

DOI 10.31509/2658-607X-2019-2-4-1-28

УДК 630*181.351, 581.5

КЛАССИФИКАЦИЯ ТИПОВ ЛЕСОРАСТИТЕЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ПО ИНДИКАТОРНЫМ ВИДАМ ВОРОБЬЕВА-ПОГРЕБНЯКА: БАЗА ДАННЫХ И ОПЫТ АНАЛИЗА ЛЕСОТАКСАЦИОННЫХ ДАННЫХ

© 2019 г.

Л.Г. Ханина

*Институт математических проблем биологии РАН – филиал Федерального
государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр Институт
прикладной математики им. М.В. Келдыша Российской академии наук»*

Россия, Московская обл., 142290, Пущино, ул. проф. Виткевича, д. 1

E-mail: khanina.larisa@gmail.com

Поступила в редакцию 20.11.2019

По современной номенклатуре видов растений выполнена актуализация компьютерной таблицы (базы данных) индикаторных видов Д.В. Воробьева, используемой для определения типов лесорастительных условий (ТЛУ) по системе Крюденера-Алексеева-Погребняка в лесной таксации. Разработку структуры таблицы и ее наполнение выполнила в начале 1990-х годов д.б.н. Л.Б. Заугольнова. Анализ 898 индикаторных видов по типам и подтипам эдафической сетки с учетом их принадлежности к эколого-ценотическим группам показал весьма высокую долю среди растений-индикаторов видов относительно богатых местообитаний (подтип С, 78%). Ожидаемая высокая представленность боровых видов в подтипе А, бореальных в подтипе В и неморальных в подтипе С оказалось смещенной в таблицах Д.В. Воробьева в сторону более богатых (и зачастую более влажных) местообитаний. Разработан алгоритм формального расчета ТЛУ по составу доминирующих видов напочвенного покрова, указанному в лесотаксационных описаниях. Апробация алгоритма выполнена на данных лесной таксации 1981 г. Приокско-Тerrasного биосферного заповедника. Расчетные оценки ТЛУ по спискам видов доминантов напочвенного покрова в 77% случаев совпали с оценками ТЛУ, имеющимися в лесотаксационных данных, но в 62% случаев расчетная оценка не была единственной. В целом формальная обработка позволяет выявить несоответствия ТЛУ и списков видов-доминантов напочвенного покрова, если такие несоответствия имеются. Предложенный алгоритм и разработанную базу данных можно использовать с целью определения ТЛУ по системе П.С. Погребняка по списку доминантов напочвенного покрова, а также для независимой проверки экспертных оценок ТЛУ, содержащихся в лесотаксационных данных.

Ключевые слова: инвентаризация лесов, лесная таксация, эдафическая сетка, система Крюденера-Алексеева-Погребняка, типы лесорастительных условий, экологические шкалы, виды растений, эколого-ценотические группы.

Тип лесорастительных условий (ТЛУ), в старых документах – тип условий местообитания (ТУМ), является одним из основных понятий лесоведения, лесной инвентаризации, лесной таксации. В настоящее время происходят большие дискуссии вокруг принципов и методов инвентаризации лесов, специфики ее современной реализации (см.,

например, Моисеев, 2017; Алексеев, 2019; Трейфельд, 2019; Ярошенко, 2019); однако, важность и необходимость проведения инвентаризации лесов в том или ином виде не подвергается сомнению. Слова «лесорастительные условия» всегда присутствуют в нормативных документах и инструкциях, даже если ТЛУ явно не упоминается среди основных показателей лесоустройства/инвентаризации (Трейфельд, 2019).

Под ТЛУ понимается лесоводственная классификационная единица, объединяющая лесные земли по сходству почвенных и гидрологических факторов, определяющих условия роста и развития леса (по Лазарев и др., 1987 с изменениями). Типы лесорастительных условий устанавливаются по их диагностическим признакам; главными диагностическими признаками являются рельеф и почвенно-грунтовые условия; индикаторами этих условий являются травянистые растения и кустарники. Такое определение, принятое в современной практике лесного дела (Лесоустроительная инструкция, 2008), вполне соответствует формулировкам в рамках подхода, появившегося в России в начале XX века и активно развивающегося на протяжении этого столетия.

Основы лесной типологии в России как учения о взаимосвязях леса с абиотической средой были заложены Г.Ф. Морозовым, который назвал его учением о типах насаждений и где признавал, что «лес находится под влиянием климата и под властью земли» (Морозов, 1904). Разработка первой сопряженной классификации лесов и почвогрунтов (почв вместе с подстилающей породой) была выполнена А.А. Крюденером (1916), который назвал таксон «тип насаждения» единством климата, почвогрунта и растительного сообщества и предложил схему расположения лесов в двух координатах – почвенного плодородия (7 групп) и влажности (15 групп); оба параметра было предложено оценивать по гранулометрическому составу грунтов, позиции в рельефе, составу насаждений и напочвенному покрову. Е.В. Алексеев по предложению Г.Н. Высоцкого адаптировал классификацию А.А. Крюденера к украинским лесам (Алексеев, 1925). П.С. Погребняк (Pogrebnyak, 1930; Погребняк, 1955) продолжил работы Е.В. Алексеева и преобразовал центральный фрагмент таблицы А.А. Крюденера в классификационную модель – расположил типы леса в координатах четырех типов богатства (трофности) почвы и шести типов увлажнения. Эта модель получила название эдафической сетки Погребняка (или Крюденера – Алексеева – Погребняка) (см. Воронов, 1973; Мигунова, 2017, 2019). Это, так называемое «украинское» направление лесной типологии, развивалось параллельно с «ленинградским» биоценотическим (биогеоценотическим) направлением, возглавляемым В.Н. Сукачевым (1925), где акцент изначально ставился на фитоценотической компоненте, а именно на доминантах лесных растительных сообществ. Интенсивное развитие вопросов типологии как лесных сообществ, так и лесных земель, в нашей стране шло на протяжении

второй половины XX века: был опубликован ряд монографий и методических работ на эту тему (Колесников и др., 1974; Дыренков, Чертов, 1975; Федорчук, Дыренков, 1975; Чертов, 1981; Рысин, 1982); велись работы по сбору экспериментальных данных; и в начале нового века продолжались работы по лесной типологии в рамках уральского ландшафтно-экологического (Петухов, Невидомов, 2005) и северо-западного биогеоценотического (Федорчук и др., 2005) направлений. Вместе с тем, работы по классификации именно типов лесорастительных условий – эдафических характеристик местообитаний, – не столь обширны, как работы по типологии лесов. По мнению О.Г. Чертова с соавторами (2018), к ним достаточно однозначно можно отнести: немецкое учение о местообитаниях Standortslehre (Stahr et al., 2008); северо-американские классификации лесных местообитаний (Barnes et al., 1982; Pojar et al., 1987); типологию лесных местообитаний Северо-Запада РФ (Чертов, 1981) и лесотипологическую систему П.С. Погребняка (1955).

Как было сказано выше, эдафическая сетка Погребняка представляет собой классификационную модель местообитаний в координатах четырех типов богатства (трофности) почвы и шести типов увлажнения (табл. 1).

Таблица 1. Классификационная (эдафическая) сетка типов лесного участка (по Воробьев, 1953, с изменениями)

Типы местообитаний			Подтипы богатства			
			Бедные А	Относительно бедные В	Относительно богатые С	Богатые D
Подтипы влажности	0	Очень сухие	A ₀	B ₀	C ₀	D ₀
	1	Сухие	A ₁	B ₁	C ₁	D ₁
	2	Свежие	A ₂	B ₂	C ₂	D ₂
	3	Влажные	A ₃	B ₃	C ₃	D ₃
	4	Сырые	A ₄	B ₄	C ₄	D ₄
	5	Мокрые	A ₅	B ₅	C ₅	D ₅

Д.В. Воробьев, работая вместе с П.С. Погребняком, в своей монографии (1953) опубликовал список растений-индикаторов лесорастительных условий (изначально бывший частью первого издания книги П.С. Погребняка «Основы лесной типологии», которая из-за Великой Отечественной войны не смогла выйти в свет в 1941 г.). Более короткие списки

