

УДК 581.522

Ю. А. Серебренникова**И. А. Гетманец****Экологическое разнообразие видов древесной синузии растительного покрова Аршинского заказника**

Рассчитана экологическая валентность и толерантность для эдификаторов древесных сообществ Аршинского государственного заказника с помощью экологических шкал Д. Н. Цыганова. Проведена фитоиндикация экотопов методом непрямого градиентного анализа по спискам видов, ценогические свойства которых оценены по их обилию в ординации пространства описания типовых сообществ. Рассчитаны индексы бионтности по климатическим и эдафическим факторам, выявлены лимитирующие факторы. Получены совокупные параметры оценки местообитаний. Определена эффективность использования экологического пространства эдификаторов растительного покрова исследуемой территории.

Ключевые слова: экологические шкалы, валентность, толерантность, эдификаторы, фитоиндикация экотопов.

Введение

Основной единицей в фитоиндикации является экотоп, представляющий собой функционально-территориальную ландшафтную единицу, которая соответствует элементарному геотопу, а ее характеристика представлена набором экологических режимов по основным факторам среды (температурному режиму, освещенности, водообеспеченности, кислотности, трофности и др.). Соответствующие режимы можно определять непосредственным измерением показателей, однако это весьма трудоемкая работа, требующая значительного числа измерений и проверки степени динамичности параметров [12]. В фитоценологии сформировалось направление, занимающееся определением экологических режимов местообитаний на основе реакции самих видов (их присутствия и обилия), выступающих в роли своеобразных индикаторов, интегрирующих своей реакцией влияние прямодействующих факторов среды. С этих позиций можно охарактеризовать экологические свойства каждого вида. Такой метод предварительной диагностики экологических диапазонов или оптимумов видов представляют собой шкалы Л. Г. Раменского, Д. Н. Цыганова, Г. Элленберга, Э. Ландольта и др. Кроме того, экологические шкалы с использованием компьютерных комплексов позволяют обрабатывать массивы геоботанических описаний и получать точечные и диапазонные оценки по каждому исследуемому фактору, давать совокупную оценку местообитаний для многих видов сосудистых растений [3, 10]. В качестве фитометров выступают растительные ассоциации, которые объективнее, чем инструментальные методы, показывают изменения факторов среды обитания.

Использование фитоиндикационных шкал, а также верификация совокупных параметров местообитания и показателей среды, полученных путем измерений, отражены в публикациях различных авторов [2, 4, 5, 9, 13].

Настоящая работа является применением подходов этого научного направления для изучения экологического разнообразия наиболее распространенных видов древесной синузии растительного покрова Аршинского заказника.

Материал и методы исследования

Материал для исследования собран в 2014 г. в Аршинском государственном природном комплексном заказнике (Челябинская область). По схеме Б. П. Колесникова (1964)

© Серебренникова Ю. А., Гетманец И. А., 2017

[11], западная часть заказника относится к Верхнеуфимскому округу, восточная — к Кавтав-Златоустовскому, подзоне хвойно-широколиственных и южнотаежных хвойных лесов лесной зоны. Для территории заказника характерны следующие типы растительных сообществ: темнохвойные и смешанные леса из ели сибирской и пихты сибирской с примесью мелколиственных (береза повислая, осина) и широколиственных (липа, клен остролистный) пород на западе и сосновые и березово-сосновые леса на востоке. Сосновые и березовые леса могут быть как коренными, так и производными на месте вырубок [1].

Экологическое разнообразие видов древесной синузии изучалось на стационарных площадках, отличающихся эдификаторами сообществ — ельник-кисличник, пихтарник-кисличник, березняки: с липой, елью и сосной; сосняки: черничник, орляковый и земляничный, на каждой выполнено стандартное описание. Геоботанические списки обработаны в компьютерном комплексе “EcoScaleWin” с применением метода средневзвешенной середины интервала по обилию на основе шкал Д. Н. Цыганова [15].

Для лесообразующих пород описана фундаментальная экологическая ниша, представляющая собой многомерное пространство, отражающее действие экологических факторов. Мера приспособленности вида к изменению отдельного экологического фактора рассчитана с помощью потенциальной экологической валентности (PEV), величина которой равна количеству ступеней шкалы, занимаемых видом.

