Татьяна Аркадьевна, кандидат биологических наук, заместитель директора по науке, экологическому просвещению, туризму и рекреации. E-mail: zamtayki@mail.ru

Дорогова Юлия Александровна, научный сотрудник. E-mail: botanicamgy@inbox.ru

При проведении исследований конкретных ЦП в сообществе можно определить реализованную экологическую валентность (REV) по следующей формуле [11, 12]:

$$REV = \frac{(A_{\max} - A_{\min} + 0,01)}{n}$$

где A_{\max} и A_{\min} – максимальные и минимальные значения баллов (ступеней) шкалы, занятые конкретными ценопопуляциями на шкале; n – общее число баллов (ступеней) в шкале; 0,01 – добавляется как 1-е деление шкалы, с которого встречаются изученные ценопопуляции.

Эффективность освоения экологического пространства вида конкретными ЦП оценивается при помощи коэффициента экологической эффективности (К.ес.эф.) [13], вычисляемого по формуле:

$$К.ес.эф. = \frac{REV}{PEV} \times 100\%$$

где PEV – потенциальная экологическая валентность, REV – реализованная экологическая валентность.

В основе распределения видов по фракциям валентности лежит экспертная оценка Л.А. Жуковой, согласно которой стеновалентными считаются виды, занимающие менее 1/3 шкалы, эвривалентными – более 2/3 шкалы, остальные

виды – мезовалентными [11]. Латинские названия видов растений приведены по сводке С.К.Черепанова [14].

По термоклиматической шкале модельные таежные виды занимают мезовалентные позиции (PEV=0,47-0,59), и только *E.verrucosa* является гемистеновалентом (PEV=0,35). Полученные реальные диапазоны свидетельствуют о достаточно узких позициях исследованных видов в условиях Московской области (баллы: 6,09-8,58). Несколько шире они распространены в фитоценозах РМЭ (баллы: 5,00-9,00). Наибольшие показатели коэффициента экологической эффективности получены для *V.myrtillus* (40), *F.alnus* (38), *T.europaea* (36).

Для **шкалы континентальности климата, показывающей преобладание определенных воздушных масс**, характерно доминирование эвривалентной фракции (PEV=0,73-0,90). И только у *M.bifolium* низкое значение PEV (0,28), он – стеновалент. Для майника двулистного нами уточнена левая граница его экологического диапазона до 6,81 балла (см. табл.), что соответствует переходному от морского к субматериковому климату. У большинства модельных видов наблюдается максимальный диапазон значений по данной шкале: от 3 до 15 баллов. Это свидетельствует о достаточной приспособленности большинства исследованных таежных видов к континентальному климату Европейской России.

Таблица. Уточненные экологические позиции модельных бореальных видов растений по шкалам Д.Н. Цыганова [7]

| Виды | Экологические шкалы Д.Н. Цыганова | | | | | |
|-----------------------------|---|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| | Kn | Hd | Tr | Nt | Rc | Lc |
| <i>Euonymus verrucosa</i> | | | | 1,00-7,00 1,00-7,18 (299) | 7,00-11,00 5,50-11,00 (299) | |
| <i>Frangula alnus</i> | | | 1,00-7,00 1,00-7,19 (321) | | 1,00-6,00 1,00-7,23 (321) | |
| <i>Luzula pilosa</i> | | 11,00-17,00 10,00-17,00 (412) | | 3,00-7,00 3,00-8,00 (412) | 5,0-7,00 3,00-7,18 (412) | 3,00-8,00 2,00-8,00 (412) |
| <i>Maianthemum bifolium</i> | 7,00-10,00* 6,81-10,00** (548)*** | 11,00-15,00 11,00-16,00 (548) | | | | |
| <i>Oxalis acetosella</i> | | | | 5,00-10,00 4,25-10,00 (378) | | |
| <i>Trientalis europaea</i> | | | 1,00-6,00 1,00-7,00 (460) | 1,00-5,00 1,00-7,17 (460) | 1,00-7,00 1,00-8,02 (460) | |
| <i>Vaccinium myrtillus</i> | | | | | 1,00-6,00 1,00-7,29 (408) | |

Условные обозначения: экологические шкалы Д.Н. Цыганова: Kn – континентальности климата, Hd – увлажнения почвы, Tr – солевого режима почв, Nt – богатства почв азотом, Rc – кислотности почв, Lc – освещенности-затенения. * - балловые диапазоны вида, указанные Д.Н. Цыгановым; ** - уточненные нами балловые диапазоны видов, *** – количество использованных геоботанических описаний

По омброклиматической шкале, показывающей соотношение осадков и испарения, у модельных бореальных растений наблюдается преобладание стеновалентной и гемистеновалентной фракций с $REV=0,27-0,40$. Особенно узки позиции у *M.bifolium* ($REV=0,27$). Для местообитаний РМЭ выявлены более высокие показатели REV (0,07-0,17) по сравнению с Московской областью ($REV=0,05-0,12$). Наибольшие значения коэффициента экологической эффективности получены для *L.pilosa* (52), *M.pratense* (43), *M.bifolium* (40), *O.acetosella* (39). Впервые для *T.europaea* определена позиция вида по шкале Om (баллы: 7,83-9,67).