растений, являющихся индикаторами ТЛУ по эдафической сетке П.С. Погребняка, можно найти и в других изданиях, но наиболее полный список содержится в монографии Д.В. Воробьева (1953). Отметим, что список видов Д.В. Воробьева был опубликован раньше широко известных и часто используемых в науке о растительности отечественных таблиц экологических свойств видов, разработанных Л.Г. Раменским с соавторами (1956) и Д.И. Цыгановым (1983), а также зарубежных таблиц Г. Элленберга (Ellenberg, 1974) и Э. Ландольта (Landolt, 1977). Однако, таблицы Д.В. Воробьева практически не используются в лесных исследованиях, по-видимому, из-за отраслевой специфичности, сложности структуры, а также отсутствия удобной компьютерной формы представления данных и четкого алгоритма их обработки. Вместе с тем, еще в начале 1990-х гг. сотрудник ЦЭПЛ РАН д.б.н. Людмила Борисовна Заугольнова ввела список видов Д.В. Воробьева в компьютерную таблицу, формализовав имеющиеся в тексте признаки встречаемости видов в определенных ТЛУ (Заугольнова и др., 1995; Заугольнова, Ханина, 1996). Нами с Людмилой Борисовной в те годы была предпринята попытка использования этих таблиц для оценки ТЛУ по лесотаксационным данным. Однако, алгоритм не был формализован, работа не была доведена до публикации. **Целью** настоящей работы являлась актуализация таблицы индикаторных видов Д.В. Воробьева (1953), приведение ее в соответствие с современной ботанической номенклатурой, анализ таблицы и разработка алгоритма формального расчета ТЛУ по составу доминирующих видов напочвенного покрова, указанному в лесотаксационных описаниях. Апробация алгоритма была выполнена на данных лесной таксации 1981 г. Приокско-Тerrasного биосферного заповедника.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Структура компьютерных таблиц Д.В. Воробьева. В основу классификационной схемы лесных участков положены эдафические факторы, а именно богатство почвы и ее влажность (табл. 1). Богатство почвы обозначается буквами А, В, С, D; влажность – баллами от 1 (иногда от 0) до 5. Типу А соответствуют бедные местообитания (номинальный тип леса боры); В – относительно бедные (субори); С – относительно богатые (сложные субори, судубравы, сугрудки) и D – богатые (дубравы, груды). Типу 0 по влажности соответствуют очень сухие (ксерофитные) условия; 1 – сухие (мезоксерофитные); 2 – свежие (мезофитные); 3 – влажные (мезогигрофитные); 4 – сырые (гигрофитные) и 5 – мокрые (ультрагигрофитные). Тип лесорастительных условий, ТЛУ, задается одновременным указанием богатства и влажности местообитания, он принимает дискретные значения из диапазона от A1(A0) до D5.

Частота встречаемости вида (сила его индикаторного значения) для каждого ТЛУ в списке Д.В. Воробьева (1953) задается словесным описанием, которому в базе данных поставлено следующее балльное соответствие: характерен (часто встречается) – 5; отмечен, встречается – 4, встречается реже – 3, изредка заходит – 2, крайне редок – 1. Эти значения указываются для каждого вида в соответствующих полях от А1 до D5. Заметим, что в списке видов Д.В. Воробьева (1953) нет указания на индикаторные виды очень сухих местообитаний (подтип влажности 0), поэтому в компьютерных таблицах поля А0, В0, С0, D0 также отсутствуют.

Таким образом, для каждого вида в компьютерных таблицах имеются следующие поля:

- название вида,
- код вида (9-ти символьное цифровое поле для связи основного названия вида с его латинскими и русскими синонимами; см. Заугольнова и др., 1995, Приложение А1),
- поля от А1 до D5 (всего 20 полей), в которых указана частота встречаемости вида (от 0 до 5) в соответствующих ТЛУ.

Названия видов растений приведены в соответствии с современной номенклатуре по материалам, предоставленной Т.Ю. Браславской в рамках объединенной базы данных «Лесная растительность Северной Евразии» (Заугольнова и др., 2014). Номенклатура видов сосудистых растений приведена по сводке С.К. Черепанова (1995), мохообразных – М.С. Игнатова, О.М. Афоной (1992) и Константиновой с соавторами (1992), лишайников – Г.П. Урбанавичюса, И.П. Урбанавичене (2004) с дополнениями (см. Ценофонд лесов Европейской России, 2006).

Анализ таблиц включал расчет числа и доли представленности в таблицах Д.В. Воробьева видов разных жизненных форм и эколого-ценотических групп. Применяли эколого-ценотические группы (ЭЦГ) в понимании О.В. Смирновой и Л.Б. Заугольновой (Заугольнова и др., 1995; Смирнова и др., 2004), уточненные В.Э. Смирновым с соавторами (2006, 2008). Использовали разделение видов сосудистых растений на семь ЭЦГ: бореальная (Br), неморальная (Nm), нитрофильная (Nt), боровая (Pn), лугово-опушечная (Md), водно-болотная (Wt) и олиготрофная (Olg). Рассчитывали представленность видов разных ЭЦГ в подтипах богатства и влажности местообитаний, а также в различных ТЛУ.

Алгоритм обработки списка доминантов напочвенного покрова, содержащихся в лесотаксационных описаниях и указанных для каждого лесотаксационного выдела, выдает значение одного или нескольких ТЛУ, которые характерны для наибольшего числа видов-доминантов. Именно такой алгоритм в целом описан и автором (Воробьев, 1953, с. 379-380). Однако, реализация этого алгоритма в среде обычной табличной (реляционной) базы данных

имеет ряд особенностей, которые отличают его от других алгоритмов обработки списков видов по экологическим шкалам (Заугольнова и др., 1995; Зубкова и др., 2008). Основная специфика заключается в том, что в таблице Д.В. Воробьева характеристики богатства и влажности почвы совмещены, и в результате интервал экологической толерантности вида (чем и является диапазон отмеченных для вида ТЛУ) может задаваться через несколько интервалов (в частном случае, точек). Например, черника (*Vaccinium myrtillus*) является индикатором типов А2 – А5, В2 – В5 и С2 – С5; болотный вереск (болотный мирт, *Chamaedaphne calyculata*) характерен для типов А4 – А5, В4 – В5, С5. Кроме того, как было сказано выше, ТЛУ в пределах одного вида могут различаться по частоте встречаемости, их ненулевые значения могут варьировать от 1 до 5. Дополнительная специфика обработки определяется структурой лесотаксационных данных. Вся информация о лесотаксационном выделе расположена в одной записи реляционной таблицы, а информация о доминантах напочвенного покрова – в одном поле этой записи.

С учетом всего вышесказанного был разработан следующий алгоритм обработки доминантных видов напочвенного покрова по таблицам Д.В. Воробьева:

- (1) в таблице индикаторных видов Д.В. Воробьева для видов оставляли только характерные ТЛУ (со значениями 5 или 4), значения 5 и 4 модифицировали в 1;
- (2) список видов напочвенного покрова в лесотаксационных описаниях приводили к нормализованному виду, когда в записи для каждого сочетания квартал–выдел указывался один вид, и добавляли латинское название вида. В результате получали таблицу с числом записей, равным общему числу видов–доминантов напочвенного покрова, указанных во всех кварталах–выделах;
- (3) по соответствию видов в таблице описаний и видов в таблице Д.В. Воробьева для каждого квартала–выдела рассчитывали число видов, характерных для различных ТЛУ;
- (4) для каждого квартала–выдела определяли ТЛУ, который характерен для максимального числа видов (их могло быть несколько);
- (6) для каждого квартала–выдела составляли список расчетных ТЛУ и сравнивали его с начальным ТЛУ, указанным в лесотаксационном описании.

Заметим, что наиболее «узким» местом в описанном алгоритме является качество указания таксаторами доминантов напочвенного покрова. В случае большого числа плохо опознаваемых родовых названий в лесотаксационных данных целесообразно попытаться уточнить видовые названия для конкретных выделов: информацию по ТЛУ, типу леса и древостою, указанную для выделов, можно использовать для различения видов с контрастными экологическими свойствами в пределах одного рода.

Апробация алгоритма была выполнена по данным лесной таксации 1981 г. Приокско-Террасного биосферного заповедника; в этих данных указаны доминанты напочвенного покрова. Заповедник расположен в центре Среднерусской возвышенности, на левобережных террасах долины реки Оки в зоне ее широтного течения. Территория расположена на юге подзоны хвойно-широколиственных лесов. На момент таксации в древостое преобладали средневозрастные сосняки и разновозрастные березняки; в напочвенном покрове преобладали неморальные травы (выделы с их доминированием занимали 42% площади), за ними следовали выделы с доминированием боровых (27%) и бореальных (20%) видов; 52% территории занимали выделы с ТЛУ С2 и 21% с ТЛУ В2 (Ханина, Бобровский, 2004).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ таблиц Д.В. Воробьева. После выверки наименований видов по современным номенклатурам в списке растений-индикаторов оказалась информация о 898 видах растений, из которых 823 вида – сосудистые растения, 66 – мохообразные и 9 – лишайники. Среди сосудистых растений 43 вида дерева, 54 кустарников, 726 травянистых видов. 20 видов из общего списка отмечены с частотой встреч 1, 2 или 3, что означает что основной блок видов (98%) являются характерными – с частотой встреч 4 и 5. Распределение видов по подтипам богатства и влажности (рис. 1) показало, что лучше всего в списке представлены виды-индикаторы относительно богатых местообитаний (подтип С): их 701; далее в порядке убывания виды-индикаторы подтипов В, D и А (504, 454 и 205 видов, соответственно). Обратим внимание, поскольку в таблицах Д.В. Воробьева один и тот же вид может быть индикаторным для многих ТЛУ (наиболее часто виды являются индикаторами двух и четырех ТЛУ), то сумма в анализе распределения видов по типам и подтипам не равна общему числу рассматриваемых видов. Среди подтипов увлажнения лучше всего в списке представлены виды свежих местообитаний (2 класс влажности; 518 видов), далее в порядке убывания – виды-индикаторы классов увлажнения 1, 3, 4 и 5 (456, 413, 385 и 257 видов, соответственно). Интересно, что среди видов-индикаторов бедных и относительно бедных местообитаний (типы А и В), максимум видов приходится на сухие и свежие типы, а среди видов богатых местообитаний (D) – на сырые и влажные типы.