В результате проведения исследований ценопопуляций в естественных условиях описаны фрагменты реализованных экологических ниш, представляющие собой отношение суммы ступеней, занимаемых ценопопуляциями, к общему числу ступеней шкалы, или реализованную экологическую валентность (REV). Отношение реализованной валентности к потенциальной, выраженное в процентах, представляет собой коэффициент экологической эффективности (К.ес.эфф.), отражающий экологические возможности вида.

Отношение вида к совокупному действию климатических и эдафических факторов определяет индекс толерантности (It), являющийся мерой стено- или эврибионтности.

Для определения количественной оценки использования видами факторов среды, т.е. выявления их экологической валентности, применялась классификация фракций валентности и индексов толерантности, предложенная в работах Л. А. Жуковой [6; 7; 8].

Результаты и обсуждение

Для всех видов древесной синузии рассчитаны следующие экологические характеристики: PEV, REV, К.ес.эфф., It по климатическим и эдафическим факторам.

Данные о позициях видов по шкалам Д. Н. Цыганова приведены в таблицах 1, 2.

Анализ экологического разнообразия видов древесной синузии показал, что по фактору континентальности климата большинство из них (54,5%) являются эвривалентными. Данные виды могут существовать в широких диапазонах фактора от 2 до 15 ступеней шкалы (рис. 1 А). По фактору освещенности-затенения выделены только две группы: гемиевривалентная (54,5%) и эвривалентная (45,5%). По шкале Ст значительную долю составляет мезовалентная фракция — 36,3%. Достаточно значителен процент стеновалентной, в широком смысле, фракции по омброклиматической (81,8%) и термоклиматической (36,4%) шкалам.

Полученные результаты свидетельствуют, что лимитирующими из климатических факторов для таких эдификаторов, как *Abies sibirica*, *Picea obovata*, *Larix archangelica*, являются Тм, Ом и Ст. Это объясняется тем, что климатические параметры склонов гор Кусинского района, в пределах которых расположен заказник, не вполне соответствуют экологическим предпочтениям данных видов. К снижению конкурентоспособности рассматриваемых выше видов приводит также и обитание их вблизи южной границы своего ареала.

Экологические характеристики основных лесообразующих пород АГПКЗ по шкалам Д. Н. Цыганова (1983)

Вид	Тm			Кn			Om			Cr			It клим.	Lc		
	PEV	REV	К.с.эфф., %	PEV	REV	К.с.эфф., %	PEV	REV	К.с.эфф., %	PEV	REV	К.с.эфф., %		PEV	REV	К.с.эфф., %
<i>Abies sibirica</i> Ledeb.	0,29 СВ	0,03	10,3	0,40 ГСВ	0,13	32,5	0,27 СВ	0,01 0,014	3,7 5,2	0,40 ГСВ	0,09	22,5	0,34 ГСБ	0,67 ГЭВ	0,24	35,8
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	0,47 МБ	0,02	4,8	0,67 ГЭВ	0,03	5,2	0,40 ГСВ	0,01	1,6	0,40 ГСВ	0,07	17,7	0,48 МБ	0,67 ГЭВ	0,16	23,8
<i>Betula pendula</i> Roth	0,53 МБ	0,03	5,7	0,80 ЭВ	0,13	16,8	0,40 ГСВ	0,02	3,7	0,67 ГЭВ	0,13	20	0,60 ГЭБ	0,67 ГЭВ	0,24	36,3
<i>Larix archangelica</i> Laws.	0,35 ГСВ	0,01	3,7	0,47 МБ	0,13	28,5	0,20 СВ	0,004	2	0,33 СВ	0,13	40,6	0,34 ГСБ	0,67 ГЭВ	0,2	29,9
<i>Padus avium</i> Mill.	0,53 МБ	0,03	5,7	0,73 ЭВ	0,12	17	0,40 ГСВ	0,02	3,7	0,60 ГЭВ	0,09	15,4	0,57 ГЭБ	0,89 ЭВ	0,24	27,3
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	0,29 СВ	0,03	10,3	0,73 ЭВ	0,13	17,8	0,33 СВ	0,02	4,4	0,53 МБ	0,1	18,7	0,47 МБ	0,89 ЭВ	0,24	27,3
<i>Pinus sylvestris</i> L.	0,59 ГЭВ	0,03	5,1	0,80 ЭВ	0,07	8,4	0,40 ГСВ	0,02	3,7	0,73 ЭВ	0,13	18,4	0,63 ГЭБ	0,67 ГЭВ	0,2	26,7
<i>Populus tremula</i> L.	0,53 МБ	0,03	5,7	0,87 ЭВ	0,13	15,4	0,40 ГСВ	0,01	3,2	0,80 ЭВ	0,13	16,8	0,65 ГЭБ	0,67 ГЭВ	0,2	33,3
<i>Salix caprea</i> L.	0,53 МБ	0,03	5,7	0,93 ЭВ	0,04	3,7	0,47 МБ	0,01	2,8	0,47 МБ	0,1	21,4	0,60 ГЭБ	0,89 ЭВ	0,16	18
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	0,65 ГЭВ	0,03	4,6	0,60 ГЭВ	0,13	22,3	0,47 МБ	0,02	3,1	0,53 МБ	0,13	25,3	0,56 ГЭБ	1,00 ЭВ	0,24	24,3
<i>Tilia cordata</i> Mill.	0,41 ГСВ	0,03	7,3	0,60 ГЭВ	0,13	22,3	0,40 ГСВ	0,01	3,33	0,47 МБ	0,13	28,5	0,47 МБ	0,89 ЭВ	0,22	25,2

