

УДК 581.9

## СРАВНИТЕЛЬНОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ ПО ДРЕВЕСНЫМ РАСТЕНИЯМ И НАЗЕМНЫМ ПОЗВОНОЧНЫМ

© 2015 г. Ю. С. Равкин<sup>1,2</sup>, И. Н. Богомолова<sup>1</sup>, С. М. Цыбулин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Институт систематики и экологии животных СО РАН  
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 11*

<sup>2</sup> *Томский государственный университет  
634050, Томск, просп. Ленина, 36*

E-mail: zm@eco.nsc.ru, i3335907@mail.ru, zmc@eco.nsc.ru

Поступила в редакцию 22.03.2015 г.

По данным, заимствованным из базы «Биодат», по ареалам 536 видов древесных растений с помощью кластерного анализа выполнено районирование Северной Евразии. Выделено три региона, которые разделены на подобласти, провинции и округа. Граница между Юго-Западным и Северо-Восточным регионами проходит диагонально с северо-запада на юго-восток от Финского залива Балтийского моря до Алтая. Это обусловлено незавершенным послеледниковым восстановлением ареалов широколиственных древесных пород и современными различиями в гидротермическом режиме. Показано значительное сходство этой границы с проведенной в результате аналогичного анализа ареалов наземных позвоночных. Последняя проходит севернее – от Кольского п-ова до оз. Байкал. Оценки связи изменчивости сообществ с отдельными факторами среды сходны, но обычно по наземным позвоночным они несколько выше. Это подтверждают оценки связи с региональностью, которые меньше отличаются по фауне, чем по флоре. Объяснение неоднородности совокупности древесных растений сочетаниями факторов среды (природными режимами), напротив, несколько полнее, чем по наземным позвоночным, хотя итоговые оценки по обобщенным представлениям примерно одинаковы.

**Ключевые слова:** *районирование, древесные, кластерный анализ, факторы, корреляция, Северная Евразия.*

DOI: 10.15372/SJFS2015\*\*\*\*

Цель проведенного анализа – не столько в районировании части территории Северной Евразии (в границах СССР 1991 г.) по совокупности деревьев, кустарников и кустарничков, сколько в подготовке к работе по единому флоро-фаунистическому районированию, для которого сначала должны быть получены представления о специфике и сходстве флористической и фаунистической неоднородности отдельных групп растений и животных.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сведения об ареалах 536 видов древесных растений взяты из базы данных «Биодат» (Ю. М. Макеева, <http://www.biodat.ru>).

Методы и подходы, использованные при подготовке статьи, изложены ранее (Блинова, Равкин, 2008; Равкин, Ливанов, 2008; Равкин и др., 2010а, б, 2013, 2014; Ravkin et al., 2010а, b, 2013). Они сводятся к следующему. Картографические материалы по встречаемости видов древесных растений на 597 участках указанной базы данных переводят в табличную ноль-единичную форму (вид встречен на участке – 1, нет – 0). Затем для каждой пары участков рассчитываются коэффициенты сходства Жаккара (Jaccard, 1902). На основе полученной матрицы проведен кластерный анализ по программе факторной классификации (Трофимов, Равкин, 1980).

Использованный алгоритм кластерного анализа объединяет классифицируемые объекты в незаданное число групп таким образом, чтобы учитываемая ими дисперсия матрицы коэффициентов сходства была максимальной. Снятие дисперсии осуществляли вычитанием среднего значения внутрикласовых связей из коэффициентов сходства проб, вошедших в каждый класс, и прибавлением среднего значения межклассового сходства ко всем межклассовым коэффициентам. Для расчета иерархии таксонов использована информация об очередности проявления таксона (шаге) при разделении совокупности участков по их флоре, а также о представительности таксонов. Полученная иерархическая классификация представлена четырьмя таксономическими уровнями:

1. Регионы – территории, выделенные в результате повторной агрегации по сходству кластеров первого разбиения.

2. Подобласти – территории, выделенные при первом делении на кластеры.

3. Провинции – территории, выделенные в результате повторного деления флоры подобластей.

4. Округа – территории, выделенные в результате повторного деления флоры провинций.

Кластеры, представленные одним или двумя участками, отнесены к окружающим их или к соседствующим с ними на карте представительным группам. Таких кластеров три, они включают четыре участка.

Таким образом, для получения иерархической классификации представительные кластеры первого разбиения дважды разделены с помощью той же программы. Результаты первого из дополнительных разделений считали уровнем провинции, а их деление – уровнем округа. На матрице межкластерного сходства результатов деления на подобласти с помощью той же программы проведено их дополнительное агрегирование. Результат его принят в качестве деления на регионы. Это фактически другой слой классификации. Так, если представить матрицу коэффициентов сходства как рельеф местности, то результаты первых двух делений отражают поверхностные отличия, а повторной агрегации – подстилающих, погребенных слоев. Их видно только

после снятия сильных отличий. Объединение этих двух слоев классификации лишь внешне соответствует иерархическому отображению, поскольку ранг региона отражает слабое, но более общее сходство, а второй уровень (подобласти) – сильное, но при частном его проявлении. Деление на регионы отражает изменение флоры в рядах отличий подобно геоботаническим сериям. Они состоят из мало похожих, но сопряженных групп, сменяющих друг друга в пространстве. Сходство подобластей внутри каждого ряда выше, чем между подобластями разных рядов, хотя эти различия могут быть и незначительными.

Граф сходства построен методом корреляционных плед (Терентьев, 1959). На уровне подобластей он иллюстрирует основные тренды изменчивости совокупности древесных растений по выявленным при анализе факторам среды.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

### Районирование по древесным растениям

На территории Северной Евразии выделено три флористических региона: Северный, Северо-Восточный и Юго-Западный. Регионы, в свою очередь, разделены на восемь подобластей. Названия их отражают зонально-подзональную принадлежность преобладающего числа участков, вошедших в подобласть. Количество участков по подзонам указано в конце описания каждой подобласти. Так, Лесопустынно-степная подобласть Юго-Западного региона на 68 % состоит из степных, полупустынных и пустынных участков, но образующий ее ряд начинается с участков лесной и лесостепной зон (24 и 13 %). Часть подобластей разделена на провинции, а некоторые – и на округа. На рис. 1 дифференциация показана до уровня провинции.