Распределение характерных видов (с частотой встречаемости 4 и 5) разных ЭЦГ по подтипам богатства и влажности местообитаний (рис. 2) показало следующее. С увеличением богатства местообитаний среди характерных видов растет число и доля неморальных и нитрофильных видов, доля бореальных меняется мало, а доля боровых видов заметно падает; слегка увеличивается доля водно-болотных видов и уменьшается – олиготрофных. Число лугово-опушечных видов максимально в относительно богатых (подтип

С), а их доля максимальна в относительно бедных (подтип В) местообитаниях. С увеличением влажности от свежих к мокрым подтипам падает число характерных видов; в этом же ряду среди них растет число и доля водно-болотных и олиготрофных растений; число и доля боровых уменьшается практически до нуля. Нитрофильные виды появляются в свежих местообитаниях, они максимальны в сырых и сохраняют свои позиции в мокрых подтипах. Число неморальных видов мало меняется в первых трех классах влажности (сухих, свежих и влажных местообитаниях), их доля при этом слабо растет; но при переходе к сырым типам число и доля неморальных видов среди характерных довольно резко уменьшается, и эти виды практически не присутствуют в мокрых местообитаниях. Число и доля бореальных видов увеличиваются от сухих к влажным местообитаниям, их количество мало меняется в сырых и падает в мокрых подтипах. Лугово-опушечные виды лидируют в сухих и свежих местообитаниях; при увеличении влажности их количество резко падает, но они сохраняются в сырых, и даже мокрых подтипах.

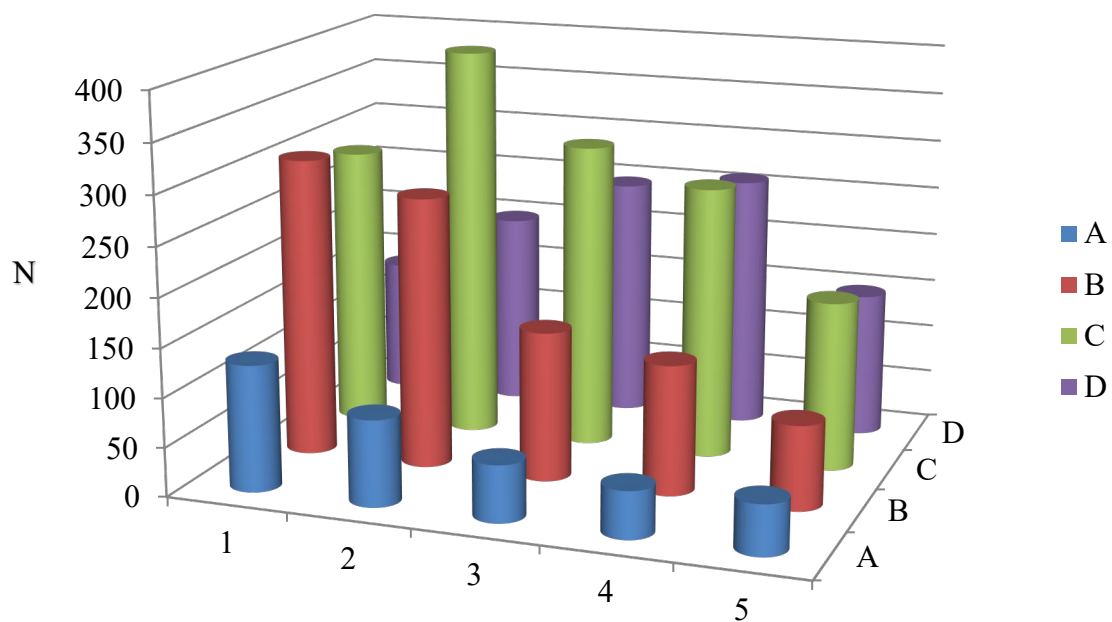


Рисунок 1. Распределение числа видов растений из списка Д.В. Воробьева (1953) по подтипам богатства (А – D) и влажности (1 – 5) местообитаний

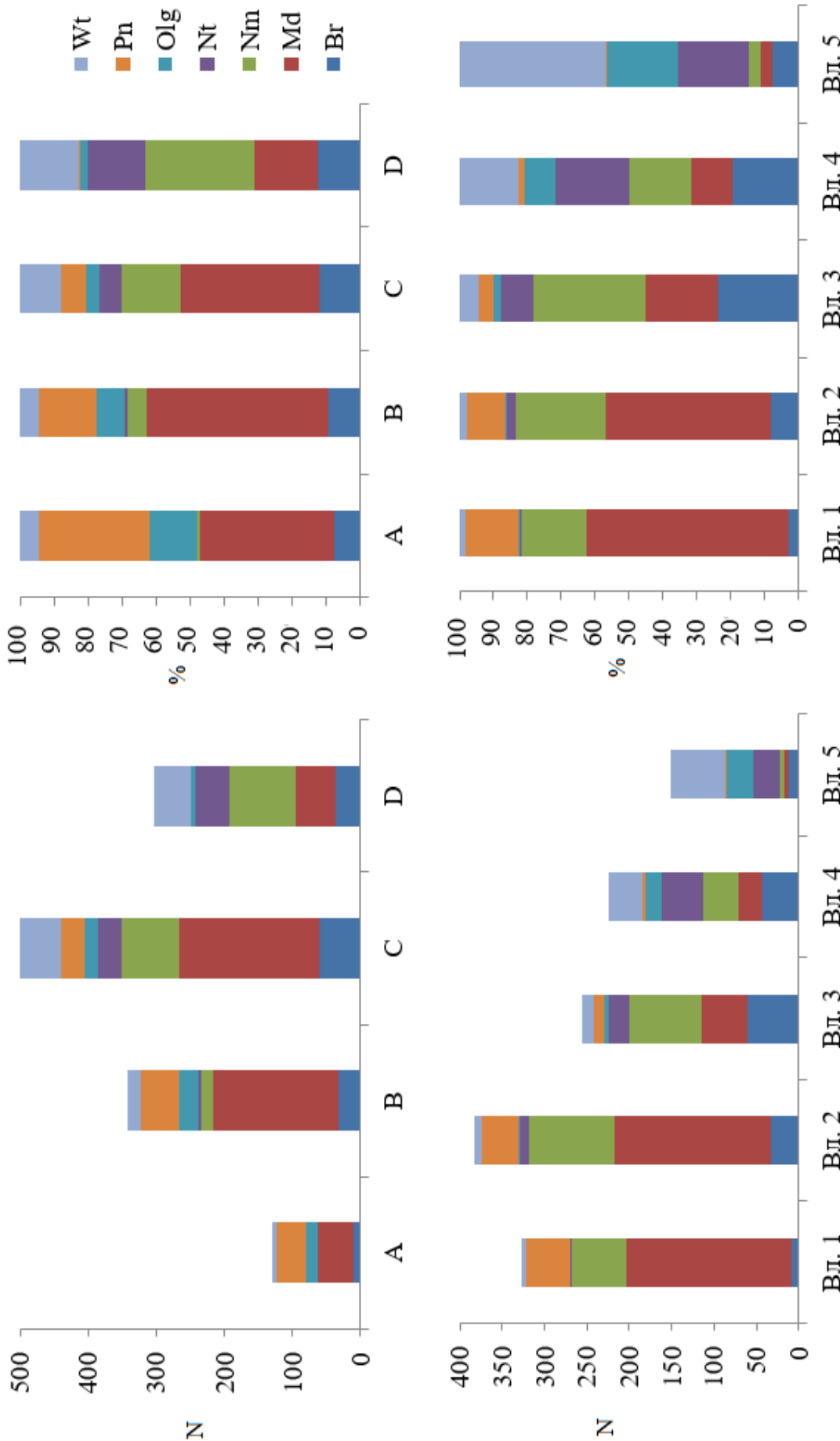


Рисунок 2. Распределение числа (N) и доли (%) характерных видов растений разных эколого-ценотических групп (ЭЦГ) по подтипам богатства (A – D) и влажности (Вл. 1 – Вл. 5) местообитаний.

Обозначения ЭЦГ: Wt - водно-болотная, Pn - боровая, Olg - олиготрофная, Nt - нитрофильная, Nm - неморальная, Md - лугово-опушечная и Br - борельная.

Детальный анализ распределения видов разных ЭЦГ по ТЛУ (рис. 3) для части групп дал до некоторой степени неожиданный результат. Оказалось, что бореальные виды в бóльшем числе представлены в ТЛУ С3, С4 и D3, и только потом в В3, В2 и далее в С2, D4. Неморальные виды максимальны в D2, D3 и затем в С2, С3. Боровые виды (по убыванию их числа) – в В1, А1, В2, А2, С1. Таким образом ожидаемая высокая представленность боровых видов в подтипе А, бореальных – в подтипе В и неморальных – в подтипе С оказалось смещенной в таблицах Д.В. Воробьева в сторону более богатых (и зачастую более влажных) местообитаний. Для видов остальных ЭЦГ результаты были более ожидаемые: лугово-опушечные виды оказались хорошо представлены в ТЛУ С2, В1, С1, В2, нитрофильные – в D4, D5, С4, олиготрофные – в В5, С5, В4, А5 и водно-болотные – в С5, D5, С4, D4. Напомним, что экологические характеристики используемых ЭЦГ наиболее детально описаны в работе А.С. Комарова с соавторами (2008, с. 298).

