

**УДК 581.9 (571.6)**

## **СРАВНЕНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ФЛОР ВЕРХОЯНСКОГО ХРЕБТА С ПРИМЕНЕНИЕМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА**

**Е.Г. Николин  
М.М. Черосов**

*Институт биологических  
проблем криолитозоны СО РАН,  
677980, г. Якутск, пр. Ленина, 41*

*e-mail: enikolin@yandex.ru  
cherosov@mail.ru*

Впервые проведена работа по изучению региональных флор Верхоянского хребта с применением ряда методик математической статистики, в частности, кластерного анализа. Дан анализ сходства и различия крупных региональных флор, проведен кластерный анализ на уровне флористических, долго-широтных областей, парциальных флор высотных поясов и долинного комплекса.

Ключевые слова: Верхоянский хребет, долго-широтные области, парциальные флоры.

### **Введение**

Верхоянский хребет (Вх) - горное образование, расположенное в правобережье рек Лена и Алдан, образующее западную границу обширной Яно-Колымской области Северо-Восточной Азии. До относительно недавнего времени целостное представление о флоре рассматриваемой горной системы отсутствовало. Сведения по флоре его отдельных территорий можно было получить из большого количества работ, из которых можно выделить работы Б.А. Юрцева (1959, 1968), Б.А. Тихомирова и др. (1966), В.Б. Куваева (2006), В.В. Петровского, Н.А. Секретаревой (2010) и др. За последние годы составу флоры Вх и некоторым вопросам ее пространственного распределения были посвящены ряд наших публикаций (Николин, 1991, 2009 а,б и др.). В результате этих работ составлен конспект флоры Вх, который насчитывает 900 видов и внутривидовых таксонов, объединенных в 78 семейств и 276 родов. Территория Верхоянского хребта подразделена нами с юга на север на 4 долго-широтные флористические области: Восточное (ВВ), Центральное (ЦВ), Западное (ЗВ) и Северное Верхоянье (СВ).

### **Объекты и методы исследования**

Объектом исследования является флора долго-широтных, высотных поясов и комплекса долинной растительности Верхоянского хребта. Методом исследования были кластерный анализ выбранных объектов исследования в программе Statistica 6.0. Данный метод для флоры Вх применяется впервые.

### **Результаты и их обсуждение**

Кластерный анализ флор Верхоянского хребта в программе Statistica 6.0 на уровне видовых таксонов показал (рис.1), что «бореальные» флоры (ВВ, ЦВ и ЗВ) резко отличаются от обособленной (с дистанцией евклида 21,5) «арктической» флоры (СВ). В кластере «бореальных» флор выделяется флора ВВ, которая отличается от флор ЦВ и ЗВ, которые имеют самое малое расстояние между кластерами (дистанция евклида 14,5), т.е. максимально схожи.

Во многом этот анализ базируется на ключевых отличиях флор выделенных областей. Наибольшим разнообразием выделяется флора ВВ (690 видов, 77% от всей флоры ВХ) (табл.1). К северу, в пределах бореальных областей, наблюдается устойчивое снижение богатства флоры. Затем, в тундровой зоне, наблюдается увеличение численности видов,

превышающий прилежащую к СВ бореальную область ЗВ (542 вида, 60% от всех флоры ВХ). Значительная часть видов - 254 видов (28 % флоры Вх), представленных 125 родами, распространена по всему Вх. Другая группа видов встречается только в одной или нескольких областях горной системы. Число таксонов, встречающихся лишь в одной из областей, показано в таблице 2. В определенном смысле они характеризуют специфичность флоры этих территорий. Из приведенных здесь данных видно, что наиболее своеобразной флорой обладают две области - ВВ и СВ, имеющие относительно небольшой количественный разрыв. В четыре раза уступает им ЦВ и в девять-десять раз - ЗВ. При этом разница между показателями специфичности флор ЦВ и ЗВ не столь значительна, как между флорами других областей.