По криоклиматической шкале большинство видов мезоваленты с $REV=0,47-0,53$. Низкие значения REV у стеновалента *E.verrucosa* (0,27) и гемистеновалента *L.pilosa* (0,37). Береза повислая – гемизэвивалент ($REV=0,67$), ее ЦП способны обитать в разнообразных условиях криоклиматического фактора. Наибольшие экологические возможности реализованы у крушины ломкой и черники: их коэффициенты экологической эффективности равны 40.

По шкале увлажнения почв среди таежных модельных растений не выявлена доминирующая фракция; примерно в равных соотношениях встречаются мезоваленты, стеноваленты и гемистеноваленты. Следовательно, для многих объектов исследования данный фактор является лимитирующим. Нами расширена шкала увлажнения почв в сторону увеличения действия фактора у *M.bifolium* (до балла 16,0 – сыролугового/болотно-лугового увлажнения) и *L.pilosa* – в сторону уменьшения действия фактора (до балла 10,0 – лугово-степное / сухолуговое увлажнение) (табл.). Коэффициенты экологической эффективности наибольшие у *M.bifolium* (69) и *L.pilosa* (63).

По шкале солевого режима почв наблюдается явное преобладание фракции гемистеновалентных видов ($REV=0,37-0,38$). По данной шкале, насчитывающей 19 баллов, наиболее часто встречается диапазон значений от 1-го (особо бедных почв) до 7-го (довольно богатых почв) баллов. В правой части шкалы на более богатых почвах эти виды встречаются крайне редко. И только *V.pendula* с $REV=0,47$ является мезовалентным видом. Нами уточнены экологические позиции по шкале солевого режима почв для крушины ломкой и седмичника европейского в сторону увеличения действия фактора (табл.). Коэффициенты экологической эффективности наиболее высокие у *F.alnus* (45) и *M.pratense* (43).

По шкале богатства почв азотом преобладает фракция гемизэвивалентных видов ($REV=0,61-0,65$). Особенно широки экологические позиции у *V.pendula* ($REV=0,82$). Нами уточнены балловые диапазоны по шкале богатства

почв азотом в сторону увеличения действия фактора для бересклета бородавчатого, ожики волосистой, седмичника европейского, а в сторону уменьшения действия фактора – для ксилиты обыкновенной (табл.). REV выше в фитоценозах РМЭ у 6 видов (*F.alnus*, *L.pilosa*, *M.pratense*, *O.acetosella*, *T.europaea*, *V.myrtillus*). Наибольшие экологические возможности реализованы у ожики волосистой ($K.ec.eff.=67$). Большинству модельных бореальных видов свойственен широкий диапазон адаптаций, как к бедным, так и к богатым азотом почвам.

По шкале кислотности почв исследованные ЦП растений относятся к различным фракциям экологической валентности. Таежные виды встречаются в условиях от очень сильно кислых до слабощелочных почв с обобщенными балловыми диапазонами 1-11. Нашими исследованиями показано, что *E.verrucosa*, *F.alnus*, *L.pilosa*, *M.pratense*, *T.europaea*, *V.myrtillus* могут встречаться в более широких экологических диапазонах кислотности почв по сравнению с указанными Д.Н. Цыгановым (табл.). Высокий $K.ec.eff.$ (78) выявлен у ожики волосистой в сообществах РМЭ.

Особо стоит **шкала освещенности-затенения**, по которой в бореальной ЭЦГ преобладают эвивалентные виды с $REV=0,78-0,89$. Береза повислая является гемизэвивалентом с $REV=0,67$. Для ожики волосистой расширена левая граница диапазона по данной шкале до балла 2,0 (табл.). Таким образом, фактор освещенности-затенения для модельных видов растений не является лимитирующим, и их ЦП освещают как достаточно затененные местообитания, так и экотонные сообщества лесных полян и опушек.

Принадлежность модельных бореальных видов растений к различным жизненным формам не определяет степени их экологических адаптаций. Изучение экологических позиций по шкалам позволяет установить для каждого вида ограничивающие их распространение факторы.

