

## ОБ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ПРИУРОЧЕННОСТИ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ В ЛИПНЯКАХ НА ТЕРРИТОРИИ ЮГА ТЮМЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

Харитонцев Б.С.<sup>1</sup>, Шарафутдинова М.С.<sup>1</sup>

*Тобольская комплексная научная станция УрО РАН, Тобольск, e-mail: mauliha@yandex.ru*

На основании экологических шкал Д.Н. Цыганова выявлены лимитирующие факторы распространения редких видов *Actaea spicata*, *Paeonia anomala*, *Hypericum hirsutum*, *Epipactis helleborine*, *Neottia nidus-avis*, *Galium triflorum*, которые встречаются в липняках юга Тюменской области. Рассчитаны потенциальная и реализованная экологические валентности, экологическая толерантность и эффективность освоения экологического пространства. Числовые данные по экологическим параметрам липняков получены с помощью программы IBIS. Экологические позиции липняков, занимаемые данными видами, позволили установить факторы, ограничивающие их распространение. Выводы показали, что для редких видов, встречающихся в липняках, такими факторами являются увлажнение и солевой режим почв. Показатели по климатическим шкалам имеют широкий охват. По ним выявлены все фракции экологической валентности видов: стеновалентные, гемистеновалентные, мезовалентные, гемизвравалентные, эвравалентные. Найденные величины реализованной экологической валентности отражают, что экологические ареалы исследованных ценопопуляций не выходят за пределы шкал Д.Н. Цыганова и имеют значительно узкий диапазон в липняках юга Тюменской области.

Ключевые слова: экологическая валентность, экологическая толерантность, эффективность освоения экологического пространства.

## ENVIRONMENTAL TIMED RARE SPECIES OF PLANTS IN LINDEN IN THE SOUTH OF THE TYUMEN REGION

Haritontsev B.S.<sup>1</sup>, Sharafutdinova M.S.<sup>1</sup>

*Tobolsk Complex Scientific Station UD RAS, Tobolsk, e-mail: mauliha@yandex.ru*

On the basis of ecological scales Tsyganov D.N. identified limiting factors of rare species *Actaea spicata*, *Paeonia anomala*, *Hypericum hirsutum*, *Epipactis helleborine*, *Neottia nidus-avis*, *Galium triflorum*, which are found in the south of the Tyumen region linden. Designed and realized the potential ecological valence, environmental tolerance and efficiency of development of ecological space. Numerical data on environmental parameters lime-tree obtained by IBIS program. Environmental lime-tree position occupied by these species, allowed to establish the factors limiting its spread. The findings showed that for the rare species found in linden, such factors are moisture and salt regime of soils. Figures for klimat scales have a wide girth. According to him revealed all factions ecological valence species: stenovalent, gemistenovalent, mezovalent, gemievrivalent, evrivalent. Found values realized ecological valence reflect that environmental habitats studied populations not go beyond scales Tsyganov D.N. and have a much narrower range linden in the south of the Tyumen region.

Keywords: ecological valence, environmental tolerance, efficiency of development of ecological space.

Охрана и рациональное использование растительных ресурсов, в том числе редких видов, является актуальной проблемой в нынешнее время. Фитоценозы и его компоненты могут подвергаться антропогенному прессингу, а некоторые виды растений в связи с увеличением нагрузки даже близки к исчезновению. Влияние на то или иное растительное сообщество в большей степени обуславливает потерю или резкое ухудшение состояния редких и исчезающих растений. Состояние «краснокнижных» видов растений может определяться сохранностью условий произрастания их в растительных сообществах. В связи с этим крайне важное значение имеет исследование экологической приуроченности редких исчезающих видов растений к конкретным условиям лесных сообществ. Особую значимость

приобретает изучение ценопопуляций (ЦП) редких видов в липняках на территории юга Тюменской области. К таким видам относятся *Actaea spicata* L., *Paeonia anomala* L., *Hypericum hirsutum* L., *Epipactis helleborine* (L.) Crantz., *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., *Galium triflorum* Michx.

Растения могут реагировать разнообразным образом на климатические и почвенные факторы. Большое практическое значение имеет анализ экологических факторов на конкретных видах, которые могут дать качественную характеристику растительного сообщества, а методы экологических шкал способны объективнее оценить изменения экологической обстановки.