Экологические характеристики основных лесообразующих пород АГПКЗ по шкалам Д. Н. Цыганова (1983)

Вид	Hd			Tr			Nt			Rc			It почв.
	PEV	REV	К.с.с.эф., %	PEV	REV	К.с.с.эф., %	PEV	REV	К.с.с.эф., %	PEV	REV	К.с.с.эф., %	
<i>Abies sibirica</i> Ledeb.	0,30 ГСВ	0,02	5,4	0,37 ГСВ	0,04	9,4	—	0,16	—	—	0,05	—	0,34 ГСВ
<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	0,39 ГСВ	0,06	14,1	0,47 МВ	0,1	21,5	0,82 ЭВ	0,16	19,7	0,54 МВ	0,1	18,8	0,50 МВ
<i>Betula pendula</i> Roth	0,48 МВ	0,06	12,05	0,47 МВ	0,1	22,5	0,82 ЭВ	0,25	30,9	0,85 ЭВ	0,13	15,5	0,61 ГЭВ
<i>Larix arangelica</i> Laws.	0,35 ГСВ	0,06	16,5	0,37 ГСВ	0,1	28,6	—	0,16	—	0,85 ЭВ	0,11	13,1	0,52 МВ
<i>Padus avium</i> Mill.	0,39 ГСВ	0,04	9,0	0,47 МВ	0,04	7,4	0,55 МВ	0,16	29,4	0,54 МВ	0,13	24,4	0,49 МВ
<i>Picea obovata</i> Ledeb.	0,30 СВ	0,04	12,0	0,42 ГСВ	0,04	8,27	0,82 ЭВ	0,25	30,9	0,77 ЭВ	0,09	12,1	0,58 ГЭВ
<i>Pinus sylvestris</i> L.	0,57 ГЭВ	0,06	10,1	0,42 ГСВ	0,1	25,2	0,82 ЭВ	0,16	19,8	1,00 ЭВ	0,13	13,1	0,70 ЭВ
<i>Populus tremula</i> L.	0,48 МВ	0,06	11,9	0,53 МВ	0,1	20,0	0,91 ЭВ	0,22	24,0	1,00 ЭВ	0,13	12,9	0,73 ЭВ
<i>Salix caprea</i> L.	0,39 ГСВ	0,06	14,6	0,26 СВ	0,1	40,7	0,82 ЭВ	0,25	30,8	0,54 МВ	0,13	2,5	0,49 МВ
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	0,39 ГСВ	0,06	14,8	0,47 МВ	0,1	22,5	0,82 ЭВ	0,25	30,9	0,92 ЭВ	0,13	14,3	0,65 ГЭВ
<i>Tilia cordata</i> Mill.	0,43 ГСВ	0,06	13,5	0,37 ГСВ	0,1	28,6	0,64 ГЭВ	0,25	39,6	0,85 ЭВ	0,13	15,5	0,57 ГЭВ