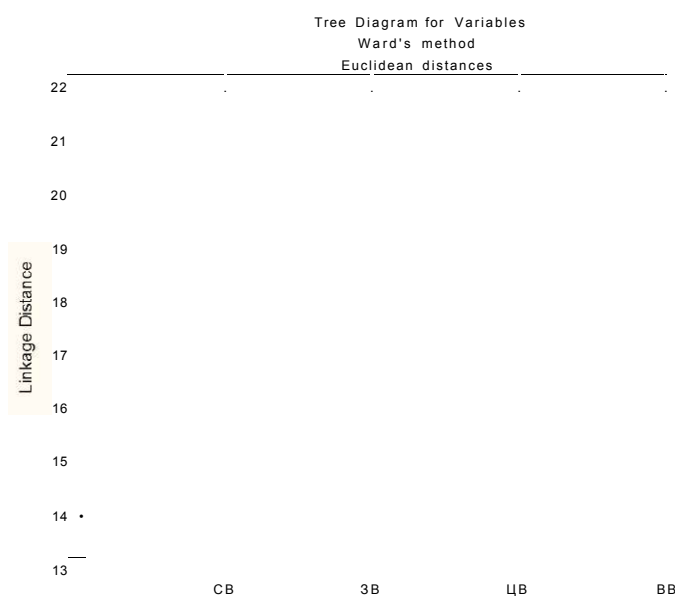


Рис. 1. Кластерная группировка флоры долготно-широтных областей Верхоянского хребта на уровне видовых таксонов

Таблица 1

**Таксономический состав флористических областей Верхоянского хребта (абсолютные значения)**

Таксоны	Области Вх			
	ВВ	ЦВ	ЗВ	СВ
Семейство	71(91)	69(89)	63(81)	61(78)
Род	238(86)	203(74)	171(62)	189(69)
Вид	690(77)	557(62)	452(50)	542(60)

Примечание: Здесь и в таблице 3, в скобках указан процент (%) от общего состава флоры Вх.

Таблица 2

**Специфичность флоры долготно-широтных областей Верхоянского хребта (абсолютные значения)**

Таксоны	Области Вх			
	ВВ	ЦВ	ЗВ	СВ
Семейство	4	2	2	2
Род	31	7	3	19
Вид	135	29	13	117

Флоры кластера центральнобореальных областей - ЦВ и ЗВ характеризуется следующими признаками:

Центральное Верхоянье - наиболее континентальная область, которая существенно удалена как от влияния Тихого, так и от Северного Ледовитого океанов. Отличается высокой обеспеченностью теплом, на фоне пониженной влажности. Соответственно, растительность долин здесь отличается повышенным биоразнообразием, тундровая растительность в верхней части склонов хорошо выражена, довольно широко в ней распространены элементы остепненных сообществ. Верхняя граница распространения древесной растительности снижается. Роль древовидных берез в сложении лесного пояса становится незначительной, повышается участие сообществ кедрового стланика.

Западное Верхоянье находится, хотя и под удаленным, но значительным влиянием воздушных масс Северного Ледовитого Океана. Показатели температурного режима здесь резко снижаются. Наряду с этим благодаря влиянию арктического бассейна здесь поддерживается относительная влажность воздуха на уровне, близком к ВВ, а обеспеченность осадками выше, чем в СВ. Долинная растительность здесь несущественно отличается от предыдущей области (ЦВ), а смешанные с елью леса проникают в горы на значительно меньшие высоты. Остепнение ценофлоры тундровой растительности проявляется в меньшей степени. Верхняя граница распространения древесной растительности продолжают снижаться, а пояс подгольцовых кустарников редуцируется.

Обособленная флора бореальных областей Восточного Верхоянья отличается тем, что находится под определенным влиянием тихоокеанских воздушных масс. В силу климатических особенностей, проявляющихся в повышенной обеспеченности теплом и влажности, эта область выделяется наиболее развитой долинной растительностью, относительно слабым развитием высокогорных тундровых сообществ, более высокими границами распространения древесной и кустарниковой растительности, массовым, хотя и подчиненным, участием в сложении лесного пояса древовидных берез.