### **Материал и методы исследования**

С целью выявления количественной оценки использования определенных факторов была рассчитана потенциальная экологическая валентность (PEV) как признак адаптационных механизмов ценопопуляций (ЦП) редких видов к изменению одного экологического фактора. При проведении исследований конкретных ценопопуляций «краснокнижных» видов также была определена реализованная экологическая валентность (REV). Был рассчитан коэффициент экологической эффективности (К.ес.эфф.) по каждому фактору, как показатель экологического потенциала вида, который находился по соотношению  $REV/PEV$ , выражается в процентах [1; 4]. Также по общепринятым данным были найдены стеновалентные (СВ) и эвривалентные (ЭВ) виды; согласно шкале стеновалентными являются виды, занимающие около 30% шкалы, эвривалентными – более 60% шкалы, остальные виды относятся к мезовалентным (МВ). Последние были разделены на гемистено- (ГСВ), мезо- (МВ) и гемизэвривалентные (ГЭВ) группы. Для характеристики отношения конкретного вида к общему воздействию нескольких факторов найден индекс толерантности (It). Распределение видов по группам толерантности: у стенобионтных (СБ) It ниже 0,34; у гемистенобионтных (ГСБ) изменяется от 0,34 до 0,45; у мезобионтных (МБ) – варьирует от 0,45 до 0,56; у гемизэврибионтных – от 0,56 до 0,67 и эврибионтных – выше 0,67. Если найденный индекс толерантности (It) вида высокий, то теоретически больше возможность использования экологически разнообразных местообитаний популяциями конкретного вида. Латинские названия видов приведены по сводке С.К. Черепанова [7].

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Полевые исследования были проведены на территории юга Тюменской области, изучены ЦП *Actaea spicata* L., *Paeonia anomala* L., *Hypericum hirsutum* L., *Epipactis helleborine* (L.) Crantz., *Neottia nidus-avis* (L.) Rich., *Galium triflorum* Michx. Геоботанические списки обработаны с помощью компьютерной программы IBIS [5]. Рассчитаны экологические характеристики для 6 редких видов, встречающихся в липняках.

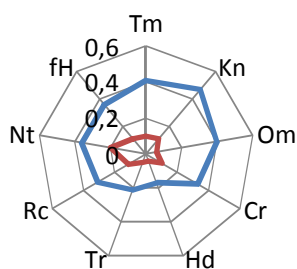
Объекты исследования были проанализированы по девяти шкалам Д.Н. Цыганова (климатическим: температурного режима – Тm, континентальности – Кn, омброклиматическая – Om, криоклиматическая – Cr, увлажнения – fH; почвенным: увлажнения почв – Hd, трофности – Tr, нитрификации – Nt, кислотности – Rc) [2; 3; 8].

На рисунке 1 представлены значения РЕV изучаемых видов, полученные по анализу шкал Д.Н. Цыганова, которые показывали, что лимитирующими факторами из климатических для *A. spicata*, *H. hirsutum* являются факторы Тm (РЕV=0,30) и Cr (РЕV=0,33). Особое значение в распространении редких видов имеют почвенные факторы.

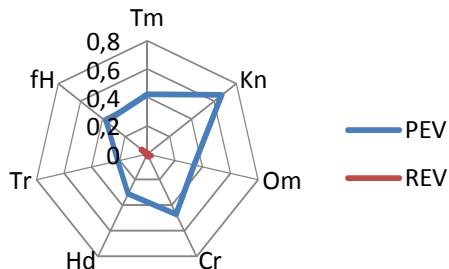
Анализ цифрового материала показал, что ограничивающими для всех видов являются такие факторы, как увлажнение (РЕVот 0,17 до 0,31) и трофность почв (РЕVот 0,21 до 0,32), а для *A. spicata* – кислотность почв (РЕV=0,31).

Результаты исследования показали, что РЕV всех ЦП 6 видов значительно ниже РЕV. Наибольшая степень использования экологических потенций и эффективность освоения экологического пространства отмечена у *A. spicata* и *E. heliborine* по факторам химического плодородия почв (Rc, Tr, Nt, fH, РЕV от 0,10 до 0,20), а также по климатическим факторам (Тm, Кn, Cr, РЕV от 0,10 до 0,13). Эти два вида наиболее часто встречаются в липняках.

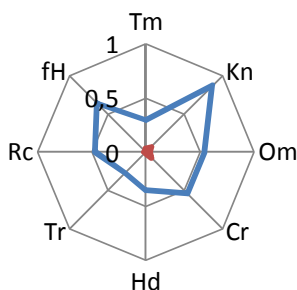
Минимальные значения РЕV и К.ес.эфf. остальных видов (67%) свидетельствуют о том, что реализованная экологическая ниша располагается в пределах границ толерантности.