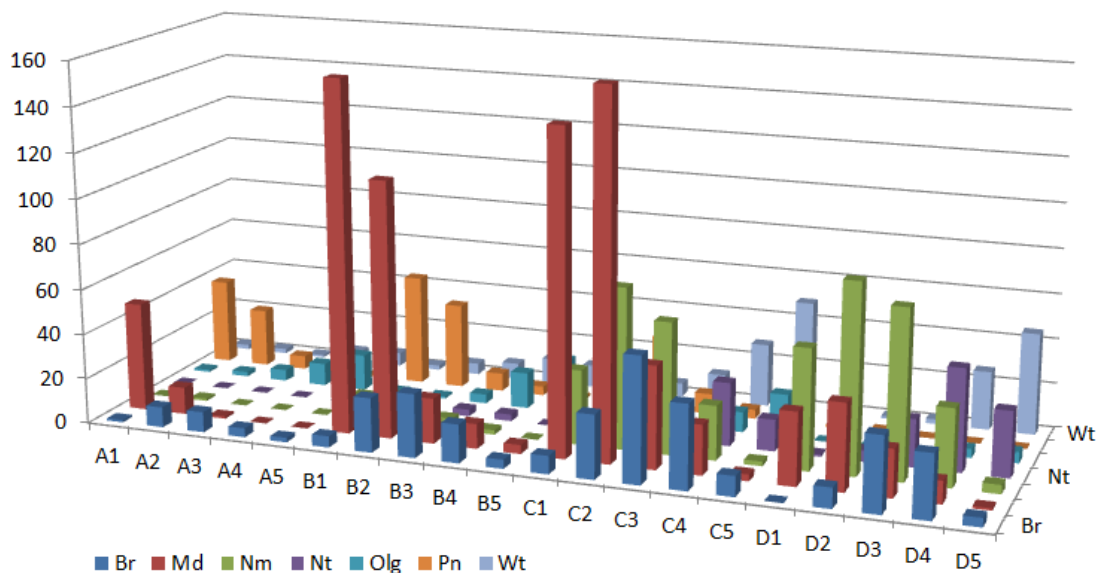


Рисунок 3. Распределение видов из списка Д.В. Воробьева (1953), принадлежащих разным эколого-ценотическим группам, по ТЛУ

Примечание: обозначения ЭЦГ как на рис. 2.

Обработка данных по напочвенному покрову из лесотаксационных описаний Приокско-Тerrasного заповедника по таблицам Д.В. Воробьева. В описаниях заповедника 1981 г. 2016 лесотаксационных выделов имели ТЛУ, для всех этих выделов был указан состав доминантов напочвенного покрова. В списке доминантов всего встретилось 140 наименований видов растений. Из них для 100 видов удалось установить однозначное соответствие со списком латинских названий видов (Приложение), еще для 40 видов это соответствие было установлено для конкретных выделов путем привлечения информации по ТЛУ и типу леса. Для 22% выделов была получена однозначная оценка расчетного ТЛУ, для

53% – таких оценок было две, для 13% – три. Максимальное число вариантов ТЛУ для одного выдела доходило до 12. При сравнении расчетных и начальных (указанных в лесотаксационных описаниях) значений ТЛУ оказалось, что для 15% выделов было получено однозначное соответствие расчетного и начального ТЛУ и для 62% выделов начальный ТЛУ был в списке расчетных вариантов. Для 19% выделов не было прямого соответствия начального и расчетных вариантов, но расчетные значения были смещены в сторону более богатых типов, что в принципе подтверждает известную практику таксаторов занижения потенциальных свойств местообитаний (устное сообщение С.Л. Зудина). Лишь для 4% выделов расчетные значения оказались «более бедными», и при их проверке выявились ошибки описаний – явное несоответствие списка видов напочвенного покрова и указанного в описаниях ТЛУ (например, доминирование вереска, брусники и черники в С2); это обстоятельство может быть связано с неполным списком доминантных видов в описании.

Таким образом, обработка показала, что предложенный алгоритм позволяет получить расчетную оценку ТЛУ по спискам видов доминантов напочвенного покрова, и эта оценка в 80% случаев совпадает с оценкой ТЛУ, имеющейся в лесотаксационных описаниях, но зачастую (в 40% случаев) расчетная оценка является одной из нескольких возможных. Расчеты позволяют выявить несоответствия ТЛУ и списков видов-доминантов напочвенного покрова, если такие несоответствия имеются. Анализ показал, что флора Приокско-Террасного заповедника, отраженная в лесотаксационных описаниях, по своей эколого-ценотической структуре вполне соответствует флоре лесов Европейской части бывшего СССР, которая отражена в списке Д.В. Воробьева видов-индикаторов различных ТЛУ (рис. 4). Мы полагаем, что вследствие этого наши результаты в целом характеризуют общую ситуацию, т.е. являются типичными, которые можно получить при обработке лесотаксационных данных по таблицам Д.В. Воробьева (1953).

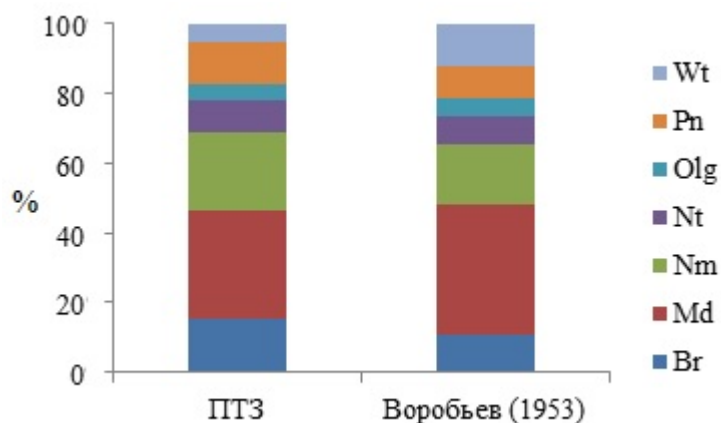


Рисунок 4. Эколого-ценотическая структура анализируемого списка доминантов напочвенного покрова из лесотаксационных описаний Приокско-Террасного заповедника (ПТЗ) и полного списка видов-индикаторов Д.В. Воробьева (1953)

Примечание: обозначения ЭЦГ как на рис. 2.

Полученные результаты – выверенная база данных и реализованный алгоритм обработки списков доминантов напочвенного покрова для получения эдафических характеристик местообитания по классификации П.С. Погребняка, принятой в современной лесной таксации в России (ТЛУ), – могут способствовать более широкому использованию видов-индикаторов Д.В. Воробьева в лесных экологических исследованиях. Подчеркнем, что эдафическая сетка, типы леса в понимании П.С. Погребняка и Д.В. Воробьева наряду с типами леса в понимании В.Н. Сукачева (1925), как и близкие к ним типы леса по А.К. Каяндеру (Cajander, 1926), легли в основу разработок национальных экологических классификаций лесных местообитаний во многих странах – помимо Европейских стран, в Северной Америке (Barnes et al., 1982; Pojar et al., 1987), Великобритании (Pyatt, 1997; Pyatt et al., 2001), Южной Африке (Louw, Scholes, 2002), Австралии (Lawley et al., 2015).

Важно отметить, что аналогично тому, как в русскоязычной литературе часто пересекаются понятия тип леса и тип лесорастительных условий (тип местообитания), так и в англоязычной литературе пересекаются понятия *site classification* и *plant community classification*, если последнее рассматривается в соответствии с физическими и экологическими характеристиками этих сообществ (см., например, Wilson, Ek, 2017, где для растительных сообществ предложен 5-значный код, содержащий название обобщенного типа растительного сообщества, широтного положения, режима увлажнения и богатства почвы). На наш взгляд, причина пересечения этих понятий также одинаковая: предполагается, что у исследователей есть понимание о «коренном типе леса» (*native plant community*), который должен расти в конкретных условиях. Однако, как показывают исследования последних 30-40 лет, как правило, мы не можем оценить, до какой степени человек преобразовал растительный покров, и какие именно сообщества являются «коренными» в тех или иных условиях, особенно трудно это оценить для лесных сообществ, время жизни эдификаторов которых (деревьев) от 80 (100) до 600 лет, и которые так легко изменить, посадив те или иные виды деревьев (Сукцессионные процессы., 1999; Восточно-европейские леса., 2004; Бобровский, 2010). Экологические исследования последних лет, связанные с изменением климата, биологическим разнообразием, оценкой качества местообитаний, историей экосистем и изучением взаимосвязей всех этих параметров также свидетельствуют о наличии сложных комплексных взаимодействий между всеми компонентами экосистем и между самими экосистемами, которые плохо укладываются в простые схемы, а требуют разработки новых подходов, сочетающих инструментальные измерения, современные методы количественного анализа и математического моделирования с экспертными знаниями (Levin, 1998; Clark, Gelfand, 2006; Смирнова, Торопова, 2011; Haeussler, 2011). При