#### Северный регион

1. Полярно-пустынная островная подобласть (Земля Франца-Иосифа, по материалам базы данных «Биодат», древесных растений нет; полярно-пустынных участков – 2).

2. Северная редколесно-тундровая материково-островная подобласть (лидирующие виды, доля по встречаемости, %: ивы – копьевидная *Salix hastata* L., лохматая *S. lanata*

та L., прилистниковая *S. stipulifera* Flod. ex Hayren, сизая *S. glauca* L., тарайская *S. livida* Wahlenb. – по 6; общее число видов 63/17<sup>1</sup>; участки: тундровые – 52, редколесные – 21, северотаежные – 7, полярно-пустынные – 5).

#### Провинции

2.1 – новоземельская (березы – карликовая *Betula nana* L., извилистая *B. tortuosa* Ledeb. и Кузмищева *B. x kusmisscheffii* (Regel) Sukaczev, ивы – сизая и копьевидная по 10; 10/10; арктические тундровые – 2);

2.2 – североземельско-врангелевская (ивы – копьевидная и лохматая по 13, грушанколистная *Salix pyrolifolia* Ledeb. и ползучая *S. reptans* Rupr. по 12 и сизая 11; 10/8; полярно-пустынные – 5);

2.3 – кольско-таймырская (ольха кустарниковая *Alnus fruticosa* Rupr., ивы – сизая, копьевидная, лохматая и тарайская по 5; 49/21; тундровые – 27, редколесные – 10, северотаежные – 7);

2.4 – таймырско-певекская (ивы – копьевидная, колымская *Salix kolymensis* Seemen, лохматая, тарайская и черничная *S. myrtilloides* L. по 6; 39/15; тундровые – 23, редколесные – 11).

#### Северо-Восточный регион

3. Срединная редколесно-таежная (с лесостепными и степными сообществами) подбласть (ивы – шерстистопобеговая *Salix dasyclados* Wimm., тарайская, корзиночная *S. viminalis* L., сизая и пятитычиночная *S. pentandra* L. по 2; 162/50; таежные (равнинные и горные) – 127, редколесные – 55, степные – 18, лесостепные – 3, подтаежные – 2).

#### Провинции

3.1 – карельско-ангарская (осина обыкновенная *Populus tremula* L., ивы – шерстистопобеговая, сизая, лапландская *Salix lapponum* L. и тарайская по 2; 81/41; таежные – 68, редколесные – 3, лесостепные – 5, подтаежные и степные – по 1).

#### Округа

3.1.1 – северо-восточный<sup>2</sup> (ольха кустарниковая, береза пушистая *Betula pubescens* Ehrh., можжевельник обыкновенный *Juniperus communis* L., сосна обыкновенная *Pinus sylvestris* L., осина обыкновенная по 2; 57/40; редколесные и северотаежные – по 3, средне- и южно-таежные – 8 и 4, степные – 1);

3.1.2 – северо-западный (березы – карликовая и пушистая, можжевельник обыкновенный, осина обыкновенная, ива северная *Salix borealis* (Fr.) Nasarow по 3; 59/39; северо- и среднетаежные – 14 и 10);

3.1.3 – срединный (березы – низкая *Betula humilis* Schrank и пушистая, можжевельник обыкновенный, сосны – сибирская *Pinus sibirica* Du Tour or (Loudon) Mayr и обыкновенная по 2; 59/44; таежные – 22, подтаежные – 1, лесостепные – 3);

3.1.4 – юго-западный (ольха – черная *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. и серая *Al. incana* (L.) Moench., березы – низкая, карликовая и повислая *Betula verrucosa* Ehrh. по 2; 57/42; среднетаежные – 7, лесостепные – 2).

3.2 – ишимско-бирюсинская (ольха – кустарниковая и пушистая *Alnus hirsuta* Turcz. ex Rupr., береза тощая *Betula exilis* Sukacz., ивы – козья *Salix caprea* L. и корзиночная по 2; 88/55; редколесные – 33, северо- и среднетаежные – 2 и 24, горно-таежные – 14).

#### Округа

3.2.1 – восточный (ольха – кустарниковая и пушистая, береза тощая, можжевельник обыкновенный, сосна сибирская по 2; 62/47; среднетаежные – 6, горно-таежные – 4);

3.2.2 – западный (ольха – кустарниковая и пушистая, береза тощая, ивы – коротконожковая *Salix brachypoda* (Trautv. & C.A. Mey.) Kom. и козья по 2; 85/56; редколесные – 33, горно-таежные – 10, северо- и среднетаежные – 2 и 18).

3.3 – тунгусско-колымская (боярышник кроваво-красный *Crataegus sanguinea* Pall.,

<sup>1</sup> Далее эти показатели приведены без наименования; при равенстве значений встречаемости лидеры перечислены в алфавитном порядке. Лидирующие (первые пять по встречаемости) виды не идентичны характерным (дифференцирующим). Характерные виды в данном случае выделять нецелесообразно, поскольку классификация составлена по коэффициентам сходства, т. е. по отношению числа общих видов к сумме видов, специфичных для каждого из двух сравниваемых участков, и числа общих видов. С этим связано сходство состава лидеров и объединение участков в таксоны, отличие которых определяет число участков, занятых второстепенными видами.

<sup>2</sup> Названия округов фактически состоят из указания местоположения в пределах провинции (например, северо-восточный округ карельско-ангарской провинции). Пронумерованы округа с севера на юг, поэтому иногда восточные таксоны имеют меньший номер, чем западные. Вся информация об округах, как менее надежная, набрана петитом.