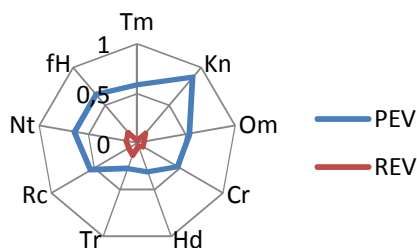
А



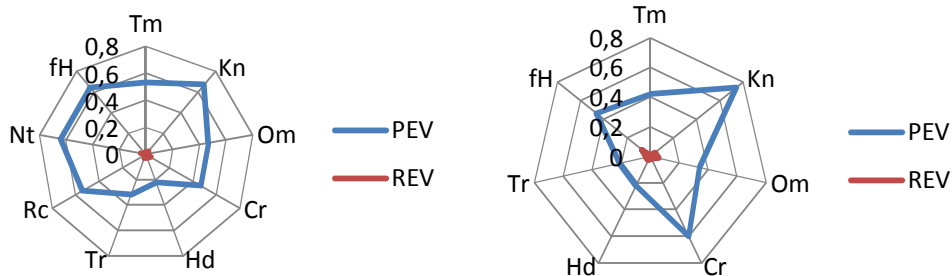
Б



В



Г



Д

Е

Рис. 1. Потенциальная (PEV) и реализованные (REV) экологические валентности изученных ЦП в липняках на территории юга Тюменской области: А - *Actaea spicata*, Б – *Paeonia anomala*, В – *Hypericum hirsutum*, Г – *Epipactis helleborine*, Д – *Neottia nidus-avis*, Е - *Galium triflorum*

Таблица 1

Потенциальные, реализованные экологические валентности (PEV, REV), коэффициенты экологической эффективности (К.ес.эф.) и индексы толерантности (It) изучаемых видов по климатическим шкалам Д.Н. Цыганова, 1983

	Tm			Kn			Om			Cr			It
	PEV	REV	К.эф. (%)	PEV	REV	К.эф. (%)	PEV	REV	К.эф. (%)	PEV	REV	К.эф. (%)	
<i>Actaea spicata</i>	0,41	0,10	24	0,47	0,11	24	0,40	0,06	15	0,33	0,10	30	0,41
<i>Paeonia anomala</i>	0,42	0,01	3	0,67	0,001	1	0,34	0,03	9	0,47	0,02	5	0,48
<i>Hypericum hirsutum</i>	0,30	0,04	14	0,87	0,07	8	0,54	0,04	8	0,54	0,07	13	0,57
<i>Epipactis helleborine</i>	0,59	0,03	5	0,87	0,13	15	0,54	0,07	13	0,47	0,07	15	0,62
<i>Neottia nidus-avis</i>	0,53	0,02	4	0,67	0,03	5	0,47	0,001	1	0,47	0,04	9	0,54
<i>Galium triflorum</i>	0,42	0,01	3	0,74	0,04	6	0,34	0,06	18	0,60	0,02	4	0,53

Анализ термоклиматической шкалы (табл. 1) исследуемых редких видов показал, что они занимают гемистеновалентные позиции (PEV=0,41-0,42) и гемиэвривалентные позиции (PEV=0,53-0,59), только *H. hirsutum* является стеновалентом (PEV=0,30). Полученные реальные диапазоны свидетельствуют о достаточно узких позициях исследованных видов в условиях юга Тюменской области (баллы: 6,67-8,17, что соответствует суббореальному и неморальному типам климата). Наибольшие показатели коэффициента экологической эффективности получены для *A. spicata* (24), *H. hirsutum* (14).

Для шкалы континентальности климата характерно преобладание эвривалентной (PEV=0,74-0,87) и гемиэвривалентной (PEV=0,67) доли. И только высокое значение наблюдается у *A. spicata* PEV (0,47), который является мезовалентом. У видов выявлен

следующий диапазон значений по данной шкале: от 9,17 до 10,66 балла. Это свидетельствует о достаточной приспособленности большинства исследованных таежных видов к материковому и субконтинентальному климату азиатской части России.

Омброклиматическая шкала показывает распределение осадков и испарения. Гемистеновалентными являются *A. spicata*, *P. anomala*, *G. triflorum* с PEV=0,34-0,40, у *H. hirsutum*, *E. helleborine*, *N. nidus-avis* с PEV=0,47-0,54 (мезовалентны). Для липняков с участием данных видов выявлены более низкие показатели REV (0,01-0,07). Наибольшие значения коэффициента экологической эффективности получены для *E. Helleborine* (13), *G. triflorum* (18). Определены позиции видов по шкале Om (баллы: 7,67-9,00), что соответствует субаридному и субгумидному типу климата.