этом данные национальных лесных инвентаризаций вполне можно использовать как базу для развития новых подходов (Corona et al., 2011; Fridman et al., 2014; Kusbach et al., 2017; Nave et al., 2017; Vacek et al., 2017), а одним из важных вариантов формализации экспертного знания являются экологические шкалы – списки видов-индикаторов различных экологических условий. Таблицы Д.В. Воробьева (1953), разработанные специально для лесных территорий Восточно-Европейской равнины и содержащие ТЛУ, используемые в таксации лесов России, представляют в этой связи несомненный интерес. По нашему мнению, перспективным развитием принятой системы ТЛУ является «привязка» результатов инструментальных исследований характеристик лесных почв и местообитаний к ТЛУ, определенным экспертно или формально по спискам видов-доминантов напочвенного покрова. Результатом такой деятельности были бы диапазоны почвенных характеристик различных ТЛУ в различных регионах и типах леса, которые можно было бы использовать для корректных оценок и прогнозов состояния лесных экосистем при различных режимах хозяйствования и разных сценариях изменения внешних условий. Именно такие прогнозные оценки, получаемые путем моделирования лесных экосистем и базирующиеся на уже имеющихся в лесотаксационных материалах сведениях о ТЛУ (Khanina et al., 2007; Komarov, Shanin, 2012) с уточняющими данными по результатам инструментальных исследований местообитаний, необходимы при переходе к интенсивному лесному хозяйству, новым формам экологического лесопользования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный алгоритм и разработанную базу данных можно использовать с целью определения ТЛУ по системе Погребняка по списку доминантов напочвенного покрова, а также для независимой проверки экспертных оценок ТЛУ, содержащихся в лесотаксационных описаниях. Таблица растений-индикаторов ТЛУ будет доступна на сайте Института математических проблем биологии РАН – филиала ИПМ им. М.В. Келдыша РАН (Компьютерное..., 2019). В случае получения при расчетах нескольких значений ТЛУ можно рекомендовать брать минимальные значения по богатству и по влажности вследствие выявленного некоторого завышения этих показателей в таблицах Д.В. Воробьева (1953).

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарит рецензента за высказанные точные и четкие замечания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Алексеев А.С. Основные принципы организации и проведения государственной инвентаризации лесов (ГИЛ) // Вопросы лесной науки. 2019. Т. 2. № 1. doi: 10.31509/2658-607x-2019-2-1-1-18

Алексеев Е.В. Типы украинского леса. Правобережье. Киев, 1925. 64 с.

Бобровский М.В. Лесные почвы европейской России. Биотические и антропогенные факторы формирования. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. 392 с.

Воробьев Д.В. Типы лесов Европейской части СССР. Киев: Изд-во АН УССР, 1953. 452 с.

Воронов А.Г. Геоботаника. М.: Высшая школа, 1973. 384 с.

Восточно-Европейские леса (история в голоцене и современность) / О.В. Смирнова (ред.). М.: Наука, 2004.

Дыренков С.А., Чертов О.Г. Лесная типология в СССР и за рубежом // Итоги науки и техники. Лесоведение и лесоводство. М.: ВИНТИ, 1975. Т. 1. С. 190-256.

Заугольнова Л.Б., Ханина Л.Г. Опыт разработки и использования баз данных в лесной фитоценологии // Лесоведение. 1996. № 1. С. 76-83.

Заугольнова Л.Б., Ханина Л.Г., Комаров А.С., Смирнова О.В., Попадюк Р.В., Островский М.А., Зубкова Е.В., Глухова Е.М., Паленова М.М., Губанов В.С., Грабарник П.Я. Информационно-аналитическая система для оценки сукцессионного состояния лесных сообществ. Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН. 1995. 51 с.

Заугольнова Л.Б., Ханина Л.Г., Браславская Т.Ю., Бакун Е.Ю., Глухова Е.М., Бобровский М.В., Шовкун М.М., Смирнова О.В., Луговая Д.Л., Яницкая Т.О. Лесная растительность Северной Евразии. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2014620258 в Реестре баз данных 12 февраля 2014 г.

Зубкова Е.В., Ханина Л.Г., Грохлина Т.И., Дорогова Ю.А. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin. Учебное пособие. Йошкар-Ола: Мар.ГУ. 2008. 96 с.

Игнатов М.С., Афонина О.М. Список мхов территории бывшего СССР // Arctoa. 1992. Т. 1. С. 1-85.

Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.И. Лесорастительные условия и типы леса Свердловской области. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1974. 176 с.

Комаров А.С., Ханина Л.Г., Бобровский М.В., Михайлов А.В., Смирнов В.Э., Быховец С.С. Моделирование структуры и динамики биоразнообразия растительности лесных экосистем // Мониторинг биологического разнообразия лесов России: методология и методы. Отв. ред. А.С. Исаев. М.: Наука. 2008. С. 285-314.

Компьютерное и информационное обеспечение геоботанических исследований. 2019. Таблица видов-индикаторов Д.В. Воробьева (1953) для типов лесорастительных условий. URL: <https://www.impb.ru/index.php?id=div/lce/database>

Константинова Н.А., Потемкин А.Д., Шляков Р.Н. Список печеночников и антоцеротовых территории бывшего СССР // *Arctoa*. 1992. Т. 1. С. 87-127.

Крюденер А.А. Основы классификации типов насаждений и их народнохозяйственное значение в обиходе страны. Петроград: Типография Главного Управления Уделов, 1916. Вып. 3. 190 с.

Лазарев Ю.А., Желдак В.И., Завалова Т.А. ГОСТ 18486-87 Лесоводство. Термины и определения. 1987. Дата введения 1989-01-01.

Лесоустроительная инструкция. Приложение к Приказу МПР РФ от 6 февраля 2008 N 31. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12061628/> (дата обращения 16.11.2019)

Мигунова Е.С. Лесная типология Г.Ф. Морозова – А.А. Крюденера – П.С. Погребняка – теоретическая основа лесоводства // *Лесной вестник*. 2017. Т. 21. № 5. С. 52-63.

Мигунова Е.С. Результаты разработки проблем лесной типологии и истории научных исследований // *Лесной вестник*. 2019. Т. 23. № 2. С. 147-160.

Моисеев Н.А. Концепция современного лесоустройства в России. Пушкино: ВНИИЛМ, 2017. 88 с. URL: <http://forstmeisterspb.org/blog21684> (дата обращения 16.11.2019).

Морозов Г.Ф. О типах насаждений и их значении в лесоводстве // *Лесной журнал*. 1904. Вып. 1. С. 6-25.

Петухов Н.В., Невидомов А.М. Современный этап применения лесной типологии в лесоустройстве и его первоочередные задачи // *Лесной журнал*. 2005. № 3. С. 28-45.

Погребняк П.С. Основы лесной типологии. 2-е изд. Киев: АН УССР, 1955. 456 с.

Раменский Л.Г., Цаценкин И.А., Чижиков О.Н., Антипов Н.А. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову. М.: Сельхозгиз. 1956. 472 с.

Рысин Л.П. Лесная типология в СССР. М.: Наука, 1982. 216 с.

Смирнова О.В., Торопова Н.А. Потенциальная растительность и потенциальный экосистемный покров // *Успехи современной биологии*. Т. 136. № 2. С. 199-211.

Смирнов В.Э., Ханина Л.Г., Бобровский М.В. Обоснование системы эколого-ценотических групп растений лесной зоны европейской России на основе экологических шкал, геоботанических описаний и статистического анализа // *Бюл. МОИП. Отд. Биологии*. 2006. Т. 111. № 2. С. 36-47.

Смирнов В.Э., Ханина Л.Г., Бобровский М.В. Расширенная система эколого-ценотических групп видов сосудистых растений для бореальной, гемибореальной и умеренной лесных зон Европейской России. 2008. URL: <http://www.impb.ru/index.php?id=div/lce/ecg> (дата обращения: 17.11.2019).

Смирнова О.В., Ханина Л.Г., Смирнов В.Э. Эколого-ценотические группы в растительном покрове лесного пояса Восточной Европы // *Восточно-Европейские леса*

(история в голоцене и современность). Смирнова О.В. (ред.). М.: Наука, 2004. Т. 1. С. 165-175.

Сукачев В.Н. Растительная ассоциация и тип насаждений // Известия Ленинградского лесного института. 1925. Вып. 32. С. 39-58.

Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия / О.В. Смирнова, Е.С. Шапошников (ред.). СПб.: Российское ботаническое общество, 1999.

Трейфельд Р.Ф. О методах таксации в современном лесоустройстве // Официальный сайт Союза лесоводов Санкт-Петербурга. 2019. URL: <http://forstmeisterspb.org/blog26321> (дата обращения 16.11.2019).

Урбанавичюс Г.П., Урбанавичене И.П. Сводная таблица «Лишайники заповедников России» // Современное состояние биологического разнообразия на заповедных территориях России. М.: МСОП, МПР РФ, Комиссия РАН по сохранению биологического разнообразия. 2004. С. 26-215.

