

ОПЫТ ФЛОРИСТИЧЕСКОГО РАЙОНИРОВАНИЯ ТАЙМЫРСКОГО А.О. С ПРИМЕНЕНИЕМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА.

Поспелова Е.Б.

г. Москва, географический факультет МГУ, parnassia@mail.ru

В последние годы методы кластерного анализа все шире применяются в геоботанике и сравнительной флористике, в частности, при флористическом районировании. Для целей статического (по видовому составу) конвергентного районирования наиболее корректно применение связывания видовых спектров по методу Уорда (Малышев, 1999), который и был взят нами за основу. Материалом для анализа послужили списки 118 локальных флор (ЛФ), опубликованные или полученные нами в ходе 20-летних работ на территории Таймыра и прилегающих с юга горных районов Анабарского и Котуйского плато (Поспелова, Поспелов, 2007). Дендрограммы строились в программе STATISTICA и модуле для MS EXCEL GRAPHS 1-46 (Новаковский, 2004).

Во флоре западного и восточного секторов территории имеются очевидные различия, обусловленные неоднородностью ее физико-географических условий и историческими причинами — в течение четвертичного периода она претерпела значительные трансформации, связанные с оледенениями и морскими трансгрессиями. Западный сектор находится в области атлантического влияния и имеет относительно более мягкий климат, в то время, как гористые внутренние и восточные районы попадают в область континентального влияния сибирского антициклона. В периоды оледенений, соответствующих осушению части шельфа, происходил интенсивный флористический обмен между районами северо-восточной Азии и восточной частью Таймыра, которая, по мнению многих авторов, не подвергалась оледенениям и в трактовке Б.А. Юрцева является наиболее западной частью Мегаберингии. Благодаря этому происходило насыщение флоры восточного Таймыра восточноазиатскими и восточноазиатско-американскими видами. Флора западной части Таймыра, относящейся к бассейнам Енисея и Пясины, испытала уже в послеледниковое время мощный поток миграции южных, бореальных видов по долинам этих рек, особенно Енисея, некоторые из которых (*Cortusa matthioli* s. l., *Campanula rotundifolia*, *Cardamine macrophylla*, *Cnidium cnidiifolium*, *Galium densiflorum*, *Alopecurus pratensis* и др.) сейчас дальше проникли в тундровую зону дальше, чем на востоке.

На первом этапе мы попытались уточнить генеральную границу между западным и восточным секторами территории на основе сравнительного анализа ЛФ по соотношению долготных групп видов. Для этого для каждой ЛФ было рассчитано соотношение (K_d) между «западными» видами, ареалы которых захватывают европейский сектор Арктики (за исключением циркумполярных) и «восточными» видами, ареалы которых не проникают западнее долины р. Енисей (восточноазиатские, восточноазиатско-американские, среднесибирские). Его значения колеблются от < 1 , что свойственно подавляющему большинству горных ЛФ восточного сектора, до $K_d > 3$, которое отмечается для ЛФ крайнего запада (побережье Енисея и Енисейского залива, горные ЛФ запада Путорана). По результатам анализа достаточно четко выделяются «западные» ЛФ со значениями $K_d > 2$ и «восточные», для которых это значение равно, соответственно, < 2 . Тем не менее, между областью распространения тех или иных ЛФ имеется некая переходная зона, в которой встречаются ЛФ с промежуточными значениями K_d , 1,5—2, но крайних значений здесь нет. В пределах разных широтных выделов распределение значений K_d несколько различается.

Следующим этапом работы было флористическое районирование территории, проведенное с целью уточнения границ и ранга выделенных фитохорий. Оно

базировалось на результатах кластерного анализа и сравнительного анализа региональных флор (РФЛ) как по систематическому составу (видовому, родовому и семейственному), так и по соотношению географических и эколого-ценотических элементов. За ведущие параметры, определяющие границы между выделами, были приняты: а) систематический состав ЛФ и РФЛ на разных таксономических уровнях и б) соотношение в ЛФ и РФЛ доли видов восточной преференции, ареал которых не продвигается западнее бассейна Енисея, и более широко распространенных в западной части Арктики евразийских, евро-западноазиатских и западноазиатских видов, не проникающих, как правило, на восток Таймыра; в) наличие дифференциальных видов, ареал которых в пределах Таймырского а.о. не пересекает границы фитохорий.