По шкале Lc преобладают виды ГЭВ (54,5%) и ЭВ (45,5%) групп. Экологические особенности деревьев по этому фактору освещенности позволяют им произрастать в местообитаниях, отличающихся условиями светового режима: от сомкнутых древостоев до экотонов.

Соотношение позиций изученных видов по почвенным шкалам следующее: больше всего эвривалентов выявлено по шкале богатства почв азотом (77,8%) и кислотности (70,0%); стеновалентных (совместно с гемистеновалентными) — по шкале трофности (54,5%) и шкале увлажнения почв (72,7%), мезовалентных видов по этим шкалам 45,5 и 18,2% соответственно (рис. 1 Б).

Что касается шкал богатства почв азотом и кислотности почв, то стеновалентные виды по ним не отмечены. Данные таблиц свидетельствуют, что лимитирующими для большинства деревьев (73%) являются факторы увлажнения и трофности (54,5%) почв.

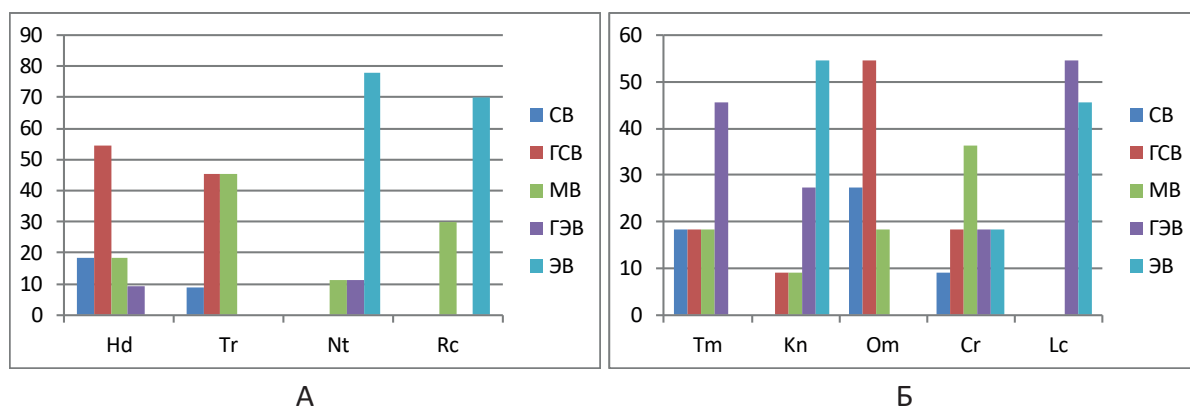


Рис. 1. Доля участия видов различных фракций экологической валентности по отношению к климатическим факторам и фактору освещенности-затенения (А) и почвенным факторам (Б)

Значительный интерес представляет анализ толерантности к совокупному действию геотопических факторов, которая выражается в индексе бионтности (рис. 2 А, Б).