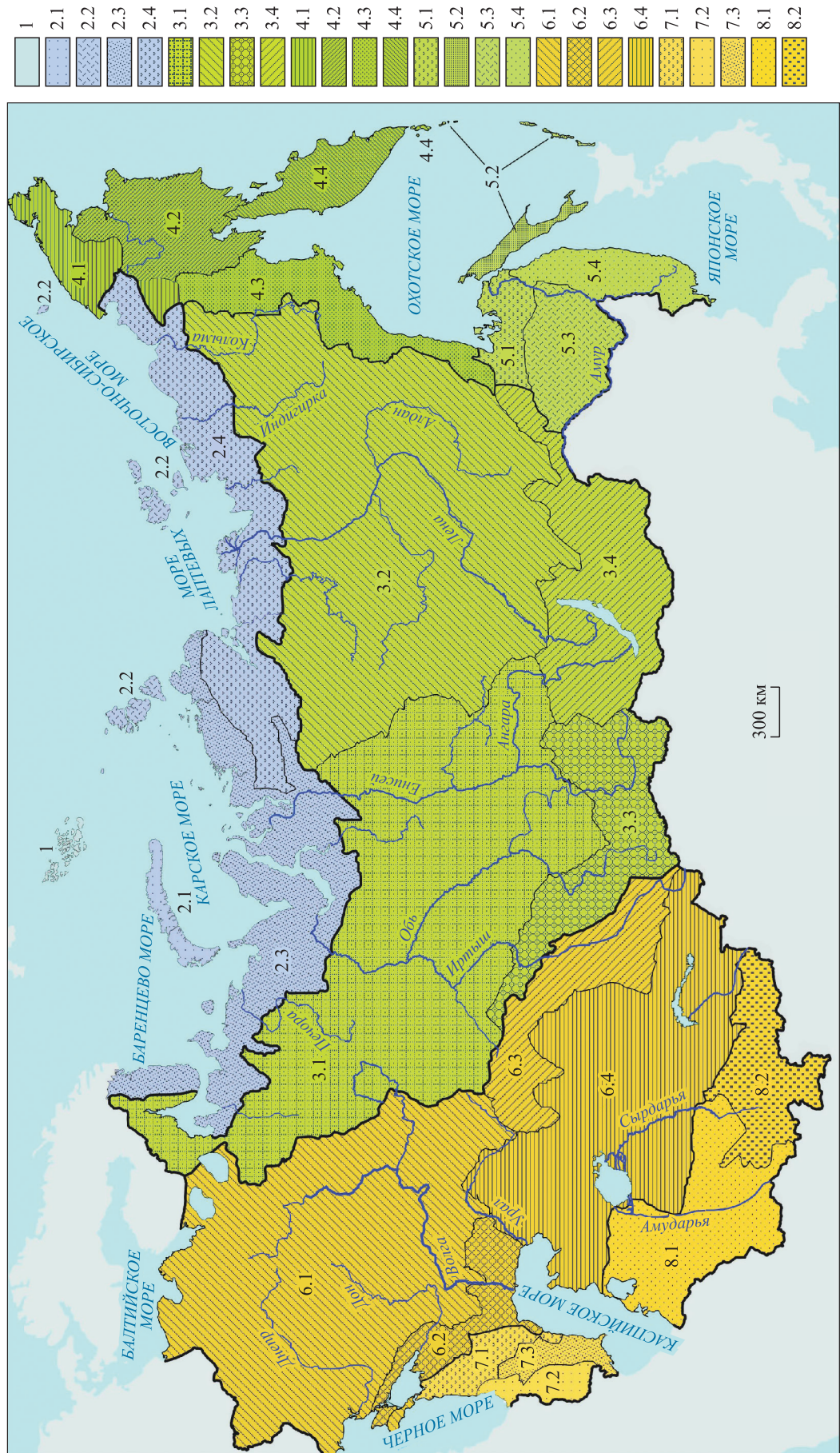


Рис. 1. Районирование Северной Евразии по флоре древесных растений.

крушина ольховидная *Frangula alnus* Mill., можжевельник казацкий *Juniperus sabina* L., тополь лавролистный *Populus laurifolia* Ledeb., осина обыкновенная по 2; 80/42; горно-таежные – 6, степные – 11, лесостепные – 1).

#### Округа

3.3.1 – западный (пихта сибирская *Abies sibirica* Ledeb., ольха кустарниковая, боярышник кроваво-красный, крушина ольховидная, можжевельник по 2; 70/48; горно-таежные – 5, степные – 4, лесостепные – 1);

3.3.2 – восточный (березы – низкая и повислая, боярышник кроваво-красный, крушина ольховидная, можжевельник казацкий по 3; 52/35; степные – 7, горно-таежные – 1).

3.4 – прибайкальско-зейская (ольха кустарниковая, береза тощая, боярышник даурский *Crataegus dahurica* Koehne ex C.K. Schneid., сосны – сибирская и обыкновенная по 1; 116/70; горно-таежные – 11, средне- и южно-таежные – 4 и 7, степные – 6).

#### Округа

3.4.1 – западный (пихта сибирская, ольха кустарниковая, барбарис сибирский *Berberis sibirica* Pall., береза тощая, боярышник даурский по 1; 79/67; горно-таежные – 4, средне- и южно-таежные – 1 и 2);

3.4.2 – восточный (ольха – кустарниковая, пушистая и сибирская *Alnus sibirica* (Spach) Turcz. ex Kom., береза тощая, боярышник даурский по 1; 100/71; горно-, средне- и южно-таежные – 7, 3 и 5, степные – 6).

4. Северо-Восточная притихоокеанская редколесно-тундровая подобласть (ива копьевидная, береза тощая, ивы – шерстистопобеговая, тарайская и буреющая *Salix fuscescens* Andersson по 3; 91/35; тундровые – 22, редколесные – 16, горно- и среднетаежные – по 2).