Первоначально для выявления основных территориальных выделов была построена дендрограмма, связывающая 90 ЛФ, списки которых можно считать наиболее полными (рис.1). Распределение ЛФ на дендрограмме свидетельствует о том, что преобладающим фактором, влияющим на состав и структуру флоры, является широтно-зональный, поскольку все крупные кластеры соответствуют РФЛ зон и подзон и лишь на уровне подкластеров и кластероидов в пределах этих широтно-зональных выделов выявляются различия между разными долготными секторами.

Одной из первых проблем, с которой мы столкнулись, было проведение границы между флористическими областями. Б.А. Юрцев с соавторами (1978) проводят южную границу Арктической флористической области на Таймыре по северной границе лесотундры, включая в нее и подзону южных тундр. Однако на полученной дендрограмме, ЛФ южных тундр обнаруживают более тесные связи с северотаежными флорами, нежели с типично-тундровыми, входя вместе с первыми в один крупный кластер I. Отсюда следует, что южные тундры Таймыра не относятся к Арктической области в понимании цитируемых авторов, а представляют собой некий флористический экотон между Арктической и Бореальной областями, в большей степени тяготея к последней. Бореализация флоры южных тундр связана как с современными процессами расселения растений по речным долинам, так и с постоянной пульсацией границы лесной растительности на протяжении голоцена, наложившей существенный отпечаток на состав южнотундровой флоры в силе консервативности флоры, как природной системы.

Таким образом, граница между двумя областями по нашим данным проходит севернее, чем это принято в существующей схеме. В Арктической области выделяется Таймырская гипоаркто-арктическая провинция (далее — Северная), Бореальной — Южнотаймырско-Путорано-Анабарская гипоарктическая провинция (далее — Южная), которая простирается несколько южнее изученной нами территории, до южной границы гипоарктического пояса (Юрцев, 1966).

Далее было проведено последовательное связывание ЛФ в пределах провинций, результаты которого не приводятся из-за ограниченного объема текста, что позволило выделить более мелкие фитохории, ранга подпровинций, округов и районов, а в отдельных случаях — элементарных флористических районов (ЭФР) — Толмачев, 1974. При этом выявилась довольно четкая связь выделяемых фитохорий с их принадлежностью к определенным ландшафтными выделами со свойственными им макро- и мезоклиматами, характером рельефа и геологических пород, что наиболее четко проявляется в горных регионах. Поэтому при проведении границ на местности мы руководствовались не только результатами кластеризации, но и ландшафтными картами, составленными на основе натурных исследований и дешифрирования крупномасштабных космических снимков, а также матрицами сходства между ЛФ, построенными с использованием коэффициента сходства Сёренсена-Чекановского.