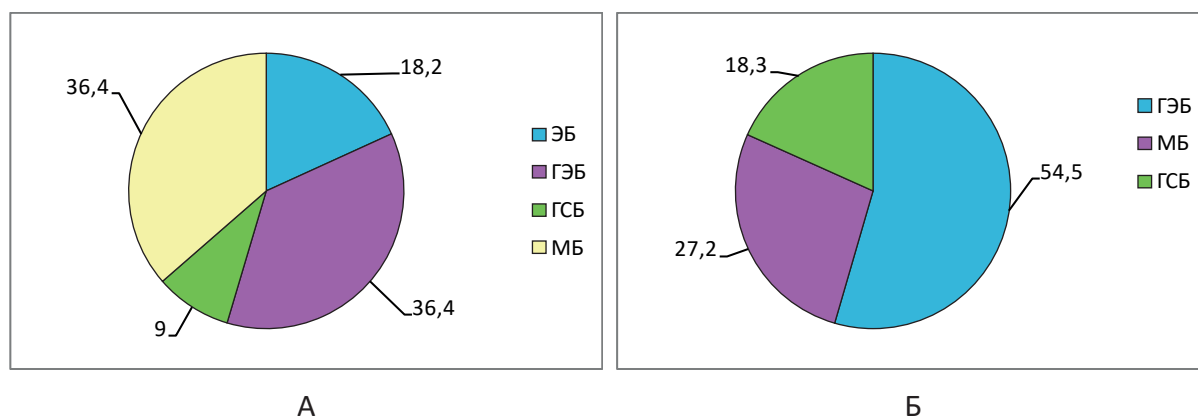


Рис. 2. Соотношение групп бионтности по климатическим (А) и эдафическим (Б) факторам

Анализ диаграммы (рис. 2 А) показывает преобладание видов гемизврибионтной и мезобионтной групп, меньшее участие гемистенобионтов. Отсутствие видов-стенобионтов по отношению к климатическим факторам указывает на значительные возможности адаптации рассматриваемых деревьев к изменениям данных условий местообитаний.

Преобладание мезобионтной и гемизврибионтной групп, небольшая доля гемистенобионтов и эврибионтов по отношению к эдафическим факторам (рис. 2 Б) свидетель-

ствуют о способности видов произрастать в пределах элементарных почвенных ареалов, различающихся количественными и качественными факторами.

Результаты исследования показали, что реализованная экологическая валентность основных лесобразующих пород значительно ниже потенциальной. Максимальная эффективность использования экологического пространства отмечена по фактору освещенности/затенения для всех исследуемых видов; по криоклиматической шкале — для *Larix archangelica* и *Tilia cordata*, что можно объяснить ограниченным диапазоном использования данного фактора, т.е. его лимитированностью. Наши исследования показали, что фрагмент реализованной экологической ниши у всех видов располагается в пределах фундаментальной.

Далее приводим параметры экологических режимов местообитаний исследованных сообществ. По термоклиматической шкале значение $T_m = 7,5—8,0$ соответствует суббореально-неморальному режиму, что отличается от совокупного радиационного баланса бореальной зоны, к которой приурочена территория заказника, и является следствием значительного количества видов, относящихся к неморальной, опушечной и луговой эколого-ценотическим группам.

По фактору континентальности климатоп характеризуется режимами от субматерикового до материкового и соответствует значениям K_n от 7,0 до 9,0. Средние характеристики экологических режимов местообитаний исследуемых эдификаторов по шкале влажности климата располагаются в диапазоне от 7,98 до 8,19 балла, что соответствует переходному типу режима от субаридного до субгумидного с положительной разностью осадки/испаряемость до 400 мм/год. Полученные оценки местообитаний расходятся с приведенными в источниках климатическими данными, которые утверждают, что наветренные склоны горных хребтов меридионального направления получают большее количество осадков (до 700 мм/год) [14]. По криорежиму исследуемые ценопопуляции эдификаторов располагаются в зоне довольно суровых — умеренных зим, с изотермой самого холодного месяца $-8...-16^{\circ}\text{C}$.

Фактор, определяющий световой режим местообитаний, характеризуется диапазоном от 3,82 до 6,0, что соответствует режиму полуоткрытых пространств и светлых/тенистых лесов. Такой световой режим местообитаний, приуроченных к подзоне южной тайги, на наш взгляд, объясняется присутствием опушечных и луговых видов.

Факторы почвенного плодородия местообитаний характеризуются по четырем фитоиндикационным шкалам: увлажнение почв, солевой режим, азотный режим и кислотность почв. Параметры по шкале $H_d = 12,68—14,0$ соответствуют переходному режиму увлажнения почв от влажно-лесолугового до сыро-лесолугового. Общий солевой режим эдафотопов имеет показатели от 4,0 (бедная почва) до 6,0 баллов (небогатая почва), что подтверждается литературными данными [14], согласно которым в районе исследования серые лесные и дерново-подзолистые почвы.