Самое обособленное положение занимает флора Северного Верхоянья, которая уже может называться «арктической» флорой. Она находится под влиянием холодных арктических воздушных масс, характеризующиеся минимальным запасом тепла и высокой влажностью воздуха, превышающей значения всех бореальных областей ВХ, что возмещает растениям относительно небольшое выпадение осадков. Здесь, на фоне массового распространения тундровых сообществ, редуцируется древесно-кустарниковая растительность. Причем среди тундровых фитоценозов преобладают типы среднеувлажненных и влажных рядов.

Эти вышеуказанные ботанико-географические отличия флор областей Вх и были отражены проведенным кластерным анализом.

Кроме территориального разграничения, флора Вх хорошо подразделяется на 5 парциальных единиц достаточно высокого ранга хорошо обособленных высотных поясов - лесного (ЛП), подгольцово-кустарникового (ПГКП), тундрового (ТП), эпилитно-лишайникового (ПЭЛС) и комплекса долинной растительности (ДК).

Лесной пояс (ЛП) представлен лиственничными лесами, редколесьями и рединами, березовыми и осиновыми лесами, ерниками, узкими полосами ивняков и альпинотипных лугов, поднимающихся по долинам горных ручьев, фрагментами зарослей кедрового стланика, эпилитно-лишайниковых сообществ, болот, тундр, остепненной и водной растительности.

В подгольцово-кустарниковом поясе (ПГКП) господствующими типами растительности являются заросли кедрового стланика, березки Миддендорфа и ольховники, могут встречаться ограниченные фрагменты лиственничных редин и редколесий, ивняков, тундр, сфагновых болот, эпилитно-лишайниковых сообществ.

В тундровом поясе (ТП) господствуют тощевые, кустарничковые, травяные и лишайниковые тундры, осоковые и пушицевые болота, фрагменты нивальных и альпинотипных лугов, эпилитно-лишайниковых сообществ.

Пояс эпилитно-лишайниковых сообществ (ПЭЛС) представлен господством листоватых и накипных лишайников с участием мхов рода *Thuidium*, *Racomitrium*,

*Schistidium* и др., которые покрывают каменные осыпи и скалы. Среди каменных осыпей ограниченное распространение могут иметь фрагменты горных тундр.

Комплекс долинной растительности (ДК) приурочен к хорошо разработанным долинам горных рек и крупных ручьев, а также к горным седловинам. Здесь хорошо развиты лиственничные, тополевые, чозениевые, еловые и смешанные леса, ивняки, ерники, луга, болота, приналедная и водная растительность, может встречаться петрофитная растительность, заросли кедрового стланика, фрагменты тундр и др.

Нами также был проведен кластерный анализ флор вышеуказанных высотных поясов и сообществ долинного комплекса. В таблицах 3 и 4 приведены данные по таксономической структуре изучаемых флор.

По величине евклидовой дистанции обособляются три кластера (рис.2). На наиболее высоком уровне, близком к евклидовой дистанции 27, в отдельный кластер выделяется флора ДК. При величине дистанции евклида близком к 21, разграничиваются две пары флор: 1) наиболее богатые и самобытные ЛП и ТП и 2) наиболее обедненные и малообособленные ПГКП и ПЭЛС.