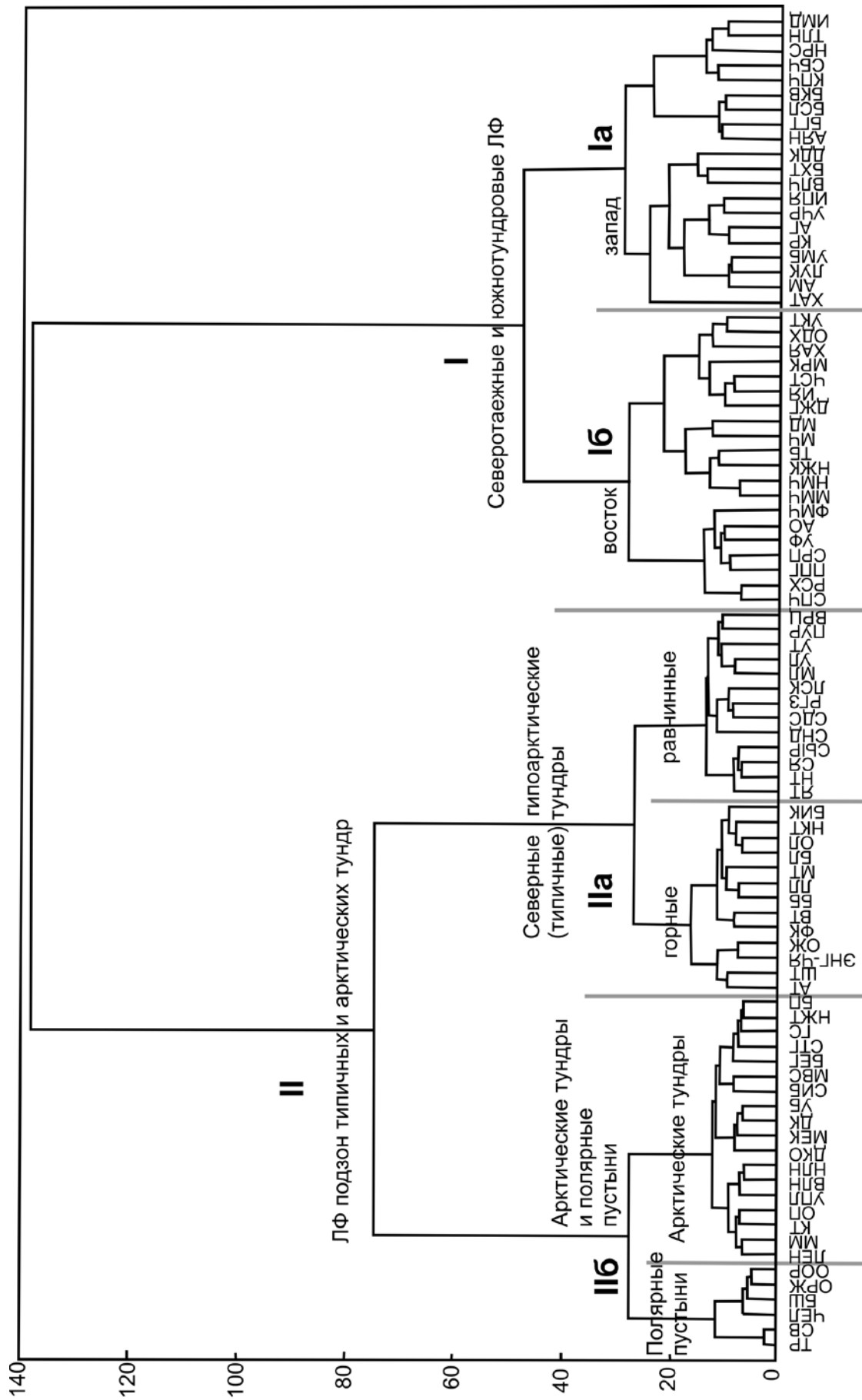


Рис.1. Дендрограмма сходства ЛФ территории по видовому составу

На дендрограмме видно, что в пределах Южной провинции выделяются 2 крупных кластера, соответствующих западному и восточному секторам, которые далее делятся на подкластеры и кластероиды. Значительные флористические различия между РФЛ этих территорий, наличие большого числа дифференциальных видов дают возможность рассматривать западный и восточный сектора в ранге **подпровинций**. Вся совокупность ЛФ Северной провинции тоже делится на 2 крупных кластера, соответствующих РФЛ подзоны типичных тундр, т.е. северной периферии гипоарктического пояса и РФЛ арктического пояса – арктических тундр и полярных пустынь; таким образом, здесь ведущим фактором выступает зональный. Эти крупные, зонально обусловленные фитоценозы следует рассматривать в ранге **округов** в пределах Северной провинции (Юрцев и др., 1978), и уже в их пределах выделять западные и восточные районы, т.е. здесь граница между секторами имеет более низкий порядок.