#### Провинции

4.1 – чукотская (ольха камчатская *Alnus kamtschatica* (Callier) Komar., береза тощая, рододендрон камчатский *Rhododendron camtschaticum* Pall., ивы – шерстистопобеговая и копьевидная по 5; 35/20; тундровые – 5, редколесные – 1);

4.2 – корякская (можжевельник сибирский *Juniperus sibirica* Burgsd., лиственница даурская *Larix dahurica* Turcz. ex Trautv., камчатская ольха и рододендрон камчатский, кедровый стланик *Pinus pumila* (Pall.) Regel по 3; 50/35; тундровые – 11, редколесные – 3);

4.3 – колымско-шантарская (ольха пушистая, березы – тощая и Миддендорфа *Betula middendorffii* Trautv. et C. A. Mey., кедровый стланик, тополь душистый *Populus suaveolens* Fisch. по 2; 75/43; редколесные – 8, горно-таежные – 2).

4.4 – камчатская (ольха – пушистая и камчатская, березы – каменная *Betula ermanii* Cham. и Миддендорфа, рододендрон камчатский по 3; 43/36; тундровые – 6, редколесные – 4, среднетаежные – 2).

5. Приамурско-Курильская таежно-лесостепная подобласть (береза каменная, ясень маньчжурский *Fraxinus mandshurica* Rupr., тополь душистый, осина обыкновенная, ива козья по 1; 157/73; южно-таежные – 20, средне- и подтаежные – по 7, широколиственно-лесные и лесостепные – 2 и 13).

#### Провинции

5.1 – удская (клены – Гиннала *Acer ginnala* Maxim., мелколистный *A. mono* Maxim. и желтый *A. ukurunduense* Tmutv. et Mey., ольха маньчжурская *Alnus mandshurica* (Callier) Hand.-Mazz., аралия маньчжурская *Aralia mandshurica* Rupr. et Maxim. Seem. по 2; 81/56; средне- и южно-таежные – 7 и 2);

5.2 – сахалинско-курильская (береза каменная, ольха – пушистая, камчатская и Максимо-вича *Alnus maximowiczii* Callier., аралия сердцевидная *Aralia cordata* Thunb. по 2; 62/44; средне- и южно-таежные – 2 и 5);

5.3 – приамурская (клены – Гиннала, мелколистный, зеленокорый *Acer tegmentosum* Maxim. и желтый, ольха кустарниковая по 1; 88/77; южно- и подтаежные – 7 и 5);

5.4 – приморская (пихта почкочешуйная *Abies nephrolepis* Maxim., клены – Гиннала, Комарова *Acer komarovii* Pojark., мелколистный и зеленокорый по 0.9; 118/107; южно- и подтаежные – 5 и 2, широколиственно-лесные – 2).

#### Юго-Западный регион

6. Лесопустынно-степная (с полупустынными и лесостепными сообществами) подобласть (крушина ольховидная, ивы – белая *Salix alba* L., тарайская, пяти- и трехтычиночные *S. triandra* L. по 2; 186/40; степные – 57, полупустынные и пустынные – 28 и 33, средне- и южно-таежные – 2 и 9; подтаежные и широколиственно-лесные – 17 и 14, лесостепные – 13).



## Провинции

6.1 – балтийско-волжская (клен ясенелистный *Acer negundo* L., ольха черная, крушина ольховидная, осина обыкновенная, ива белая по 2; 115/51; степные – 30, лесостепные – 13, широколиственно- и подтаежно-лесные 14 и 17, южно- и среднетаежные – 9 и 2, полупустынные – 2).

## Округа

6.1.1 – северо-западный (клен ясенелистный, ольха черная, береза повислая, крушина ольховидная, осина обыкновенная по 2; 86/49; средне- и южно-таежные – 2 и 9, подтаежные и широколиственно-лесные – 15 и 11, лесостепные и степные – 12 и 4);

6.1.2 – юго-западный (клен ясенелистный, ольха черная, крушина ольховидная, ясени – высокий *Fraxinus excelsior* L. и ланцетолистный *Fr. lanceolata* Borkh. по 2; 100/55; степные – 26, подтаежные и широколиственно-лесные – 2 и 3, лесостепные – 1, полупустынные – 2).

6.2 – азовско-каспийская (клёны – полевой *Acer campestre* L. и ясенелистный, крушина ольховидная, ясень ланцетолистный, яблоня ранняя *Malus praecox* (Pall.) Borkh. по 2; 103/47; степные – 7, полупустынные – 6, пустынные – 2);

6.3 – урало-иртышская (крушина ольховидная, тополь белый *Populus alba* L., осина обыкновенная, ивы – белая и серая *Salix cinerea* L. по 4; 45/27; степные – 13);

6.4 – арало-балхашская (крушина ольховидная, ивы – остролистная *Salix acutifolia* Willd., белая, каспийская *Salix caspica* Pall. и тарайская по 4; 76/25; пустынные – 31, полупустынные – 20, степные – 7; лесостепные – 1).

7. Кавказская горно-лесная (с полупустынными и степными сообществами) подобласть (клёны – полевой, ясенелистный, платановидный *Acer platanoides* L. и сахарный *A. saccharinum* Marshall, граб *Carpinus betulus* L. по 1; 224/104; горно-лесные – 11, широколиственно-лесные – 2, степные и полупустынные – 6 и 3).

## Провинции

7.1 – предкавказская (клёны – полевой, ясенелистный, платановидный, сахарный и татарский *Acer tataricum* L. по 1; 141/81; степные – 6, горно-лесные – 2);

7.2 – кавказская (клёны – полевой, ясенелистный, платановидный, сахарный, айлант высочайший *Ailanthus altissima* (Mill.) по 0.8; 197/128; горно-лесные – 4, широколиственно-лесные и полупустынные – по 1);

7.3 – закавказская (клёны – полевой, светлый *Acer laetum* C. A. Mey., ясенелистный, платановидный и сахарный по 0.9; 154/107; горно- и широколиственно-лесные – 5 и 1, полупустынные – 2).