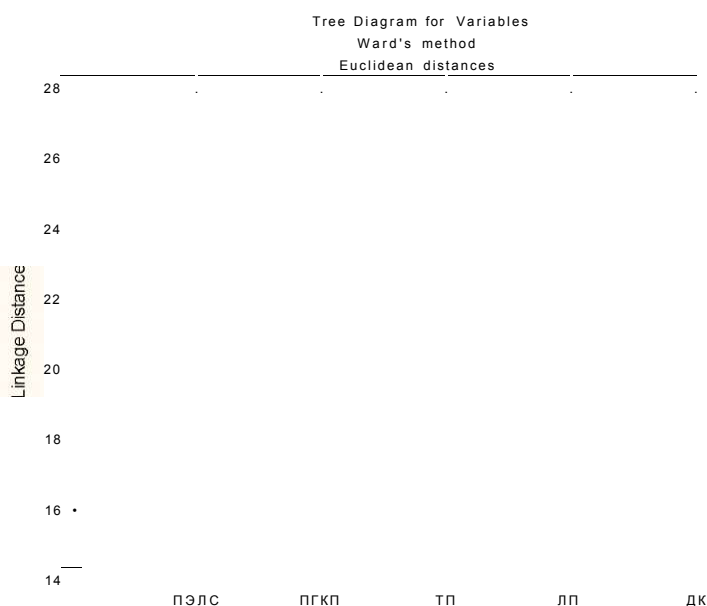


Рис. 2. Кластерная группировка парциальных флор Верхоянского хребта

Таксономическая структура парциальных флор высотных поясов и ДК показана в таблице 3. Из приведенных здесь данных видно, ботаническое разнообразие ДК значительно превышает все склоновые парциальные флоры. На склонах гор богатство флор закономерно снижается с повышением поясность. Но снижение этого разнообразия происходит не последовательно пояс за поясом, а ступенчато - с «провалом» численности в ПГКП и последующим повышением ее в ТП, хотя и уступающим ЛП. Здесь просматривается некоторая аналогия изменений таксономического состава с долготно-широтными областями Вх, если принять за аналог ДК - ВВ, ЛП-ЦВ, ПГКП-ЗВ и ТП-СВ. Почти по всему вертикальному профилю, от ДК, до ТП, встречаются 159 видов (97 родов), из них 15 видов заходят в ПЭЛС. Количество таксонов, отмеченных только в одной из парциальных флор, приведено в таблице 4. Из приведенных в таблице данных видно, что специфичность флоры ДК значительно превосходит высотные пояса. Среди поясов растительности, выделяются ТП и ЛП. Не обособлена флора ПЭЛС и практически малоспецифична флора ПГКП.

Таблица 3

**Таксономическое разнообразие высотных поясов и комплекса долинной растительности Верхоянского хребта**

Таксоны	ДК и высотные пояса				
	ДК	ЛП	ПГКП	ТП	ПЭЛС
Семейство	72(92)	63(81)	49(63)	50(64)	13(17)
Род	257(93)	186(67)	122(44)	147(53)	34(12)
Вид	749(83)	485(54)	247(27)	451(50)	53(6)

Таблица 4

**Специфичность флоры высотных поясов Верхоянского хребта и долинного комплекса растительности**

Таксоны	Высотные пояса и ДК				
	ДК	ЛП	ПГКП	ТП	ПЭЛС
Семейство	12	1	0	1	0
Род	67	4	0	1	0
Вид	116	17	2	29	0

После анализа флор по областям и крупным фитоценоотическим подразделениям интересно было проследить кластерное распределение парциальных флор в пределах каждой долготно-широтной области Вх. Их количественные видовые показатели приведены в таблице 5. Всего в анализе были подвержены 19 парциальных флор из 20 возможных (ПГКП не выделяется в СВ).

