С. С. Холод

Зональность в растительном покрове острова Врангеля:

синтаксономический подход

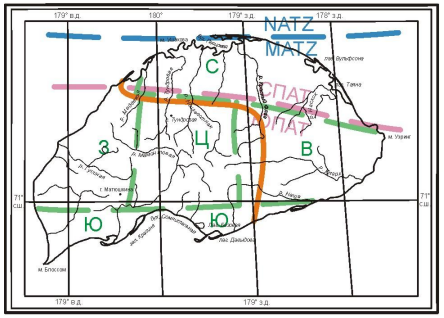
Остров Врангеля:

Протяженность с запада на восток – **110** км,с севера на юг – **80** км
Температура июля (самого теплого месяца):
центральные межгорные котловины……. +**6**º - +**7**º
южное побережье острова (бухта Сомнительная) +**3**,**6**º
юго-восточное побережье (бухта Роджерс)…… +**2**,**4**º
юго-западная оконечность острова (м. Блоссом)… +**1**,**5**º
север острова (м. Ушакова) …….. +**1**,**5**º
Таким образом, диапазон температур достигает 4,5-5º, что создает предпосылки для зональных смен (2-3 зональные полосы).

На рис. **1** представлены схемы геоботанического районирования и климатогенной дифференциации острова Врангеля, выполненные ранее. Одним из первых провел районирование острова В. В. Петровский (1967), выделив здесь 5 ландшафтно-климатических районов: Северный, Западный, Южный, Центральный и Восточный (рис.**1 а**). Эти районы в общих чертах совпадают с границами ботанико-географических районов. Позже В. Д. Александрова (1977), опираясь на материалы В. В. Петровского, а также Б. А. Юрцева (1973), разделила весь остров на 2 зональные полосы: северную и южную. Северная полоса представляет северный вариант подзоны арктических тундр, южная – соответственно, южный вариант этой же подзоны. Европейские авторы (Elvebakk, 1985; Daniels at. al., 2000) границу между этими полосами (Northern и Middle arctic tundra subzones) проводят по северному побережью острова. В работе М. С. Стишова (рис. **1 в**) намечена граница между восточной и западной частями острова, соответствующая границе между территориями с преимущественно морским и континентальным климатом (индекс континентальности прибрежных частей острова составляет 18 %, внутриостровных – 35 %: Сватков, 1970). Эта граница, во многом подчеркивающая ботанико-географический рубеж, была выделена уже Б. А. Юрцевым (1973). В Циркумполярной карте растительности Арктики (CAVM Team, 2003) (рис. **2 б**) вся северная часть острова отнесена к полосе злаковых тундр, что соответствует северному варианту подзоны арктических тундр, а также полярным пустыням. Эта же полоса выделена и на крайнем юго-западе острова.

Рис. 1. Зональные границы в соответствии с разными авторами

Юрцев, Петровский, Александрова и др.



а

Юрцев, 1973

Граница между северным и южным вариантами подзоны арктических тундр

Александрова, 1977

СПАТ Северная полоса арктических тундр

ЮПАТ Южная полоса арктических тундр

Петровский, 1985

Ландшафтно-климатические районы:

С Северный

З Западный

Ц Центральный

В Восточный

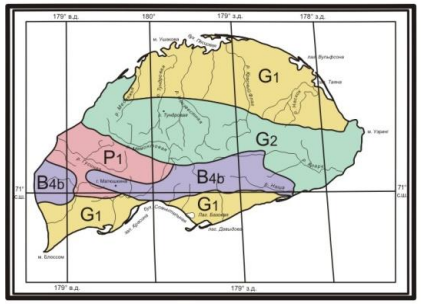
Ю Южный

Elvebakk, 1999; Daniels et al., 2000

NATZ Northern arctic tundra zone

MATZ Middle arctic tundra zone

Circumpolar Arctic Vegetation map, 2003



б

Graminoid tundra

G1 Rush, grass, forb; moist subz. A and B

G2 Graminoid + prostrate dwarf-shrub; moist-dry subz. C and B

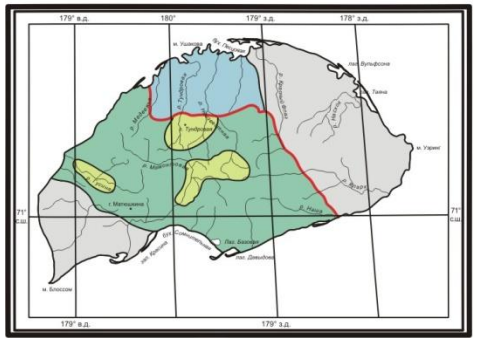
Prostrate dwarf-shrub, herb

P1 Prostrate shrub, forb; dry subz. B and C

Carbonate mountain complex

B4b Mountain vegetation on carbonate bedrock

Климатогенная дифференциация (Стишов, 2004)