Азотный режим изменяется от 5,22 (бедные) до 8,0 балла (богатые азотом почвы). Количество азота в почве связано с содержанием органических веществ, приведенные выше показатели трофности объясняют степень нитрификации почв местообитаний.

Диапазон изменения кислотного режима почв — от 5,0 до 6,68 балла, что соответствует амплитуде рН от 4,5 до 5,5 — от кислых до слабокислых почв. Мезоацидофильный режим почв горно-лесной зоны является результатом низкой минерализации и ослабленной деятельности микроорганизмов в кислых условиях среды, обусловленных влиянием хвойного опада.

Анализ совокупных параметров местообитания исследованных фитоценозов показал довольно высокую степень сходства, но при этом следует отметить некоторые различия по шкале трофности, кислотности почв и по шкале освещенности/затенения.

Заключение. Расчет значений потенциальной экологической валентности для эдификаторов позволил выявить для таких видов, как *Abies sibirica*, *Picea obovata*, *Larix archangelica*, лимитирующие факторы, к числу которых отнесены климатические (Тм, Ом, Ср) и эдафические — Нд.

Сравнительный анализ совокупного действия факторов показал преобладание мезобионтной и гемизврибионтной групп, следовательно, изученные эдификаторы обладают достаточно широкими адаптационными возможностями к изменениям климатопа и эдафотопа.

Полученные совокупные параметры местообитаний отличаются от геотопических факторов экотопов бореальной зоны, в пределах которой располагается заказник. Эти отличия объясняются присутствием в видовых списках растений луговой и опушечной эколого-ценотических групп.

Список использованной литературы

1. Аршинский : сайт. Информационно-аналитическая система «Особо охраняемые природные территории России» (ИАС «ООПТ РФ»). 2010 [Электронный ресурс]. URL: <http://oopt.aari.ru/oopt/Аршинский/> (дата обращения 16.12.2016).
2. Гетманец И. А. Экологическая характеристика ив Южного Урала // Вестник Оренбургского государственного университета. 2011. № 6 (125). С. 136—141.
3. Грохлина Т. И., Ханина Л. Г. Автоматизация обработки геоботанических описаний по экологическим шкалам // Принципы и способы сохранения биоразнообразия : сб. материалов II Всерос. науч. конф. Йошкар-Ола : Изд-во Мар. гос. ун-та, 2006. С. 87—89.
4. Дидух П. Я., Плюба П. Г., Каркуцкий Г. Н. Опыт фитоиндикации экологических режимов экотопов долины р. Ворсклы // Ботанический журнал. 1991. Т. 76, № 5. С. 699—709.
5. Дорогова Ю. А., Жукова Л. А. Экологическая характеристика ценопопуляций липы сердцевидной в подзоне хвойно-широколиственных лесов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2009. № 2 (12). С. 155—160.
6. Жукова Л. А. Новые аспекты экологического анализа эколого-ценотических групп лесных и экотонных сообществ // VII Вавилонские чтения. Глобализация и проблемы национальной безопасности России в XXI в. : сб. материалов : в 2 ч. Йошкар-Ола, 2003. С. 152—154.
7. Жукова Л. А. Методология и методика определения экологической валентности, стено-эврибионтности видов растений // Методы популяционной биологии : сб. материалов VII Всерос. популяционного семинара. Сыктывкар, 2004. Ч. 1. С. 75—76.
8. Жукова Л. А., Дорогова Ю. А., Турмухаметова Н. В., Гаврилова М. Н., Полянская Т. А. Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений. Йошкар-Ола, 2010. 368 с.
9. Заугольнова Л. Б., Быховец С. С., Баринин О. Г., Барина М. А. Верификация балловых экологических оценок местообитания с помощью измерения некоторых параметров среды // Лесоведение. 1998. № 5. С. 48—58.
10. Зубкова Е. В., Ханина Л. Г., Грохлина Т. И., Дорогова Ю. А. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin. Йошкар-Ола, 2008. 96 с.
11. Куликов П. В. Конспект флоры Челябинской области (сосудистые растения). Екатеринбург ; Мисс : Геотур, 2005. 537 с.
12. Методические подходы к экологической оценке лесного покрова в бассейне малой реки / Л. Б. Заугольнова, Т. Ю. Браславская (отв. ред.). М. : Т-во науч. изданий КМК, 2010. 383 с.
13. Полянская Т. А. Структура ценопопуляций растений бореальной эколого-ценотической группы лесной зоны Европейской России : дис. ... д-ра биол. наук. Казань, 2013. 405 с.
14. Природа Челябинской области / под ред. М. А. Андреевой. 2-е изд. испр. Челябинск : Изд-во ЧГПУ, 2001. 269 с.
15. Цыганов Д. Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М. : Наука, 1983. 197 с.