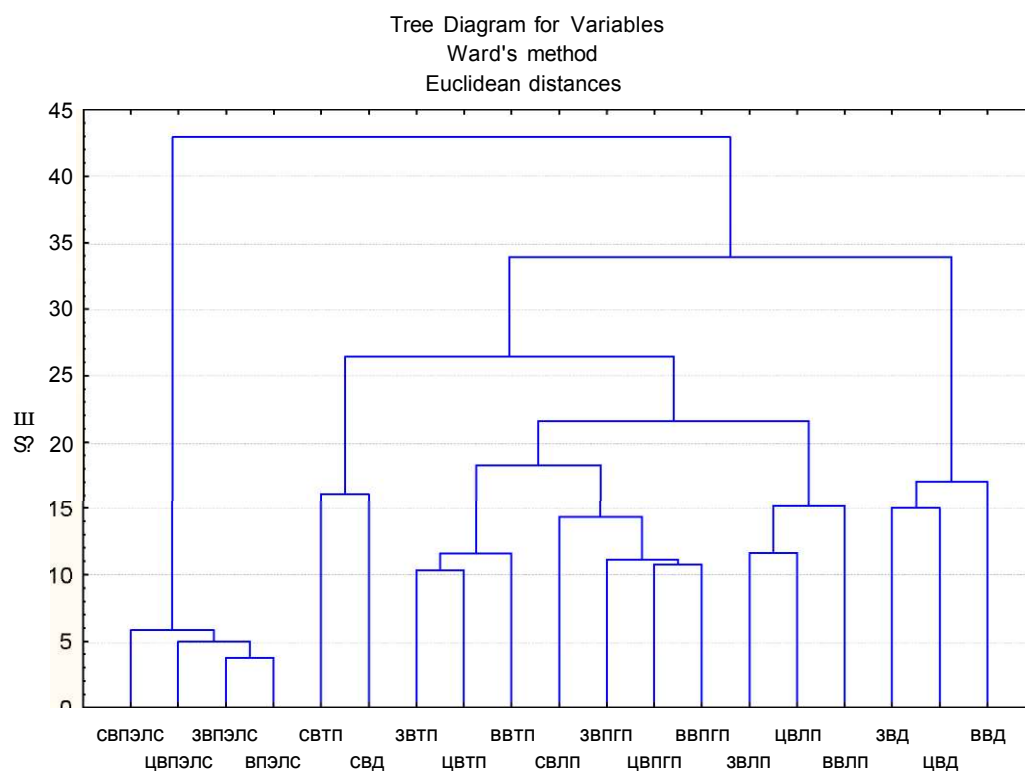


Рис. 3. Кластерная группировка парциальных флор долинного комплекса растительности и высотных поясов в долготно-широтных областях Верхоянского хребта. Первые 2 буквы обозначают соответствующую область Вх, последующие - высотные пояса (см. выше) и долинный комплекс (Д)

Как видно на рисунке 3, сравниваемые флоры разделяются на 6 кластеров. С наиболее высоким показателем дистанции евклида, близким к 43, выделяются флоры ПЭЛС всех четырех областей Вх, что является следствием их обедненного состава. Среди этого кластера максимальной обособленностью выделяются флоры ПЭЛС СВ и ЦВ. Отдельную пару, при значении близком к 4, образуют флоры ПЭЛС ВВ и ЗВ.

С дистанцией евклида 34, от остальных единиц обособляется группа флор ДК бореальных областей (ВВ, ЦВ и ЗВ). Из них более обособленной является ДК ВВ, тогда, как ДК ЦВ и ЗВ объединены в одну группу.

На уровне 26,5 отходят две ключевые флоры СВ - ДК и ТП, разграниченные между собой показателем 16,5. В СВ, где видов меньше, кластер объединен по зональному принципу.

С показателем евклидовой дистанции 22 выделяется группа из 3 бореальных флор ЛП. Среди них выделяется флора ЛП ВВ, а флоры ЛП ЦВ и ЗВ объединяются в одну группу.

Две последние сборные группы разделяются на уровне евклидовой дистанции 18. Более крупная из них, состоящая из 4 парциальных флор, объединяет ПГКП бореальных флор и ЛП СВ. В данном случае ЛП СВ замещает собой редуцировавшийся еще в ЗВ ПГКП и в этой связи объединение ЛП СВ с ПГКП бореальных областей вполне закономерно.

ВВ и ЦВ ПГКП объединены в один кластер со значением близким к 11. На показателе 11,5 от них отделяется ЗВ ПГКП, отличающаяся минимальным разнообразием.