в

Межгорные котловины с повышенной континентальностью климата и воздействием феновых ветров

Южная полоса подзоны арктических тундр

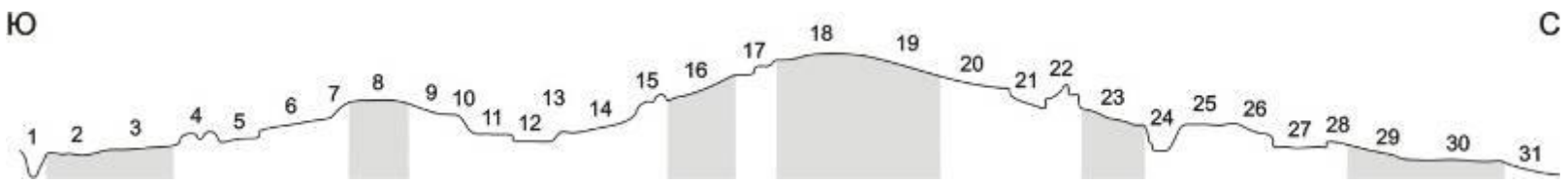
Северная полоса подзоны арктических тундр

Районы морского климата с частыми туманами

Орогенная климатическая граница

Одна из основных проблем при изучении зональности – нахождение тех позиций в ландшафте, которые можно считать репрезентативными с точки зрения приуроченности к ним сообществ, отвечающих зональной норме ландшафта. Под последней чаще всего понимаются такие растительные сообщества и группировки, которые в наибольшей степени соответствуют макроклимату территории. Известно, что в российской геоботанической науке такую функцию многие годы выполняло понятие «плакор», введенное в науку Г. Н. Высоцким. К настоящему времени это понятие претерпело некоторые изменения в силу расширения его объема. Такое видоизменение этого понятия представляется необходимым особенно для условий горной Арктики, где господствуют щебнистые грунты. Представляется возможным использование категории «полярного покровного комплекса», введенного в науку А. И. Поповым (1962). Такой комплекс представляет надмерзлотный горизонт грунтов, где перемешаны фракции щебня, хряща, песка, супеси и суглинка, находящиеся в той или иной стадии криолитогенеза. Для острова Врангеля особенно актуальны хрящевато-суглинистые грунты, плащеобразно покрывающие как горные склоны, так и многочисленные предгорные равнины с преобладанием аккумулятивных процессов. На рис. **2** отображен схематичный профиль равнинной ступени острова и отмечены (заливка) местоположения, отнесенные к зональным. Практически, во всех этих местоположениях верхний сезонно талый горизонт представлен толщей, в которой перемешаны щебень, хрящ, песок, суглинок. Доля последнего несколько возрастает в нижних частях протяженных шлейфов (позиции 2 и 30 на рис. 2).

Рис. 2. Обобщенный профиль равнины (0-180 м. над у. м.).



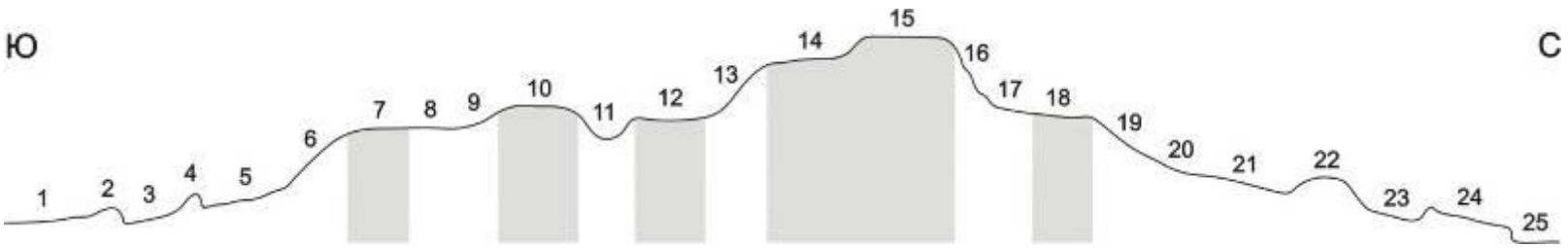
Местоположение: 1 – прибрежный овраг, 2 – нижняя часть аккумулятивного склона (шлейфа), южной экспозиции, 3 – средняя часть аккумулятивного шлейфа с пролювиальными веерами, южной экспозиции, 4 – бугры и останцы на верхнем и нижнем шлейфах, 5 – ложбины и секторы стока верхней части шлейфа, южной экспозиции,

……

понижение, 27 – термокарстовая котловина, 28 – перемычка между термокарстовыми котловинами, 29 – нижняя часть аккумулятивного шлейфа, северной экспозиции, 30 – плоская приморская равнина, 31 – пологие скаты к лагунам. **Заливка** – зональные местоположения.