Поступила в редакцию 22.03.2017

Серебренникова Юлия Александровна, кандидат биологических наук, доцент
Челябинский государственный университет
Российская Федерация, 454001, г. Челябинск, ул. Бр. Кашириных, 129
E-mail: serebrennikovay@mail.ru

Гетманец Ирина Анатольевна, доктор биологических наук, доцент
Челябинский государственный университет
Российская Федерация, 454001, г. Челябинск, ул. Бр. Кашириных, 129
E-mail: igetmanec@mail.ru

UDC 581.524

Y. A. Serebrennikova

I. A. Getmanets

Ecological diversity of species of wood sinusia of vegetable cover of Arshinsky nature reserve

The described research has calculated ecological valence and tolerance for edification woody communities of the Arshinsky state nature reserve by environmental scales of D. N. Tsyganov. The authors conducted phytoindication of ecotopes by indirect gradient analysis by the lists of species, the coenotic properties of which are evaluated according to their abundance in ordination space of model communities. The indices of biotinity were calculated according to climatic and edaphic factors, limiting factors were identified. The authors received total evaluation parameters of the habitats and defined the efficiency of the use of environmental space of vegetation edificators.

Key words: ecological scales, valence, tolerance, edificators, phytoindication of ecotopes.

Serebrennikova Yuliya Aleksandrovna, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor
Chelyabinsk State University
Russian Federation, 454001, Chelyabinsk, ul. Br. Kashirinykh, 129
E-mail: serebrennikovay@mail.ru

Getmanets Irina Anatolievna, Doctor of Biological Sciences, Associate Professor
Chelyabinsk State University
Russian Federation, 454001, Chelyabinsk, ul. Br. Kashirinykh, 129
E-mail: igetmanec@mail.ru

References

1. *Arshinskii: sait. Informatsionno-analiticheskaya sistema "Osobo okhranyaemye prirodnye territorii Rossii" (IAS "OOPT RF")*. 2010 [Information and analytical system "Protected areas of Russia"] (IAS "OOPT RF"). Available at: <http://oopt.aari.ru/oopt/Аршинский/>. Accessed 16.12.2016. (In Russian)
2. Getmanets I. A. *Ekologicheskaya kharakteristika iv Yuzhnogo Urala* [Ecological characteristics of willows of the South Urals]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta — Vestnik of the Orenburg State University*, 2011, no. 6 (125), pp. 136—141. (In Russian)
3. Grokhlina T. I., Khanina L. G. *Avtomatizatsiya obrabotki geobotanicheskikh opisaniy po ekologicheskim shkalam* [Automatic processing of geobotanical descriptions by ecological scales]. *Printsipy i sposoby sokhraneniya bioraznoobraziya: sb. materialov II Vseros. nauch. konf.* [Principles and ways of biodiversity conservation: collect. of materials of II All-Russia sci. conf.]. Ioshkar-Ola, Mariiskii. gos. un-t Publ., 2006, pp. 87—89. (In Russian)
4. Didukh P. Ya., Plyuba P. G., Karkutsiev G. N. *Opyt fitoindikatsii ekologicheskikh rezhimov ekotopov doliny r. Vorskly* [The experience of phytoindication environmental regimes of ecotopes of the River Vorskla valley]. *Botanicheskii zhurnal*, 1991, vol. 76, no. 5, pp. 699—709. (In Russian)
5. Dorogova Yu. A., Zhukova L. A. *Ekologicheskaya kharakteristika tsenopopulyatsii lipy serdtsevidnoi v podzone khvoino-shirokolistvennykh lesov* [Ecological characteristics of coenopopulations of tillet (*Tilia cordata*)

in the subzone of coniferous-deciduous forests]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2009, no. 2 (12), pp. 155—160. (In Russian)