На основании проведенного анализа в пределах обозначенной территории выделены следующие фитоценозы разного ранга (рис.2):

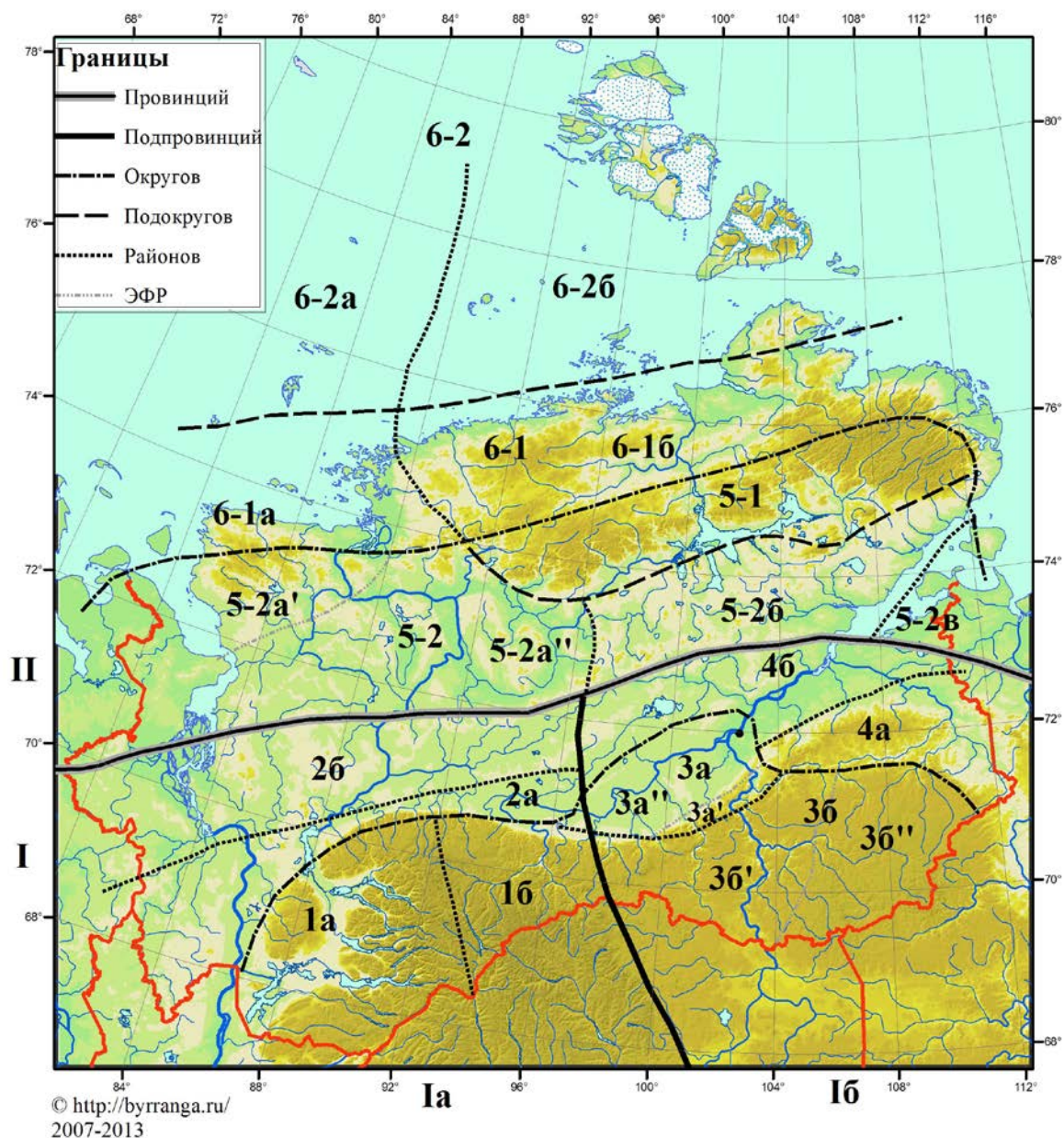


Рис.2. Схема районирования Таймырского а.о. I, II – провинции, Ia, Ib -подпровинции, 1a...6-2б — №№ фитоценозов более низкого ранга