8. Среднеазиатская пустынно-горно-степная (с полупустынными сообществами) подобласть (шелковицы – белая *Morus alba* L. и черная *M. nigra* L., ивы – остролистная, белая и вавилонская *Salix babylonica* L. по 3; 120/34; пустынные – 18, горно-степные – 13, полупустынные – 6).

## Провинции

8.1 – туркменская (белая и черная шелковицы, тополь сизолистный *Populus pruinosa* Schrenk, остролистная и белая ивы по 4; 59/24; пустынные – 16, полупустынные – 2, горно-степные – 3);

8.2 – таджикско-киргизская (белая и черная шелковицы, тополь белый, остролистная и белая ивы по 2; 102/46; горно-степные – 10, полупустынные – 4, пустынные – 2).

Судя по приведенной классификации, полного совпадения границ зон, подзон и выделенных флористических подобластей и прочих таксонов нет. По-видимому, это связано с распространением древесных растений далеко за пределы характерных для них зонально-подзональных подразделений. Кроме того, сказываются различия в подходах: зоны и подзоны выделены по доминированию характерных видов и облику растительности, а при проведенном нами флористическом районировании – только по коэффициентам сходства. Естественно, влияет и степень идеализации. Так, в Северную редколесно-тундровую подобласть нами включены преимущественно тундровые и предтундрово-редколесные участки, хотя есть и полярно-пустынные, и северотаежные (6 и 8 %). В Среднюю редколесно-таежную подобласть вошли в основном участки номинальных подзон (89 %), а остальная часть представлена подтаежными, лесостепными и степными участками. Северная редколесно-тундровая подобласть на 88 % состоит из редколесных и тундровых участков и лишь на 10 % – из горно- и среднетаежных. В Приамурско-Курильской таежно-лесостепной подобласти 86 % приходится на долю средне-, южно- и подтаежных участков, а также широколиственно-лесных, а лесостепных – всего 14 %. В Лесопустынно-степной подобласти,

как уже сказано, степными, полупустынными и пустынными участками в общей сложности занято 79 %, а отнесенными к лесным подзонам – остальная часть. Кавказская подобласть на 62 % составлена горно-лесными участками, а 38 % приходится на степные и полупустынные. Среднеазиатская подобласть на 100 % состоит из номинальных горно-степных и пустынных подразделений, хотя далеко не все такие участки отнесены к этой подобласти.

Таким образом, в названии таксонов повсеместно отражено преобладание тех или иных участков. На их долю приходится от 62 до 100 % (в среднем 80 %). Подобласти обычно включают участки 2–3 соседних зон или подзон.

### **Пространственная структура и организация неоднородности флоры древесных растений**

Пространственную изменчивость сходства таксонов в ранге подобласти, выделенных в результате классификации, отображает структурный граф, построенный по матрице среднеподобластных коэффициентов Жаккара (рис. 2). Основной вертикальный тренд совпадает с увеличением теплообеспеченности и уменьшением влагообеспеченности по направлению с севера на юг, иллюстрируя постепенную смену древесных растений от полярных пустынь Земли Франца-Иосифа, где деревья, кустарники и кустарнички, по сведениям из «Биодата», отсутствуют, через тундры, редколесья и леса – к степям и пустыням. Горизонтальный ряд демонстрирует провинциальные изменения с запада на восток в пределах срединных температурных территорий.

В большинстве подобластей (2–4, 6) лидируют по встречаемости ивы, в Лесопустынно-степной к ним добавляется крушина ольховидная, в Северо-Восточной притихоокеанской – береза тощая. Своеобразны наборы лидирующих видов в Кавказской и Среднеазиатской подобластях Юго-Западного региона, а также в Приамурско-Курильской подобласти Северо-Восточного региона. В первой из них это клены, во второй – шелковицы (белая и

черная) и остролистная ива, в третьей – береза каменная, ясень маньчжурский и тополь душистый.