Федорчук В.Н., Дыренков С.А. Выделение и распознавание типов леса. Методические указания. Л.: ЛенНИИЛХ, 1975. 56 с.

Федорчук В.Н., Нешатаев В.Ю., Кузнецова М.Л. Лесные экосистемы северо-западных районов России: Типология, динамика, хозяйственные особенности. СПб., 2005. 382 с.

Ханина Л.Г., Бобровский М.В. Прогноз изменения растительного покрова в Приокско-Террасном заповеднике по лесотаксационным данным // Восточно-Европейские леса (история в голоцене и современность). О.В. Смирнова (ред.). М.: Наука, 2004. Т. 2. С. 131-137.

Ценофонд лесов Европейской России. 2006. URL: <http://www.cepl.rssi.ru/bio/flora/main.htm> (дата обращения 17.11.2019).

Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 196 с.

Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья, 1995. 992 с.

Чертов О.Г. Экология лесных земель. Почвенно-экологическое исследование лесных местообитаний. Л.: Наука, 1981. 192 с.

Чертов О.Г., Надпорожская М.А., Паленова М.М., Припутина И.В. Эдафология в структуре почвоведения и экосистемной экологии // Russian journal of ecosystem ecology. 2018. V. 3(3). DOI: 10.21685/2500-0578-2018-3-2

Ярошенко А.В. Рослесхоз обещает закончить государственную инвентаризацию лесов России в 2020 году. Почему в реальности это невозможно? // Лесной форум Гринпис. 2019.

URL: <http://www.forestforum.ru/viewtopic.php?f=9&t=23914&hilit=инвентаризация> (дата обращения 16.11.2019)

Barnes B.V., Pregitzer K.S., Spies T.A., Spooner V.H. Ecological forest site classification // Journal of Forestry. 1982. V. 80. P. 493-498.

Cajander A.K. The theory of forest types. Helsinki. 1926.

Clark J.S., Gelfand A.E. A future for models and data in environmental science // TRENDS in Ecology and Evolution. 2006. Vol. 21. No. 7. P. 375-380.

Corona P., Chirici G., McRoberts R.E., Winter S., Barbati A. Contribution of large-scale forest inventories to biodiversity assessment and monitoring // Forest Ecology and Management. 2011. Vol. 262. P. 2061–2069.

Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas // Scripta geobotanica 9. Göttingen, 1974.

Fridman J., Holm S., Nilsson M., Nilsson P., Ringvall A.H., Ståhl G. Adapting national forest inventories to changing requirements – the case of the Swedish National Forest Inventory at the turn of the 20th century // Silva Fennica. 2014. Vol. 48. No. 3 article id 1095. 29 p.

Haeussler S. Rethinking biogeoclimatic ecosystem classification for a changing world // Environ. Rev. 2011. Vol. 19. P. 254-277.

Khanina L., Bobrovsky M., Komarov A., Mikhajlov A. Modelling dynamics of forest ground vegetation diversity under different forest management regimes // Forest Ecology and Management. 2007. Vol. 248. P. 80-94.

Komarov A.S., Shanin V.N. Comparative analysis of the influence of climate change and nitrogen deposition on carbon sequestration in forest ecosystems in European Russia: simulation modelling approach // Biogeosciences. 2012. Vol. 9. P. 4757-4770.

Kusbach A., Friedl M., Zouhar V., Mikita T., Šebesta J. Assessing forest classification in a landscape-level framework: an example from Central European forests // Forests. 2017. 8, 461; doi:10.3390/f8120461

Landolt E. Okologische Zeigerwerte zur Sweizer Flora // Veröff. Geobot. Inst. ETH. Zurich. 1977. H. 64. S. 1-208.

Lawley V., Lewis M., Clarke K., Ostendorf B. Site-based and remote sensing methods for monitoring indicators of vegetation condition: An Australian review // Ecological Indicators. 2016. V. 60. P. 1273–1283.

Levin S.A. Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems // Ecosystems. 1998. Vol. 1. No. 5. P. 431-436.

Louw J.H., Scholes M. Forest site classification and evaluation: a South African perspective // Forest Ecology and Management. 2002. Vol. 171(1-2). P. 153-168.

Nave L.E., Gough C.M., Perry C.H., Hofmeister K.L. Le Moine J.M., Domke G.M., Swanston C.W., Nadelhoffer K.J. Physiographic factors underlie rates of biomass production during succession in Great Lakes forest landscapes // *Forest Ecology and Management*. 2017. Vol. 397. P. 157-173.

Pogrebnyak P.S. Über die Methodik der Standortsuntersuchungen in Verbindung mit den Waldtypen. In: Proc. Int. Congr. Forestry Experimental Stations. Stockholm. 1930. P. 455-471.

Pojar J., Klinka K., Meidinger D.V. Biogeoclimatic ecosystem classification in British Columbia // *Forest Ecology and Management*. 1987. Vol. 22. No. 1-2. P. 119-154.

Pyatt D.G. A site classification for Scottish native woodlands // *Botanical Journal of Scotland*. 1997. Vol. 49 (2). P. 455-467.

Pyatt D.G., Ray D., Fletcher J. An ecological site classification for forestry in Great Britain. Forestry Commission, Edinburgh. 2001. Bulletin 124.

Stahr K., Kandeler E., L. von Herrmann, Streck T. Bodenkunde und Standortlehre [Soil science and location theory]. Ulmer: UTB, 2008, 318 p.

Smirnova O., Zaugolnova L., Khanina L., Braslavskaya T., Glukhova E. FORUS – database on geobotanic relevés of European Russian forests // Математическая биология и биоинформатика: I Международная конференция, г. Пущино, 9-15 октября 2006 г.: Доклады / Под ред. В.Д. Ляхно. М.: МАКС Пресс. 2006. С. 150-151.

Vacek S., Černý T., Vacek Z., Podrázský V., Mikeska M., Králíček I. Long-term changes in vegetation and site conditions in beech and spruce forests of lower mountain ranges of Central Europe // *Forest Ecology and Management*. 2017. Vol. 398. P. 75-90.

Wilson D.C., Ek A.R. Imputing plant community classifications for forest inventory plots // *Ecological Indicators*. 2017. Vol. 80. P. 327-336.

REFERENCES

Alekseev A.S., Osnovnye principy organizacii i provedenija gosudastvennoj inventarizacii lesov (GIL) (Basic principles of organizing and conducting state forest inventory, GIL), *Voprosy lesnoj nauki*. 2019. Vol. 2, No 1, doi: 10.31509/2658-607x-2019-2-1-1-18

Alekseev E.V. *Tipy ukrainskogo lesa. Pravoberezh'e* (Types of Ukrainian forest. Right bank of the Dnieper River), Kiev, 1925. 64 p.

Barnes B.V., Pregitzer K.S., Spies T.A., Spooner V.H. Ecological forest site classification, *Journal of Forestry*, 1982, Vol. 80, pp. 493-498.

Bobrovsky M.V. *Lesnye pochvy Evropejskoj Rossii. Bioticheskie i antropogennye faktory formirovaniya* (Forest soils of European Russia. Biotic and anthropogenic factors of formation), Moscow: Tovarišhestvo nauchnyh izdanij KMK, 2010. 392 p.

Cajander A.K. *The theory of forest types*, Helsinki, 1926.

Cenofond lesov Evropejskoj Rossii (Coenofond of forests of European Russia), 2006. URL: <http://www.cepl.rssi.ru/bio/flora/main.htm> (November 17, 2019).

Cherepanov S.K. *Sosudistye rastenija Rossii i sopredelnyh gosudarstv: v predelah byvshego SSSR* (Vascular plants of Russia and neighboring states: within the former USSR), Saint-Petersburg, Mir i semja, 1995. 992 p.

Chertov O.G. *Ekologija lesnyh zemel. Pochvenno-ekologicheskoe issledovanie lesnyh mestoobitanij* (Ecology of forest lands. Soil-ecological study of forest habitats), Leningrad, Nauka, 1981, 192 p.

Chertov O.G., Nadporozhskaja M.A., Palenova M.M., Priputina I.V. Edafologija v strukture pochvovedenija i ekosistemnoj ekologii (Edaphology in the structure of soil science and ecosystem ecology), *Russian journal of ecosystem ecology*, 2018, Vol. 3(3), DOI: 10.21685/2500-0578-2018-3-2

Clark J.S., Gelfand A.E. A future for models and data in environmental science, *TRENDS in Ecology and Evolution*, 2006, Vol. 21, No. 7, pp. 375-380.

Corona P., Chirici G., McRoberts R.E., Winter S., Barbati A. Contribution of large-scale forest inventories to biodiversity assessment and monitoring, *Forest Ecology and Management*, 2011, Vol. 262, pp. 2061-2069.

Dyrenkov S.A., Chertov O.G. *Lesnaja tipologija v SSSR i za rubezhom* (Forest typology in the USSR and abroad). Itogi nauki i tehniki. Lesovedenie i lesovodstvo, Moscow, VINITI, 1975, Vol. 1, pp. 190-256.

Ellenberg H. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas, *Scripta geobotanica*, Vol. 9, Göttingen, 1974.