I. Южнотаймырско-Путорано-Анабарская гипоарктическая провинция. 767 видов, из которых 326 дифференциальных, не отмеченных севернее ее границы. Дифференциальных родов – 104, семейств – 23. Эндемики провинции: *Caltha serotina*, *Myosotis pseudovariabilis*, *Plantago canescens* subsp. *tolmatchewii*, субэндемики – *Deschampsia vodopjanoviae*, *Papaver variegatum* – виды с узким среднесибирским ареалом, распространенные по всей провинции и отсутствующие в Северной, или единично заходящие на нее; *Oxytropis czekanowskii*, *O. katangensis*, виды с узким ареалом, частично заходящим на нашу территорию. В РФЛ провинции преобладают виды бореальной фракции, а также виды лесной и лугово-кустарниковой свит.

В пределах провинции выделяются 2 подпровинции:

Ia. Западная (Путорано-Енисейско-Пясинская) южнотундрово-северотаежная. 659 видов, дифференциальных по отношению к восточной – 109 (10 с высокой модальностью), родов – 6, семейств – 2. Эндемики подпровинции – *Artemisia samojedorum*, *Oxytropis katangensis*, *Myosotis pseudovariabilis*. Для РФЛ характерно преобладание видов бореальной фракции над арктической, а также евразийской долготной группы над восточноазиатской.

В пределах западной подпровинции выделяется 2 округа и 4 района:

1) горно-северотаежный Путоранский округ. 510 видов. Почти в равных долях преобладают виды арктической и бореальной широтных фракций, что связано с одинаковым распространением высокогорной тундровой и низкогорно-котловинной лесной растительности. Среди долготных групп, помимо циркумполярной, наиболее многочисленны евразийские виды. Дифференциальное семейство 1, родов – 8, видов – 30 (6 с высокой модальностью). Включает 2 района – 1a) горно-таежный западно-путоранский, с преобладанием в РФЛ бореальных, лугово-лесных и лесных растений; и 1б) горно-тундровый центрально-путоранский, с горно-субарктической флорой, в которой доминируют тундровые и горные виды арктической фракции.

2) юго-западно-Таймырский северотаежно-южнотундровый округ. 553 вида, из них дифференциальных 44, родов 11, семейство 1. Бореальная и арктическая фракции в равных долях. Возрастает по сравнению с Путоранским округом доля видов лугово-кустарниковой свиты и вдвое падает – горной. 2 района: 2a) Дудинско-Волочанский северотаежно-лесотундровый, с резким преобладанием видов бореальной фракции и лугово-кустарниковой свиты; 2б) Енисейско-Пясинский лесотундрово-южнотундровый, где видов арктической фракции вдвое больше, чем бореальной и минимальна доля восточноазиатских видов.

Iб. Восточная (Маймечя-Попигаевская) северотаежно-южнотундровая. 636 видов, из них дифференциальных по отношению к западной – 71 (9 с высокой модальностью), родов – 17, семейств – 4. Эндемики подпровинции – *Plantago canescens* subsp. *tolmatchewii*, *Oxytropis czekanowskii*. Много (48) юго-восточных кодифференциальных видов, распространенных на северо-востоке и юге Сибири, большинство их связано с криофитно-степным комплексом (*Hystrix sibirica*, *Ptilagrostis mongholica*, *Thesium refractum* и др.). Арктическая фракция преобладает над бореальной, а восточноазиатская – над евразийской. Также делится на 2 округа:

3) Анабарско-Котуйский северотаежный. 608 видов. Дифференциальных видов 23 (6 с высокой модальностью), рода – 4, семейств – 2. Виды арктической фракции несколько превосходят бореальные, восточноазиатская группа незначительно преобладает над евразийской. Характерно высокое участие видов степного комплекса (10,4%). Выделено 2 района: 3a) Хетско-Хатангский северотаежный, с двумя ЭФР – горным и равнинным, различающимся по богатству ЛФ и соотношению видов разных географических групп. 3б) Котуйско-Анабарский горно-северотаежный, для РФЛ которого характерно значительное преобладание видов горной свиты, также с двумя

ЭФР – Верхнемаймеча-Котуйканским, где в наибольшей степени сосредоточены виды степного комплекса, и Анабарским, РФЛ которого беднее и имеет ряд негативных особенностей, в частности, полностью отсутствует сем. *Boraginaceae*.

4). Хатангско-Попигайский горнолесотундрово-южнотундровый. 514 видов. Дифференциальных видов 4, все на западном пределе ареала в Субарктике, родов и семейств нет. Арктическая фракция в 2 раза превышает бореальную, процент евразийских и восточноазиатских видов примерно одинаков. Выделено 2 района: 4а) Фомич-Попигайский горнолесотундрово-южнотундровый и 4б) Нижнехатангский южнотундровый. В РФЛ последнего доминируют виды тундровой свиты, а также арктической и циркумполярной фракций. Тем не менее, бореальные, и особенно гипоарктические виды также представлены значительно, за счет глубокого проникновения в тундровую зону островков лесов и редколесий.

II. Таймырская гипоаркто-арктическая провинция. 479 видов, т.е. РФЛ в 1,5 раза беднее, чем в Южной провинции. Дифференциальных видов 22 (модальных 10), это виды арктической фракции, большинство их относится либо к группе приморских галофитов либо к видам горной свиты, большей частью кальцефильным. Дифференциальных родов 2, семейств нет. Эндемики провинции: *Puccinellia byrrangensis*, *P. gorodkovii*, *Taraxacum byrrangicum*, *Draba taimyrensis*. Резко преобладают виды арктической фракции, на втором месте – гипоарктические, число бореальных видов минимально. Восточноазиатские виды в целом преобладают над евразийскими, хотя в отдельных районах их соотношение меняется.

Выделяются 2 округа, делящиеся, в свою очередь, на подокруга. При выделении районов в пределах последних иногда приходилось опираться в большей степени на географическую приуроченность отдельных ЛФ, чем на чисто флористическое сходство, а также на значения коэффициентов сходства Сёренсена-Чекановского между отдельными близко расположенными ЛФ.

5. Центральнотаймырский (Енисейско-Хатангский) типично-тундровый округ. 470 видов. Дифференциальных видов 16 (модальных 4), почти все горные. Арктическая фракция в 4 раза превышает бореальную, восточноазиатская – в 1,3 раза евразийскую. Делится на 2 подокруга.

5.1. Горно-предгорный подокруг Бырранга. 391 вид. Характеризуется высоким для тундровой зоны богатством ЛФ – 260-320 видов. РФЛ отличается высокой специфичностью — 16 видов произрастают на Таймыре только здесь, в т.ч. достаточно обычные на территории подокруга *Leymus interior*, *Taraxacum phymatocarpum*, которые можно считать дифференциальными. Дифференциальный род 1, семейств нет. Много видов, общих с горной частью Южной провинции, на равнинах, как более южных, так и более северных, они не встречаются (*Lesquerella arctica*, *Artemisia czekanovskiana*, *Paraver leucotrichum*, эндемичный *Oxytropis putoranica* и др.). Всего в пределах подокруга произрастает 51 вид, отсутствующий в РФЛ равнинной части типичных тундр. Наиболее высок процент восточноазиатских видов и видов преимущественно американской фракции, а также видов горной свиты (21%). Различия между флорами восточной и западной части горной системы имеются, но переход настолько плавный, что районы в пределах подокруга не выделяются.