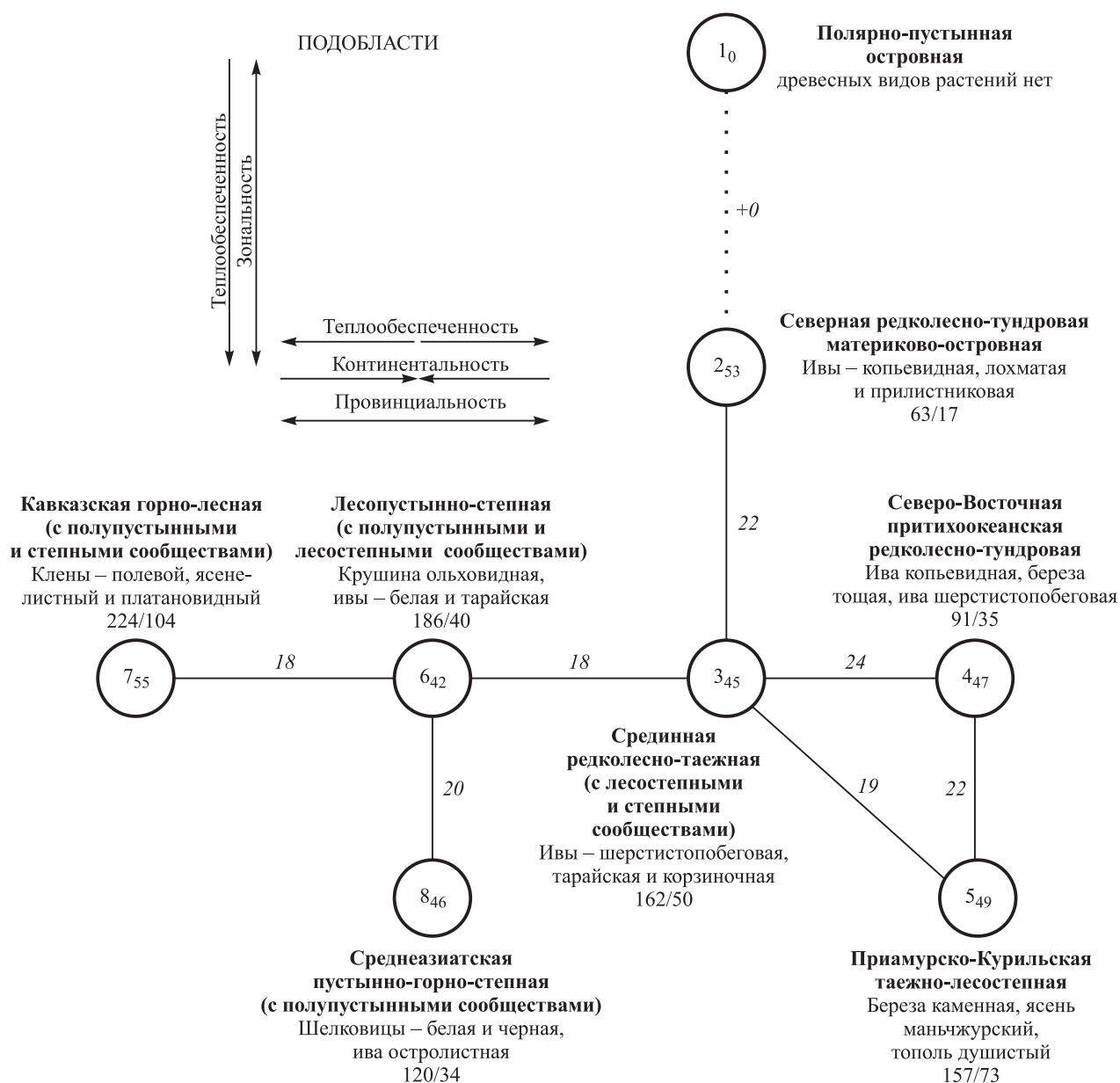
Судя по графу, общее число и суммарная встречаемость видов уменьшаются к северу и югу от срединных таксонов, а также с запада на восток, за исключением Срединной подобласти, где суммарная встречаемость видов несколько выше, чем в Северо-Восточной притихоокеанской. Очевидно, это связано со значительно большей площадью Срединной подобласти. Направленных изменений сходства совокупности древесных растений не прослежено ни между подобластями, ни внутри них.

Информативность иерархической классификации и структурного графа, сила связи с факторами среды, а также с их сочетаниями (природными режимами) оценены по доле учитываемой ими дисперсии матрицы коэффициентов сходства. При этом использованы алгоритм и программа линейной качественной аппроксимации матриц связи по выделенным грациям (Равкин, Куперштох, Трофимов, 1978). Этот метод представляет собой качественный аналог регрессионной модели и позволяет количественно сопоставить классификации, положенные в основу районирования нашими предшественниками, а также полноту объяснения неоднородности различными флористическими и фаунистическими построениями.

Наиболее велика сила связи между неоднородностью территории Северной Евразии по древесным растениям и теплообеспеченностью (совместная оценка сходства по зональности, провинциальности и высотной поясности – 54 % дисперсии – см. таблицу). Индивидуальная связь с зональностью и провинциальностью почти на 20 % меньше. Влияние инсулярности (островного эффекта) и высотной поясности невелико в силу того, что существенно отличающиеся по древесным растениям острова и высокогорья занимают незначительную площадь.

Несколько меньшие оценки дает аппроксимация матриц сходства результатами районирования: флористического<sup>3</sup>, биогеогра-

<sup>3</sup> Публикаций по флористическому районированию достаточно много, однако мы ограничились сопоставлением с только самой первой в этом плане работой (Флора СССР, 1934). Наша статья носит в основном пробный методический и методологический характер и предназначена для использования при дальнейшем районировании. Поэтому мы оставляем сопоставление с результатами, полученными нашими предшественниками, на то время, когда нами будет рассмотрена вся совокупность сосудистых растений.



**Рис. 2.** Пространственно-типологическая структура флоры древесных растений Северной Евразии на уровне подобласти.

Внутри значков приведены номера таксонов классификации и в виде подстрочного индекса показана величина внутригруппового сходства. Линии между значками означают существенное сверхпороговое сходство. Рядом с этими линиями обозначена величина межгруппового сходства. Возле значков помимо названий подобластей приведены три видовых названия лидирующих по встречаемости древесных растений, общее число зарегистрированных видов и их суммарная встречаемость. Стрелки вдоль перечня основных структурообразующих факторов среды указывают направление увеличения их влияния и флористические тренды.

фического ((Udvardy, 1975) с уточнением А. Г. Воронова и В. В. Кучерука (1977)), а также климатического и природно-географического (Атлас СССР, 1983). Все перечисленные варианты районирования по сравнению с предлагаемым нами учитывают примерно в 1.5–2.5 раза меньшую часть дисперсии матрицы коэффициентов сходства состава древесных растений Северной Евразии. Лесора-

стительное районирование (Курнаев, 1973) на уровне провинции аппроксимирует матрицу коэффициентов сходства по древесным растениям на вдвое меньшую долю.

Диагональное смещение границ природных зон и подзон в соответствии с аналогичным изменением климата, в частности январских изотерм, прослежено давно (см. обзор С. Ф. Курнаева (1973)). Значительное



**Оценка связи факторов среды с неоднородностью флоры древесных растений Северной Евразии**

Фактор, режим	Учтенная дисперсия, %
Теплообеспеченность (зональность + провинциальность + поясность)	54
Региональность	38
Зональность	36
Провинциальность	35
Инсулярность	2
Высотная поясность	0.7
<b>Все факторы</b>	<b>55</b>
Режимы:	
классификационные	66
структурные	58
<b>Все режимы</b>	<b>73</b>
<b>Все факторы и режимы</b>	<b>80</b>
<b>Районирование:</b>	
флористическое	40
биогеографическое	36
климатическое	32
физико-географическое	28

отклонение от зонально-подзональных границ распространения птиц и возможность диагонального разделения лесной зоны по этому признаку хорошо видны на карте Б. К. Штегмана (1938). Однако он, столкнувшись с существенным взаимопроникновением по территории выделенных им типов фауны, отказался от районирования и объяснял эти различия расселением птиц из гипотетических центров происхождения или ледниковых рефугиумов. Мы объясняем дифферентность (разный угол наклона диагональных границ по отношению к зональным) в основном степенью послеледникового восстановления ареалов и сходством в интегральном современном влиянии теплообеспеченности с продвижением к северу и внутрь материка от морей и океанов, т. е. сочетанием влияния зональности и континентальности (провинциальности). Следует отметить несколько большее сходство внутри регионов – Юго-Западного и Северо-Восточного и меньшее – между ними. Наряду с результатами повторной агрегации это показывает, что регионы больше соответствуют провинциальному, а не зональному сходству.