Для горных стран особенно актуально нахождение тех позиций в ландшафте, которые можно было бы считать условно плакорными. В свое время (Юрцев, 1968) была предложена категория «горных аналогов плакоров», которая в настоящее время получила развитие в ряде работ (Осипов, 2006; Холод, 2007). Принимая во внимание тот факт, что в горах, практически, отсутствуют чисто суглинистые грунты, полностью «выключенные» из подтока извне, под горными аналогами плакоров можно понимать такие позиции, где в верхних горизонтах грунтов минимальную роль играет щебень и крупные обломки породы (глыбы), сведен к минимуму подток влаги извне и отсутствует эффект «смыкания» грунтовых и дождевых вод . Таким условиям в наибольшей степени отвечают нагорные террасы, формирующиеся на разных гипсометрических уровнях. При этом из рассмотрения исключаются внутренние части террас с интенсивным накоплением снега, примыкающие к тыловому шву (юммы, по терминологии Г. Н. Высоцкого) и, наоборот, прибровочные, где снег в течение зимы постоянно сдувается ураганными ветрами. В центральной же части террас обособляются полигоны, окруженные плитняком, где центральная часть представлена фракциями дресвы, крупного песка и суглинка, выжимаемого на поверхности в процессе криотурбационных изменений. Именно эту, центральную часть полигонов (подобные образования изучал на плато Путорана Б. Н. Норин (1995), где он называл их морозными котлами) можно условно отнести к горным аналогам плакоров. Позиции в первой горной ступени острова Врангеля с такими образованиями приведены на рис. 3.

Рис. 3. Обобщенный профиль первой горной ступени (180-340 м над у. м.)



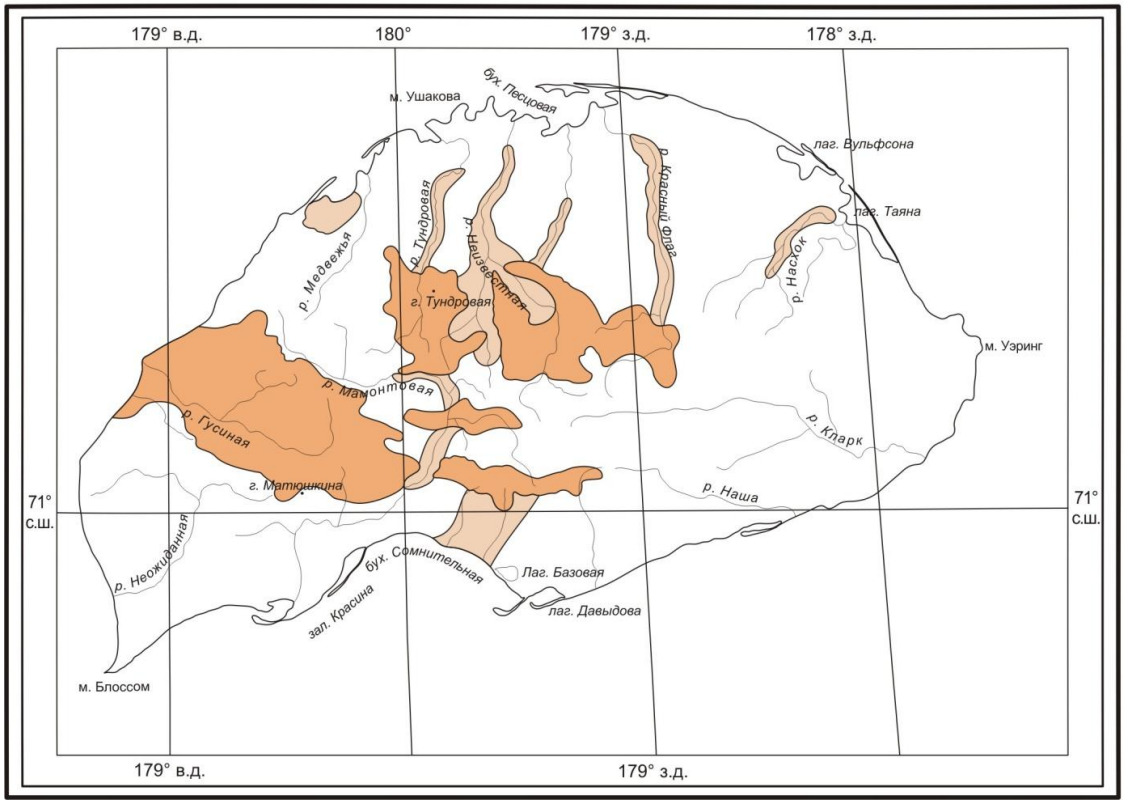
Местоположения: 1 – приречный шлейф южной экспозиции, 2 – мелкоземистые увалы на шлейфах, 3 – ложбины стока верхней части внутригорного шлейфа, 4 – останцы и каменистые бугры верхней части внутригорного шлейфа, 5 – верхняя часть внутригорного шлейфа,