Fedorchuk V.N., Dyrenkov S.A. *Vydelenie i raspoznavanie tipov lesa* (Distinction and identification of forest types), Leningrad, LenNILH, 1975, 56 p.

Fedorchuk V.N., Neshataev V.Y., Kuznetsova M.L. *Lesnye ekosistemy severo-zapadnyh rajonov Rossii: Tipologija, dinamika, hozjajstvennye osobennosti* (Forest ecosystems of the northwestern regions of Russia: Typology, dynamics, economic features), Saint-Petersburg, 2005, 382 p.

Fridman J., Holm S., Nilsson M., Nilsson P., Ringvall A.H., Ståhl G. Adapting national forest inventories to changing requirements – the case of the Swedish National Forest Inventory at the turn of the 20th century, *Silva Fennica*, 2014, Vol. 48, No. 3 article id 1095. 29 p.

Haeussler S. Rethinking biogeoclimatic ecosystem classification for a changing world, *Environ. Rev.*, 2011, Vol. 19, pp. 254-277.

Ignatov M.S., Afonina O.M. Spisok mhov territorii byvshego SSSR (List of mosses of the former USSR), *Arctoa*, 1992, Vol. 1, pp. 1-85.

Khanina L.G., Bobrovsky M.V. *Prognoz izmenenija rastitelnogo pokrova v Prioksko-Terrasnom zapovednike po lesotaksacionnym dannym* (Forecast of changes in vegetation in the Prioksko-Terrasny Reserve by forest inventory data), In: *Vostochno-Evropejskie lesa: istorija v golocene i sovremennost* (East European forests: history in the Holocene and the current time), Smirnova O.V. (ed.), Moscow, Nauka, 2004, Vol. 2, p. 131-137.

Kolesnikov B.P., Zubareva R.S., Smolonogov E.I. *Lesorastitelnye uslovija i tipy lesa Sverdlovskoj oblasti* (Forest conditions and forest types of the Sverdlovsk region), Sverdlovsk, UNC AN SSSR, 1974, 176 p.

Komarov A.S., Khanina L.G., Bobrovsky M.V., Mikhajlov A.V., Smirnov V.E., Bykhovets S.S. *Modelirovanie struktury i dinamiki bioraznoobrazija rastitel'nosti lesnyh ekosistem* (Modeling the structure and dynamics of biodiversity of vegetation of forest ecosystems), In: *Monitoring biologicheskogo raznoobrazija lesov Rossii: metodologija i metody* (Monitoring the biological diversity of Russian forests: methodology and methods), Isaev A.S. (ed.), Moscow: Nauka, pp. 285-314.

Kompjuternoe i informacionnoe obespechenie geobotanicheskikh issledovanij (Computer and information support for geobotanical research). 2019. Tablica vidov-indikatorov D.V. Vorobjeva (1953) dlja tipov lesorastitelnyh uslovij. <https://www.impb.ru/index.php?id=div/lce/database>

Konstantinova N.A., Potemkin A.D., Shljakov R.N. *Spisok pechenochnikov i antocerotovych territorii byvshego SSSR* (List of liverworts and *Anthocerotophyta* of the former USSR, *Arctoa*, 1992, Vol. 1, pp. 87-127.

Kruedener A.A. *Osnovy klassifikacii tipov nasazhdenij i ih narodnohozjajstvennoe znachenie v obihode strany* (Fundamentals of classification of forest stands and their economic importance in the everyday life of the country), Petrograd, Tipografija Glavnogo Upravlenija Udelov, 1916, No. 3, 190 p.

Kusbach A., Friedl M., Zouhar V., Mikita T., Šebesta J. Assessing forest classification in a landscape-level framework: an example from Central European forests, *Forests*, 2017, 8, 461, DOI: 10.3390/f8120461

Landolt E. *Okologische Zeigerwerte zur Sweizer Flora, Veroff. Geobot.*, Inst. ETH, Zurich, 1977, Vol. 64, pp. 1-208.

Lawley V., Lewis M., Clarke K., Ostendorf B. Site-based and remote sensing methods for monitoring indicators of vegetation condition: An Australian review, *Ecological Indicators*, 2016, Vol. 60, pp. 1273-1283.

Lazarev Y.A., Zheldak V.I., Zavalova T.A. GOST 18486-87 Lesovodstvo. Terminy i opredelenija (State standard 18486-87. Forestry. Terms and definitions), 1987.

Lesoustroitel'naja instrukcija (Forest inventory instruction). Prilozhenie k Prikazu MPR RF, February 6, 2008, No. 31. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12061628/> (2019, November 16)

Levin S.A. Ecosystems and the biosphere as complex adaptive systems, *Ecosystems*, 1998, Vol. 1, No. 5, pp. 431-436.

Louw J.H., Scholes M. Forest site classification and evaluation: a South African perspective, *Forest Ecology and Management*, 2002, Vol. 171(1-2), pp. 153-168.

Migunova E.S. Lesnaja tipologija G.F. Morozova – A.A. Krjudenera – P.S. Pogrebnjaka – teoreticheskaja osnova lesovodstva (Forest typology developed by G.F. Morozov, A.A. Kruedener, and P.S. Pogrebnjak is the theoretical basis of forestry), *Lesnoj vestnik*, 2017, Vol. 21, No. 5, pp. 52-63.

Migunova E.S. Rezultaty razrabotki problem lesnoj tipologii i istorii nauchnyh issledovanij (Results of the development of forest typological issues and the history of scientific research), *Lesnoj vestnik*, 2019, Vol. 23, No. 2, pp. 147-160.

Moiseev N.A. *Koncepcija sovremennogo lesoustrojstva v Rossii* (The concept of modern forest management in Russia), Pushkino, VNIILM, 2017, 88 pp. URL: <http://forstmeisterspb.org/blog21684> (2019, November 16)

Morozov G.F. O tipah nasazhdenij i ih znachenii v lesovodstve (About types of stands and their importance in forestry), *Lesnoj zhurnal*, 1904, No. 1, pp. 6-25.

Nave L.E., Gough C.M., Perry C.H., Hofmeister K.L. Le Moine J.M., Domke G.M., Swanston C.W., Nadelhoffer K.J. Physiographic factors underlie rates of biomass production during succession in Great Lakes forest landscapes, *Forest Ecology and Management*, 2017, Vol. 397, pp. 157-173.

Petukhov N.V., Nevidomov A.M. Sovremennyy etap primeneniya lesnoj tipologii v lesoustrojstve i ego pervoocherednye zadachi (The current stage of the application of forest typology in forest management and its priorities), *Lesnoj zhurnal*, 2005, No. 3, pp. 28-45.

Pogrebnjak P.S. *Osnovy lesnoj tipologii* (Fundamentals of Forest Typology), Kiev, Izd-vo AN USSR, 1955, 456 pp.

Pogrebnjak P.S. Über die Methodik der Standortsuntersuchungen in Verbindung mit den Waldtypen, In: *Proc. Int. Congr. Forestry Experimental Stations*, Stockholm, 1930, pp. 455-471.

Pojar J., Klinka K., Meidinger D. V. Biogeoclimatic ecosystem classification in British Columbia, *Forest Ecology and Management*, 1987, Vol. 22, No. 1-2, pp. 119-154.

Pyatt D.G. A site classification for Scottish native woodlands, *Botanical Journal of Scotland*, 1997, Vol. 49 (2), pp. 455-467.

Pyatt D.G., Ray D., Fletcher J. *An ecological site classification for forestry in Great Britain*, Forestry Commission, Edinburgh, 2001, Bulletin 124.

Ramenskiy L.G., Tsatsenkin I.A., Chizhikov O.N., Antipov N.A. *Ekologicheskaja ocenka kormovyh ugodij po rastitelnomu pokrovu* (Ecological assessment of forage land by vegetation), Moscow, Selhoozgis, 1956, 472 p.

Rysin L.P. *Lesnaja tipologija v SSSR* (Forest typology in the USSR), Moscow, Nauka, 1982, 216 p.

Smirnov V.E., Khanina L.G., Bobrovsky M.V. Obosnovanie sistemy ekologo-cenoticheskikh grupp rastenij lesnoj zony evropejskoj Rossii na osnove ekologicheskikh shkal, geobotanicheskikh opisaniy i statisticheskogo analiza (Justification of the system of ecological-coenotic groups of plants in the forest zone of European Russia on the basis of species indicator tables, geobotanical relevés, and statistical analysis), *Bul. MOIP, Otd. Biologii*, 2006, Vol. 111, No. 2, pp. 36-47.

Smirnov V.E., Khanina L.G., Bobrovsky M.V. *Validation of the ecological-coenotic groups of vascular plants for European Russian forests on the basis of ecological indicator values, vegetation relevés and statistical analysis*. 2008. URL: <https://www.impb.ru/index.php?id=div/1ce/ecg&lang=eng> (2019, November 16)

Smirnova O., Zaugolnova L., Khanina L., Braslavskaya T., Glukhova E. FORUS – database on geobotanic relevés of European Russian forests, In: *Matematicheskaja biologija i bioinformatika*, V.D. Lakhno (ed.), Moscow, MAKS Press, 2006, pp. 150-151.