Итак, при районировании Северной Евразии по древесным растениям и наземным позвоночным выделено по три региона, но границы их не совпадают. Так, по древесным

растениям самая северо-восточная часть отнесена к Северо-Восточному региону, а по наземным позвоночным – к Северному, причем в притихоокеанской части этот регион узкой полосой проникает на юг, вплоть до Камчатки. Это связано с весьма специфичным распространением пресмыкающихся, северная граница встречаемости которых, в отличие от остальных классов наземных позвоночных, существенно смещена к юго-западу (Равкин и др., 2010а, 2015).

Западная граница Северо-Восточного региона по древесным растениям проведена со значительным смещением к юго-востоку, что приводит к отделению не только южной части Северной Евразии, но и северо-западной и к объединению их в единый Юго-Западный регион. Соответственно диагональная граница по древесным растениям идет от Финского залива до Алтая, в то время как по наземным позвоночным – от Кольского п-ова до Байкала. При этом по растениям это региональная граница, а по животным она имеет подобластной ранг.

Основная причина выявленных различий связана с отличиями в способности к расселению. У животных оно проходит активно, а у растений пассивно, и потому у отдельных групп и видов в целом медленнее. Кроме того, несомненно, сказывается бóльшая пластичность наземных позвоночных вследствие теплокровности. Дополнительные возможности расселения к северу и востоку обеспечивают сезонные миграции, в первую очередь у птиц и некоторых млекопитающих, которые научились использовать северные территории в летний период, улетаая или откочевывая зимой к югу в более комфортные области. Хотя общая тенденция изменчивости в направлении юг–север для рассматриваемых представителей флоры и фауны однозначна.

Оценки связи изменчивости сообществ с отдельными факторами среды сходны, но обычно по наземным позвоночным они несколько выше, за исключением провинциальности (35 и 19 % дисперсии). Это свидетельствует о более четкой реакции животных на различия в среде. Исключение по провинциальности связано с бóльшим совпадением с принятыми грациями ее по растениям и физико-географическим провинциям (Европейской, Западно- и Восточно-Сибирской).

Это подтверждают оценки связи с региональностью (делением на регионы), которые меньше отличаются по фауне и флоре (29 и 38 %). По провинциальности максимальные и минимальные значения различаются в 1.8 раза, а по региональности – в 1.3.

Режимное объяснение неоднородности флоры, напротив, несколько полнее, чем по фауне (73 и 64 %), хотя итоговая оценка по обобщенным представлениям примерно одинакова (80 и 81 % дисперсии). Доля дисперсии соответствующих матриц сходства, учитываемая биогеографическим и климатическим районированием, несколько больше по фауне, а физико-географическим, напротив, меньше. Это, скорее всего, обусловлено значительной субъективностью проведения границ разными авторами.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Территорию Северной Евразии по древесным растениям и позвоночным животным с помощью формализованных методов классификации можно разделить на три широтные полосы. Однако границы их по указанным группам растений и животных не совпадают как между собой, так и с природным зонально-подзональным разделением. Для позвоночных более значимы отличия во влагообеспеченности, для древесных растений – в теплообеспеченности как современной, так и гляциального периода.

В связи с этим по позвоночным обособление северной полосы связано с дефицитом тепла, южной – с недостатком влаги. Срединная (температная) полоса в целом оптимальнее по этим условиям среды. По древесным растениям отличия северной полосы аналогичны, а южнее расположенная территория разделена диагонально с северо-запада на юго-восток от Финского залива до Алтая. По позвоночным диагональные отличия менее значимы, они прослежены в ранге подобласти. Граница между ними проведена севернее – от Северной Балтики почти до Байкала. Диагональность разделения в обоих случаях связана с интегральным влиянием зональных и провинциальных отличий в гидротермическом режиме.

Оценки связи отличий представителей флоры и фауны в рассмотренных вариантах с отдельными факторами среды и их сочетани-

ем сходны. Полнота объяснения выявленными по результатам классификации факторами среды и их сочетаниями (природными режимами) сравнительно велика (80 и 81 % дисперсии матрицы коэффициентов сходства).

*Исследования, послужившие основой для настоящей статьи, выполнены по программе ФНИ государственных академий наук на 2013–2020 гг., проект № VI.51.1.8. Авторы искренне признательны Н. Б. Ермакову, А. Ю. Королюку и В. П. Седельникову за конструктивную критику статьи при ее подготовке и С. В. Чесноковой за помощь при составлении карты.*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Атлас СССР. М.: ГУГК, 1983. 260 с.
- Блинова Т. К., Равкин Ю. С. Орнитофаунистическое районирование Северной Евразии // Сиб. экол. журн. 2008. Т. 15. № 1. С. 101–121.
- Воронов А. Г., Кучерук В. В. Биотическое разнообразие Палеарктики: проблемы изучения и охраны // Биосферные заповедники: тр. I советск.-амер. симп. СССР, 5–17 мая 1976 г. Л.: Гидрометеиздат, 1977. С. 7–20.
- Курнаев С. Ф. Лесорастительное районирование СССР. М.: Наука, 1973. 203 с.
- Равкин Ю. С., Ливанов С. Г. Факторная зоогеография. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 2008. 205 с.
- Равкин Ю. С., Богомолова И. Н., Чеснокова С. В. Районирование Северной Евразии раздельно по фауне амфибий и рептилий // Сиб. экол. журн. 2010а. Т. 17. № 5. С. 773–780.
- Равкин Ю. С., Богомолова И. Н., Юдкин В. А. Герпетофаунистическое районирование Северной Евразии // Сиб. экол. журн. 2010б. Т. 17. № 1. С. 87–103.
- Равкин Ю. С., Богомолова И. Н., Николаева О. Н. Териофаунистическое районирование Северной Евразии // Сиб. экол. журн. 2013. Т. 20. № 1. С. 111–121.
- Равкин Ю. С., Богомолова И. Н., Николаева О. Н., Железнова Т. К. Районирование Северной Евразии по фауне наземных позвоночных и классификация их по сходству распространения // Сиб. экол. журн. 2014. Т. 21. № 2. С. 163–181.