По криоклиматической шкале большинство видов мезоваленты с PEV=0,47-0,54. Низкие значения PEV у стеновалента *A. spicata*(0,33). *G. triflorum* – гемизэвивалент (PEV=0,60), ее ЦП способны произрастать в разнообразных условиях криоклиматического фактора. В условиях липовых фитоценозов реализованные экологические шкалы от 5,83 до 7,33, что подходит к довольно суровым и умеренным зимам. Наибольшие экологические возможности реализованы у *H. hirsutum* и *E. helleborine*: их коэффициенты экологической эффективности от 13 до 15.

Таблица 2

Потенциальные, реализованные экологические валентности (PEV, REV), коэффициенты экологической эффективности (К.ес.эф.) и индексы толерантности (It) изучаемых видов по климатическим шкалам Д.Н. Цыганова, 1983

	Hd			Tr			Rc			Nt			fH			It
	PEV	REV	K.эф. (%)	PEV	REV	K.эф. (%)	PEV	REV	K.эф. (%)	PEV	REV	K.эф. (%)	PEV	REV	K.эф. (%)	
<i>Actaea spicata</i>	0,17	0,04	24	0,21	0,05	24	0,31	0,11	36	0,36	0,20	56	0,36	0,11	31	0,29
<i>Paeonia anomala</i>	0,31	0,01	4	0,21	0,01	5	-	0,04	-	-	0,04	-	0,37	0,05	14	0,30
<i>Hypericum hirsutum</i>	0,35	0,01	3	0,27	0,01	4	0,47	0,02	5	0	0,07	-	0,64	0,001	1	0,44
<i>Epipactis helleborine</i>	0,31	0,03	10	0,27	0,13	49	0,54	0,10	19	0,64	0,11	18	0,64	0,14	22	0,48
<i>Neottia nidus-avis</i>	0,22	0,03	14	0,32	0,03	10	0,54	0,001	1	0,64	0,04	7	0,64	0,001	1	0,48
<i>Galium triflorum</i>	0,22	0,03	14	0,21	0,03	15	-	0,08	0	0	0,04	0	0,46	0,07	16	0,30

Шкала увлажнения почв среди модельных растений показала (табл. 2), что практически все виды являются стеновалентными (PEV=0,17-0,31), лишь *H. hirsutum* является гемистеновалентным (PEV=0,35). Следовательно, для многих объектов исследования данный фактор является лимитирующим. Коэффициенты экологической эффективности наибольшие у *A. Spicata* (24), *N. nidus-avis* (14), *G. triflorum* (14).

Экологические шкалы по данному фактору распределяются от сухолесолугового до сыроресолугового (баллы 12,17-13,83).

По шкале солевого режима почв все виды являются стеновалентными (PEV=0,21-0,32). По данной шкале, включающей 19-балловый диапазон, наиболее часто встречается балловые значения от 6-го (небогатых/довольно богатых почв) до 7-го (довольно богатых почв). Коэффициенты экологической эффективности наиболее высокие у *E. helleborine* (49) и *A. Spicata* (24).

По шкале кислотности почв исследованные ЦП растений относятся к различным фракциям экологической валентности, кроме *P. anomala*, *G. triflorum*, для которых нет данных по шкале Д.Н. Цыганова. «Краснокнижные» виды встречаются в условиях от кислых до слабокислых/нейтральных почв с найденными балловыми диапазонами в липняках 6-8,33. Высокий коэффициент экологической эффективности выявлен у *E. helleborine* (19) и *A. spicata* (36).

Анализ шкалы богатства почв азотом у трёх видов: *E. helleborine*, *A. spicata*, *N. nidus-avis*. Среди них преобладает доля гемизэвивалентных видов (PEV=0,64). REV у *A. spicata* 0,20, поэтому коэффициент экологической эффективности у него наиболее высок (К.ес.эфф.=56). Большинству видов свойственен широкий диапазон адаптаций как к бедным, так и к богатым азотом почвам (баллы от 5,30-7,50).

Шкала переменности увлажнения Д.Н. Цыганова говорит о том, что гемизэвивалентными являются *H. hirsutum*, *E. helleborine*, *N. nidus-avis* (PEV=0,64), гемистеновалентами являются *A. spicata* и *P. Anomala* (PEV=0,36-0,37). *G. triflorum* является мезовалентом с PEV=0,46. Можно предположить, что фактор переменности увлажнения для исследуемых видов ЦП растений вариабелен, т.к. виды осваивают как места слабого переменного увлажнения, так и умеренно переменного увлажнения.