6. Zhukova L. A. Novye aspekty ekologicheskogo analiza ekologo-tsenoticheskikh grupp lesnykh i ekotonnykh soobshchestv [New aspects of environmental analysis of the ecological cenotical groups of forest and ecotone communities]. *VII Vavilovskie chteniya. Globalizatsiya i problemy natsional'noi bezopasnosti Rossii v XXI v.: sb. materialov: v 2 ch.* [VII Vavilov readings. Globalization and problems of national security of Russia in XXI century: the collect. of materials in 2 part]. Ioshkar-Ola, 2003, pp. 152—154. (In Russian)

7. Zhukova L. A. Metodologiya i metodika opredeleniya ekologicheskoi valentnosti, steno-evribiontnosti vidov rastenii [The methodology of the determination of the ecological valence, steno-eurybiontic species of plants]. *Metody populyatsionnoi biologii: sb. materialov VII Vseros. populyatsionnogo seminara* [The methods of the population biology: materials of the VII All-Russia population sem.]. Syktyvkar, 2004, part 1, pp. 75—76. (In Russian)

8. Zhukova L. A., Dorogova Yu. A., Turmukhametova N. V., Gavrilova M. N., Polyanskaya T. A. *Ekologicheskie shkaly i metody analiza ekologicheskogo raznoobraziya rastenii* [Ecological scale and methods of analysis of the ecological diversity of plants]. Ioshkar-Ola, 2010. 368 p. (In Russian)

9. Zaugol'nova L. B., Bykhovets S. S., Barinov O. G., Barinova M. A. Verifikatsiya ballovykh ekologicheskikh otsenok mestoobitaniya s pomoshch'yu izmereniya nekotorykh parametrov sredy [Verification of environmental assessment of habitats by measuring some environment settings]. *Lesovedenie*, 1998, no. 5, pp. 48—58. (In Russian)

10. Zubkova E. V., Khanina L. G., Grokhлина T. I., Dorogova Yu. A. *Komp'yuternaya obrabotka geobotanicheskikh opisaniy po ekologicheskim shkalam s pomoshch'yu programmy EcoScaleWin* [Computer processing of geobotanical descriptions of ecological scales using EcoScaleWin program]. Ioshkar-Ola, 2008. 96 p. (In Russian)

11. Kulikov P. V. *Konspekt flory Chelyabinskoi oblasti (sosudistye rasteniya)* [Synopsis of the flora of the Chlyabinsk region (vascular plants)]. Ekaterinburg, Miass, Geotur Publ., 2005. 537 p. (In Russian)

12. Zaugol'nova L. B. *Metodicheskie podkhody k ekologicheskoi otsenke lesnogo pokrova v basseine maloi reki* [Methodological approaches to environmental assessment of the forest cover in the basin of a small river]. Moscow, T-vo nauch. izdaniy KMK Publ., 2010. 383 p. (In Russian)

13. Polyanskaya T. A. *Struktura tsenopopulyatsii rastenii boreal'noi ekologo-tsenoticheskoi gruppy lesnoi zony Evropeiskoi Rossii: dis. ... d-ra biol. nauk* [Structure of coenopopulations of plants of the boreal ecological-coenotic groups in the forest zone of European Russia. Dr. Dis]. Kazan', 2013. 405 p. (In Russian)

14. Andreeva M. A., ed. *Priroda Chelyabinskoi oblasti*. 2-e izd. ispr. [The nature of the Chelyabinsk region. 2nd ed.]. Chelyabinsk, ChGPU Publ., 2001. 269 p. (In Russian)

15. Tsyganov D. N. *Fitoindikatsiya ekologicheskikh rezhimov v podzone khvoino-shirokolistvennykh lesov* [Phytoindication of environmental regimes in the subzone of coniferous and deciduous forests]. Moscow, Nauka Publ., 1983. 197 p. (In Russian)