Последний анализируемый кластер образует группа флор ТП бореальных областей. В этой категории одним кластером объединена территориальная пара - ЗВ и ЦВ (дистанция евклида 10). Более отделена от них флора ТП ВВ (12), состав которой сближается с горными тундрами Охотского нагорья.

### Заключение

Завершая обзор можно отметить, что рассмотренные парциальные флоры высотных поясов и долинных комплексов вполне закономерно объединяются по территориальному признаку в группы бореальных и арктических кластеров. Своеобразны коренные флоры Северного Верхоянья - долинный комплекс и тундровый пояс. Вследствие минимальной численности пояс эпилитно-лишайниковых сообществ всех четырех областей обособляются в отдельный кластер. Лесной пояс Северного Верхоянья имеет высокое сходство с подгольцово-кустарниковым поясом бореальных областей. Восточное Верхоянье выделяется от остальных по флоре долинного комплекса, лесного, тундрового поясов бореальных областей, Западное Верхоянье своеобразно флорой подгольцово-кустарникового пояса, а Центральное Верхоянье по флоре пояса эпилитно-лишайниковых сообществ.

Таблица 5 во многом объясняет такое «поведение» флор в кластерном анализе.

Таблица 5

#### Видовое распределение флоры долинного комплекса и высотных поясов по долготно-широтным областям Верхоянского хребта

Области	Высотные пояса и ДК				
	ДК	ЛП	ПГКП	ТП	ПЭЛС
ВВ	523	396	197	233	22
ЦВ	441	298	182	247	27
ЗВ	315	262	73	179	7
СВ	439	143	0	369	30

### Список литературы

1. Куваев В.Б. Флора субарктических гор Евразии и высотное распределение ее видов. - М., 2006. 568 с.
2. Петровский В.В., Секретарева НА. К флоре горной части Усть-Ленского заповедника и сопредельных территорий (Республика Саха) // Бот. журн., 2010. - Т.95, № 10. - С. 1396-1421.
3. Николин Е.Г. Флора и растительный покров Центрального Верхоянья. Автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. биол. наук. - Новосибирск, 1991. - 14 с.
4. Николин Е.Г. Общие закономерности высотно-широтного распределения флоры Верхоянского хребта // Почвы и растительный мир горных территорий. - М., 2009а. - С. 235-239.
5. Николин Е.Г. Таксономические спектры флоры Верхоянского хребта // Ботанические исследования на Урале: материалы регион. с междунар. участием науч. конф., посвящ. памяти П.Л. Горчаковского. - Пермь, 2009. - С. 250-255.
6. Тихомиров Б.А., Петровский В.В., Юрцев Б.А. Флора окрестностей бухты Тикси (Арктическая Якутия) // Растительность Крайнего Севера СССР и ее освоение. Вып. 6. - М.-Л.: Наука, 1966. - С. 7 - 39.
7. Юрцев Б.А. Высокогорная флора г. Сокуйда и её место в ряду горных флор Арктической Якутии // Бот. журн. 1959. - Т. 44. - № 8. - С. 1171-1189.
8. Юрцев Б.А. Флора Сунтар-Хаята. - Л., 1968. 236 с.

## COMPARISON OF REGIONAL FLORAS OF THE VERKHUYANSK RANGE USING THE CLUSTER ANALYSIS

**E.G. Nikolin**

**M.M. Cherosov**

*Institute for Biological Problems of Cryolithosphere  
SB RAS, 41 Lenin Ave.,  
Yakutsk, 677000*

*E-mail: enikolin@rambler.ru  
cherosov@mail.ru*

For the first time the study of the Verkhoyansk Range's regional floras has been conducted with the use of methods of mathematical statistics, particularly, the cluster analysis. The analysis of similarity and difference of large regional floras has been made at the level of floristic regions, longitude-latitude regions, partial floras of altitudinal belts and valley complexes.

Key words: Verkhoyansk Range, longitude-latitude regions, partial flora.