Диаграмма, отражающая экологическую толерантность по климатическим факторам (It), демонстрирует преобладание среди редких видов МБ: *P. anomala*, *N. nidus-avis*, *G. triflorum* и ГЭБ: *H. hirsutum*, *E. helleborine*, меньшее участие ГСБ: *A. spicata* (рис. 2А). Отсутствие СБ видов является косвенным доказательством достаточно широких адаптационных возможностей рассматриваемых видов к вариациям климатического пространства в умеренном климате.

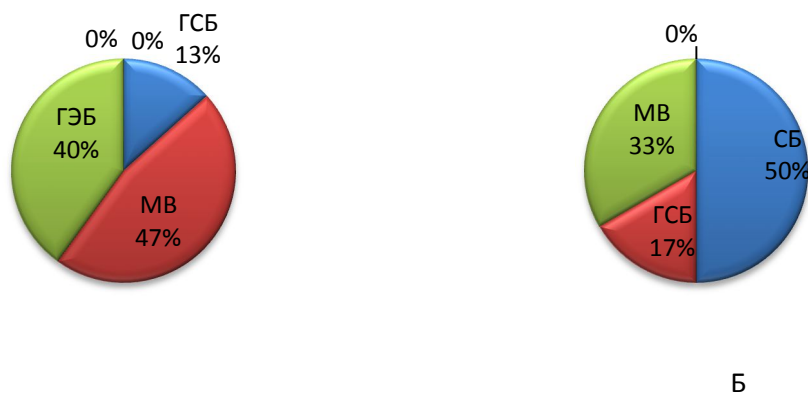


Рис. 2. Распределение редких видов в липняках по группам толерантности: А – по отношению к климатическим факторам, Б – по отношению к почвенным факторам

Сравнительный анализ пяти шкал, характеризующих почвенные факторы местообитания, показал доминирование стенобионтной доли (*A. spicata*, *P. anomala*, *G. triflorum*) в широком смысле, остальной процент видов приходится на гемистенобионтную (*H. hirsutum*) и мезобионтную (*E. helleborine*, *N. nidus-avis*) группы, что свидетельствует об адаптациях к разнообразным эдафическим условиям в умеренном климате (рис. 2Б).

### Выводы

Изучение экологических позиций по шкалам позволяет установить для каждого вида ограничивающие их распространение факторы. Для редких видов, встречающихся в липняках, лимитирующими экологическими факторами являются увлажнение и солевой режим почв. Наиболее широкий диапазон экологической приуроченности для данных видов выявлен по климатическим шкалам Д.Н. Цыганова. По ним отмечены все фракции экологической валентности видов: стеновалентные, гемистеновалентные, мезовалентные, гемизэвивалентные, эвивалентные. По результатам исследования было выявлено, что значения экологического ареала большинства изученных ЦП не выходят за пределы диапазонов шкал Д.Н. Цыганова, но значительно более узкие экологические позиции вида в исследуемых липняках.

### Список литературы

1. Грохлина Т.И. Автоматизация обработки геоботанических описаний по экологическим шкалам / Т.И. Грохлина, Л.Г. Ханина // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : сб. мат. II Всерос. науч. конф. – Изд-во Мар. гос. ун-та. – Йошкар-Ола, 2006. – С. 87-89.

2. Жукова Л.А. Методология и методика определения экологической валентности, стеноэврибионтности видов растений // Методы популяционной биологии : матер. Всероссийского популяционного семинара (Сыктывкар, 16-21 февраля 2004 г.). - Сыктывкар, 2004. - Т. 1. - С. 75-76.
3. Жукова Л.А., Дорогова Ю.А., Турмухаметова Н.В. и др. Использование экологических шкал для оценки экологического разнообразия местообитаний популяций и сообществ // Отечественная геоботаника: основные вехи и перспективы : матер. Всероссийской науч. конф. - СПб., 2011. - Т. 2. - С. 447-450.
4. Жукова Л.А. Новые аспекты экологического анализа экологоценотических групп лесных и экотонных сообществ // VII Вавиловские чтения. Глобализация и проблемы национальной безопасности России в XXI в. : сб. мат. В 2-х ч. – Йошкар-Ола, 2003. – С. 152-154.
5. Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова. - Томск, 2007. - 304 с.
6. Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. - М., 1988. – 96 с.
7. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. - СПб., 1995. – 992 с.
8. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений / под ред. Л.А. Жуковой. - Йошкар-Ола, 2010. – 102 с.