- Равкин Ю. С., Богомолова И. Н., Цыбулин С. М.* Фаунистическое районирование Северной Евразии // Изв. РАН. Сер. геогр. 2015. № 3. С. 29–40.
- Равкин Ю. С., Куперштох В. Л., Трофимов В. А.* Пространственная организация населения птиц // Птицы лесной зоны Приобья / Ю. С. Равкин. Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1978. С. 253–269.
- Терентьев П. В.* Метод корреляционных плеяд // Вестн. ЛГУ. Биология. 1959. № 9. С. 137–141.
- Трофимов В. А., Равкин Ю. С.* Экспресс-метод оценки связи пространственной неоднородности животного населения и факторов среды // Количественные методы в экологии. Л., 1980. С. 113–115.
- Флора СССР. М.; Л., 1934. Т. 1. 302 с.
- Штегман Б. К.* Основы орнитогеографического деления Палеарктики. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938 (Фауна СССР. Птицы). Т. 1. Вып. 2. 158 с.
- Jaccard P.* Lois de distribution florale dans la zone alpine // Bull. Soc. Vaud. Sci. Nat. 1902. V. 38. P. 69–130.
- Ravkin Yu. S., Bogomolova I. N., Chesnokova S. V.* Amphibian and reptile biogeographic regions of Northern Eurasia, Mapped Separately // Contemp. Probl. Ecol. 2010a. V. 3. N. 5. P. 562–571.
- Ravkin Yu. S., Bogomolova I. N., Nikolaeva O. N.* The theriofaunistic zoning of Northern Eurasia // Contemp. Probl. Ecol. 2013. V. 6. N. 1. P. 85–93.
- Ravkin Yu. S., Bogomolova I. N., Yudkin V. A.* Herpetofaunistic zonation of Northern Eurasia // Contemp. Probl. Ecol. 2010b. V. 3. N. 1. P. 63–75.
- Udvardy M. D. F.* A Classification of the Biogeographic Provinces of the World // Occasional № 18 Int. Union for Conservation of Nature. Morges. Switzerland, 1975. P. 1–48.



## Comparative Regionalization of Northern Eurasia by Woody Plants and Ground Vertebrates

Yu. S. Ravkin<sup>1,2</sup>, I. N. Bogomolova<sup>1</sup>, S. M. Tsybulin<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Institute of Animal Systematics and Ecology, Russian Academy Sciences, Siberian Branch  
Frunze Str., 11, Novosibirsk, 630091 Russian Federation*

<sup>2</sup> *Tomsk State University*

*Lenin Avenue, 36, Tomsk, 634050 Russian Federation*

E-mail: zm@eco.nsc.ru, i3335907@mail.ru, zmc@eco.nsc.ru

According to the data borrowed from the Biodat base on areas of 536 species of wood plants by means of one of methods of the cluster analysis floristic classification is made and division into districts of Northern Eurasia is executed. Three regions that, in turn, are divided into provinces and districts, are as a result allocated. The border between Southwest and Northeast regions passes diagonally from the northwest on the southeast from the Gulf of Finland of the Baltic Sea to Altai. Such arrangement of border is caused by incomplete postglacial restoration of areas of broad-leaved tree species and modern distinctions in the hydrothermal mode. Considerable similarity of this border with carried out earlier as a result of the similar analysis of fauna of vertebrate animals though on land vertebrata it runs North – from the Kola Peninsula to Baikal is shown. Estimates of communication of variability of communities with various factors of the environment are similar, but usually on land vertebrata they are slightly higher, except for provinciality (35 and 19 % of dispersion). It testifies to more accurate reaction of animals to distinctions in the environment. The exception on provinciality is connected with more coincidence to its accepted gradation on plants (The European, West and East Siberian provinces). It is confirmed by estimates of communication with regionality – division into groups of provinces (regions) that differ on fauna and flora (29 and 38 %) less. The regime explanation of heterogeneity of flora, on the contrary, is slightly fuller, than on fauna (73 and 64 %) though the total assessment on general concepts is approximately identical (80 and 81 % of dispersion).

**Keywords:** *regionalization, flora, trees, shrubs, cluster analysis, factors, correlation, Palearctic, Northern Eurasia.*

**How to cite:** *Ravkin Yu. S.<sup>1,2</sup>, Bogomolova I. N.<sup>1</sup>, Tsybulin S. M.<sup>1</sup> Comparative regionalization of Northern Eurasia by woody plants and ground vertebrates // *Sibirskij Lesnoj Zurnal* (Siberian Journal of Forest Science). 2015. N. 5: 42–53 (in Russian with English abstract).*

### Перечень терминов для перевода

Встречаемость	occurrence
факторы среды	environmental factors
районирование	regionalization
иерархическая классификация	hierarchical classification
толерантность	tolerance
теплообеспеченность	heat supply
континентальность	continental
кластерный анализ	cluster analysis
природная зона	natural area
природные режимы	natural modes or regimes
коэффициент множественной корреляции	coefficient of multiple correlation