5.2. Предгорно-равнинный среднетаймырский подокруг. 417 видов. 72 вида дифференциальны по отношению к горному подокругу, но все они встречаются также либо в Южной провинции, либо в арктическом округе; 4 вида отмечены на Таймыре только на территории данного подокруга. При доминировании арктической фракции доля гипоарктических и бореальных видов выше, чем в горной РФЛ; евразийские виды преобладают над восточноазиатскими. Выделено 3 района: 5.2а) Западнотаймырский, с несколько большей долей бореальных и евразийских видов,

который условно делится на 2 ЭФР – северо-западный низкогорно-предгорный и южный равнинный; 5.2.б) Центральнотаймырский, с менее богатой РФЛ, в которой больше арктических и восточноазиатских видов; 5.2.в) Восточнотаймырский, наиболее богатый бореальными видами, общими с восточной подпровинцией Южной провинции.

6. Северотаймырский арктотундрово-полярнопустынный округ. 289 видов. Дифференциальных 6, но все они являются маргинальными формами широко распространенных тундровых видов (*Cerastium regelii* subsp. *caespitosum*, *Draba kjellmanii*), либо гибридогенными (*Saxifraga ursina*, *S. jurtzewii*), и популяции их малочисленны. Выделено 2 подокруга:

6.1. Северотаймырский подокруг арктических тундр. 285 видов. Из них 179 дифференциальны по отношению к полярнопустынному подокругу и 4 — по отношению к типично-тундровому округу, 3 встречаются только в этом подокруге. Делится на 2 района: 6.1а) Диксонско-Пясинский западный и 6.1б) Пясинско-Лаптевский восточный, различающиеся по богатству ЛФ, соотношению геоэлементов (к востоку флора обедняется, возрастает доля арктических видов, а также циркумполярных и восточноазиатских).

6.2. Челюскинско-островной подокруг полярных пустынь. 101 вид. Дифференциальных 2, из них только 1 (*Draba kjellmanii*) имеет высокую встречаемость. Абсолютно преобладают виды арктической широтной фракции и циркумполярной долготной. Резко падает доля луговых и болотных видов, водные исчезают совсем. Исходя из данных кластерного анализа и сравнительного анализа ЛФ, округ можно разделить на 2 района: 6.2а) Западный островной и 6.2.б) Восточный Челюскинско-Североземельский, хотя для первого данных довольно мало, его отличие – крайняя обедненность РФЛ (33 вида), 100%-е преобладание арктической фракции. Во втором районе (95 видов) присутствуют гипоарктические и бореальные виды, помимо преобладающих тундровых видов представлены горные и луговые. Бедность РФЛ западного сектора можно объяснить их малой площадью и монотонностью поверхности. Но основная причина, по всей видимости, заключается в молодости их флоры, которая начала формироваться только после полного отступления ледникового щита, полностью покрывавшего их во время оледенений, в то время, как на гористой Северной Земле могли существовать непокрытые льдом нунатаки, служившие убежищем для отдельных видов. Кроме того, заселение Северной Земли могла происходить, в частности, с материка, отделенного только узким проливом Вилькицкого, и с востока по осушенным пространствам моря Лаптевых во время регрессии океана, а острова, в силу своей изоляции, были лишены такой возможности.

ЛИТЕРАТУРА.

Мальшев Л.И. Основы флористического районирования //Бот. журн. 1999. Т.84. №1. С.3—14.

Новаковский А.Б.. Возможности и принципы работы программного модуля «GRAPHS» //Автоматизация научных исследований. Коми НЦ УрО РАН; Вып. 27. Сыктывкар, 2004.

Поспелова Е.Б., Поспелов И.Н. Флора сосудистых растений Таймыра и сопредельных территорий. Часть 1. Аннотированный список флоры и ее общий анализ. М., КМК, 2007.457 с.

Толмачев А. И. Введение в географию растений. Л., 1974. 244 с.

Юрцев Б.А. Гипоарктический ботанико-географический пояс и происхождение его флоры. М.-Л., 1966. 93с.

Юрцев Б. А., Толмачев А. И., Ребристая О. В. Флористическое разграничение и деление Арктики // Арктическая флористическая область. Л., 1978. С. 9—104.