Smirnova O.V., Khanina L.G., Smirnov V.E. Ekologo-cenoticheskie gruppy v rastitelnom pokrove lesnogo pojasa Vostochnoj Evropy (Ecological-coenotic groups in the vegetation of the forest belt of Eastern Europe), In: *Vostochno-Evropejskie lesa: istorija v golocene i sovremennost* (East European forests: history in the Holocene and the current time), Smirnova O.V. (ed.), Moscow, Nauka, 2004, Vol. 1, p. 165-175.

Smirnova O.V., Toropova N.A. Potencialnaja rastitelnost i potencialnyj ekosistemnyj pokrov (Potential vegetation and potential ecosystem cover), *Uspehi sovremennoj biologii*, Vol. 136, No. 2, pp. 199-211.

Stahr K., Kandeler E., L. von Herrmann, Streck T. *Bodenkunde und Standortlehre* (Soil science and location theory), Ulmer, UTB, 2008, 318 p.

Sukachev V.N. Rastitelnaja asociacija i tip nasazhdenij (Plant association and type of stands, *Izvestija Leningradskogo lesnogo instituta*, 1925, Vol. 32, pp. 39-58.

Sukcessionnye processy v zapovednikah Rossii i problemy sohraneniya biologicheskogo raznoobrazija (Succession processes in the reserves of Russia and the problems of conservation of biological diversity), Smirnova O.V., Shaposhnikov E.S. (eds.), Saint-Petersbur, Rossijskoe botanicheskoe obshhestvo, 1999.

Trejfeld R.F. O metodah taksacii v sovremennom lesoustrojstve (About taxation methods in modern forest management), *Officialnyi sait Sojuza lesovodov Sankt-Peterburga*. 2019. URL: <http://forstmeisterspb.org/blog26321> (2019, November 16).

Tsyganov D.N. *Fitoindikacija ekologicheskikh rezhimov v podzone khvojno-shirokolistvennykh lesov* (Phytoindication of ecological regimes in the subregion of coniferous-deciduous broad-leaved forests), Moscow, Nauka, 1983, 196 p.

Urbanavichjus G.P., Urbanavichene I.P. *Svodnaja tablica «Lishajniki zapovednikov Rossii»* (Summary table "Lichens of Russian reserves"), *Sovremennoe sostojanie biologicheskogo raznoobrazija na zapovednykh territorijah Rossii*, Moscow, MSOP, MPR RF, Komissija RAN po sohraneniu biologicheskogo raznoobrazija, 2004, pp. 26-215.

Vacek S., Černý T., Vacek Z., Podrázský V., Mikeska M., Králíček I. Long-term changes in vegetation and site conditions in beech and spruce forests of lower mountain ranges of Central Europe, *Forest Ecology and Management*, 2017, Vol. 398, pp. 75-90.

Vorobjev D.V. *Tipy lesov Evropeiskoi chasti SSSR* (Forest types of the European part of the USSR), Kiev: Izd-vo AN USSR, 1953, 452 p.

Voronov A.G. *Geobotanika* (Geobotany), Moscow: Vysshaja shkola, 1973, 384 p.

Vostochno-Evropejskie lesa: istorija v golocene i sovremennost (East European forests: the Holocene history and the current time), Smirnova O.V. (ed.), Moscow: Nauka, 2004.

Wilson D.C., Ek A.R. Imputing plant community classifications for forest inventory plots, *Ecological Indicators*, 2017, Vol. 80, pp. 327-336.

Yaroshenko A.V. Rosleshoz obeshhaet zakonchit gosudarstvennuju inventarizaciju lesov Rossii v 2020 godu. Pochemu v realnosti jeto nevozmozhno? (Rosleskhoz promises to complete the state inventory of Russian forests in 2020. Why is this impossible in reality?), *Lesnoj forum Greenpeace*, 2019. URL: <http://www.forestforum.ru/viewtopic.php?f=9&t=23914&hilit=инвентаризация> (November 16, 2019)

Zaugolnova L.B., Khanina L.G. Opyt razrabotki i ispol'zovaniya baz dannyh v lesnoj fitocenologii (Experience in developing and using databases in forest phytocenology), *Lesovedenie*, 1996, No. 1, pp. 76-83.

Zaugolnova L.B., Khanina L.G., Braslavskaja T.Ju., Bakun E.Ju., Glukhova E.M., Bobrovsky M.V., Shovkun M.M., Smirnova O.V., Lugovaja D.L., Yanitskaja T.O. *Lesnaja rastitelnost Severnoj Evrazii* (Forest vegetation of Northern Eurasia). Svidetelstvo o gosudarstvennoj registracii bazy dannyh No. 2014620258 v Reestre baz dannyh February 12, 2014.

Zaugolnova L.B., Khanina L.G., Komarov A.S., Smirnova O.V., Popadjuk R.V., Ostrovsky M.A., Zubkova E.V., Glukhova E.M., Palenova M.M., Gubanov V.S., Grabarnik P.Ja. *Informacionno-analiticheskaja sistema dlja ocenki sukcesionnogo sostojanija lesnykh soobshhestv*

(Information and analytical system for assessing the succession state of forest communities), Pushchino, ONTI PNC RAN, 1995, 51 p.

Zubkova E.V., Khanina L.G., Grokhlina T.I., Dorogova Ju.A. *Kompjuternaja obrabotka geobotanicheskikh opisaniy po jekologicheskim shkalam s pomoshhju programmy EcoScaleWin* (Computer processing of geobotanical relevés on plant indicator tables using the EcoScaleWin program), Yoshkar-Ola, Mar.GU, 2008, 96 p.

Приложение. Список видов* растений - доминантов напочвенного покрова из лесотаксационных описаний 1981 г. Приокско-Террасного заповедника с эколого-ценотическими группами (ЭЦГ) и баллами встречаемости видов в разных ТЛЮ из таблиц Д.В. Воробьева (1953)

Вид	ЭЦГ	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	B5	C1	C2	C3	C4	C5	D1	D2	D3	D4	D5
тысячелистник	Md	3					3	5				3	5					2			
борец	Nm														5						
сныть	Nm											1	5	5	1		1	5	5	1	
полевица собачья	Wt	4	5					5	4					4							
живучка	Nm											1	4	5	3		1	4	5	3	
манжетка	Md												5	5	5						
дудник	Md								1			1	5	5	5	1		5	5	5	
душистый колосок	Md							4	4				4	4	1				1	1	
купырь	Nm											3	5	5	3		3		5	3	
репейник	Md																	4	4		
полынь	Pn		4				5	4				5	4								
копытень	Nm											5	5	5	5		5	5	5	1	
вейник лесной, вейник речной	Br						2	5	2	2		2	5	5	2	2					
вейник луговой, вейник ползучий	Pn	5	5	2			5	5	2			5	5	2							
вейник болотный	Wt																		2	5	
вереск	Pn	3	5	5			3	4	4					2							
калужница	Wt																				
осока болотная	Wt																				

[illegible]

[illegible]

[illegible]

**CLASSIFICATION OF FOREST SITES BY THE VOROBYEV-POGREBNIYAK'S SPECIES
INDICATOR TABLES: DATABASE AND EXPERIENCE OF ANALYSIS OF FOREST
INVENTORY DATA**

L.G. Khanina

Institute of Mathematical Problems of Biology RAS - the Branch of Keldysh Institute of Applied

Mathematics of Russian Academy of Sciences

Prof. Vitkevich st., 1, Puschino, Russia, 142290

E-mail: khanina.larisa@gmail.com

Received 20 November 2019

Vorobjev's indicator tables of plant species were updated according to the modern nomenclature of plant species. The Vorobjev's tables are used to determine the types of forest conditions (forest sites) (FS) according to the Krudener-Alekseev-Pogrebnyak system in the Russian forest inventory. Prof. Ludmila Zaugolnova developed a database according to these tables in the early 1990s. An analysis of 898 indicator species by type and subtype of the edaphic grid (with accounting of ecological-coenotic groups of species) showed a very high proportion of species of relatively rich habitats among the indicator plants (subtype C, 78%). The expected high representation of piny species in subtype A, boreal species in subtype B and nemoral species in subtype C turned out to be biased in the Vorobjev's tables toward richer (and often wetter) habitats. An algorithm has been developed for the formal calculation of FS by the composition of plant species dominated the ground layer of forest stands. The algorithm was tested on the data of forest inventory of 1981 in the Prioksko-Terrasny Biosphere Reserve. In 77% of cases, the FS values calculated from the lists of dominant species coincided with the FS values marked in the forest inventory data, but in 62% of cases the calculated estimates did not have a single value. In general, formal processing allows revealing inconsistencies of FS values and lists of species dominated the ground layer, if such inconsistencies exist. The proposed algorithm and the developed database can be used to determine FS according to the Pogrebnyak's system and the list of dominants in the ground layer as well as for independent verification of expert assessments of FS contained in forest inventory data.

Key words: *forest inventory, forest taxation, edaphic grid, Krudener-Alekseev-Pogrebnyak system, forest site conditions, indicator tables, plant species, ecological-coenotic groups*

Рецензент: профессор, д.б.н. Чертов О.Г.