Выводы: для модельных видов бореальной эколого-ценотической группы лимитирующими экологическими факторами являются омброклиматический, увлажнения почв и солевого режима почв. Наибольшее экологическое разнообразие выявлено по двум шкалам Д.Н. Цыганова [7]: криоклиматической и кислотности почв. По ним отмечены все фракции экологической валентности видов: стеновалентные, гемистеновалентные, мезовалентные, гемизэвивалентные, эвивалентные.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Смирнова, О.В. Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России / О.В. Смирнова, Л.Б. Заугольнова, Л.Г. Ханина и др. – М.: Научный Мир, 2000. – 196 с.

2. Флинт, В.Е. Сохранение и восстановление биоразнообразия / В.Е. Флинт, О.В. Смирнова, Л.Б. Заугольнова и др. – М.: Издание научного и учебно-методического центра, 2002. – 286 с.
3. Ниценко, А.А. Об изучении экологической структуры растительного покрова / Ботанический журнал. – 1969. – Т.54, №7. – С. 1002-1014.
4. Зозулин, Г.М. Исторические свиты растительности Европейской части России / Ботанический журнал. – 1973. – Т.58, №8. – С. 1081-1092.
5. Попадюк, Р.В. Восточноевропейские широколиственные леса / Р.В. Попадюк, А.А. Чистякова, С.И. Чумаченко и др. – М.: Наука, 1994. – 364 с.
6. Полянская, Т.А. Популяционное разнообразие компонентов травяно-кустарничкового яруса лесных сообществ национального парка «Марий Чодра». – Йошкар-Ола: ООО «Реклайн», 2006. – 156 с.
7. Цыганов, Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. – М.: Наука, 1983. – 198 с.
8. Smirnova, O. FORUS – database on geobotanic relevés of European Russian forests / O. Smirnova, L. Zaugolnova, L. Khanina et al. // Математическая биология и биоинформатика: I Международная конференция, г. Пущино, 9-15 октября 2006 г.: доклады / под ред. В.Д. Лахно. – М.: МАКС Пресс, 2006. – С. 150-151.
9. Грохлина, Т.И. Автоматизация обработки геоботанических описаний по экологическим шкалам / Т.И. Грохлина, Л.Г. Ханина // Принципы и способы сохранения биоразнообразия: сб. материалов II Всероссийской научной конференции / Мар. гос. ун-т. – Йошкар-Ола, 2006. – С. 87-89.
10. Зубкова, Е.В. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWine / Е.В. Зубкова, Л.Г. Ханина, Т.И. Грохлина, Ю.А. Дорогова. – Йошкар-Ола, 2008. – 96 с.
11. Жукова, Л.А. Оценка экологической валентности основных эколого-ценотических групп: подходы и методы // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. – М.: Наука, 2004. – Кн.1. – С. 256-259.
12. Дорогова, Ю.А. Экологическая характеристика ценопопуляций липы сердцевидной в подзоне хвойно-широколиственных лесов / Ю.А. Дорогова, Л.А. Жукова // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2009. - № 2 (12). – С.155-160.
13. Жукова, Л.А. Экологическая характеристика некоторых видов растений / Л.А. Жукова, Н.В. Турмухаметова, Е.В. Акиенцев // Онтогенетический атлас растений: научное издание / Мар. гос. ун-т. – Йошкар-Ола, 2007. – Т. V. – С. 318-331.
14. Черепанов, С.К. Сосудистые растения СССР. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С.К. Черепанов. – СПб.: Мир и семья - 95, 1995. – 990 с.

AN ECOLOGICAL VARIETY OF DIFFERENT VITAL FORMS OF PLANTS FROM BOREAL ECOLOGICAL-CENOTIC GROUP

© 2010 Т.А. Polyanskaya¹, Yu.A. Dorogova²

¹ National park «Mari Chodra»

² Mari State University, Yoshkar-Ola

The greatest ecological variety of modelling boreal kinds of plants is revealed on D.N. Tsyganov's two scales: cryoclimatic and acidities of soils. The belonging of researched objects to various life forms does not determine the degree of their ecological adaptations. Studying of ecological positions of kinds on scales allows to establish abiotic factors limiting their distribution.

Key words: *ecological-cenotic groups, ecological scales, ecological valency*

*Tatyana Polyanskaya, Candidate of Biology, Deputy Director on Science, Ecological Education, Tourism and Recreation.
E-mail: zamnayki@mail.ru*

Yuliya Dorogova, Research Fellow. E-mail: botanicamgy@inbox.ru