……

северной экспозиции, 22 – мелкие увалы, 23 – ложбины и секторы стока верхней части шлейфа, северной экспозиции, 24 – приречный шлейф северной экспозиции, 25 – речные террасы. **Заливка** – горные аналоги зональных местоположений.

Существенное значение для определения зональных позиций ландшафта на рассматриваемой территории имеют широко распространенные здесь карбонатные грунты (рис. **4**). Помимо того, что на поверхность во многих местах выходят коренные породы, представленные известняками, доломитизированными известняками и карбонатными сланцами, большие площади занимают рыхлые карбонатные грунты. Это, в первую очередь, делювиально-солифлюкционные отложения, слагающие обширные предгорные равнины («шлейфы»), а также аллювиально-пролювиальные, часто в виде конусов выноса перекрывающие солифлюкционные наносы. Аллювиальные карбонатные отложения особенно характерны для северной приморской равнины, где они распространены в краевых частях водоразделов. Аллювиально-пролювиальные и делювиально-солифлюкционные карбонатные отложения в такой же степени подвержены процессам криогенеза с последующим образованием покровных суглинков, как и соответствующие некарбонатные. Более того, именно в них, в силу повышенной пористости пород, интенсивнее проявляется общий дренаж деятельного горизонта, а проявления глеевого процесса сведены к минимуму или вовсе отсутствуют. Все это позволяет местоположения с карбонатными рыхлыми суглинисто-щебнистыми отложениями в условиях хорошего дренажа и при отсутствии интенсивного бокового подтока, отнести к зональным позициям ландшафта.

Рис. 4. Распространение карбонатных грунтов



Коренные породы (известняки)

Вторичные ореолы рассеяния

В основу зонального деления острова Врангеля положен синтаксономический подход. Использовано 46 синтаксонов, выделенных в специальной работе (Холод, 2007). При этом использовано для зонального деления и диагностики зональных категорий 46 синтаксонов, не использованы 2, характеризующие засоленные почвы: сообщ. Puccinellia wrightii-Potentilla pulchella и acc. ***Puccinellietum phryganodis***. Таким образом, практически все синтаксоны характеризуют в той или иной степени зональную структуру этой территории и определяют диагностические признаки той или иной зональной категории. При том, что в российской науке о растительности и признавалась необходимость использования синтаксонов при зональном делении территории, все же приходится констатировать, что впервые для территории Арктики это направление было реализовано в западной фитосоциологии. Вероятно, в качестве первой из таких работ следует упомянуть статью A. Elvebakk (1985), где для этих целей использовано 7 союзов и 2 ассоциации, выделенных в рамках эколого-флористической классификации. Впоследствии этот подход был развит в работах F. J. A. Daniëls at al. (2000), B. Sieg at al. (2006) (во второй из этих работ – для целей высотно-поясного деления территории).

При построении таблицы зональной и оро-зональной дифференциации растительности использован метод табличной обработки данных. В строках этой таблицы представлены синтаксоны, в столбцах — районы острова. После составления первичной (валовой) таблицы производилась перестановка строк и столбцов с целью получения оптимальных блоков, которые являются дифференцирующей группой синтаксонов для той или иной зональной полосы. в таблице различается положение синтаксона на зональных и интразональных (в широком понимании термина) позициях, которые обозначаются, соответственно, цифрами 2 и 1. В скобках (верхнем индексе) указано число встреч синтаксона в данном районе. В правой, выводной, части таблицы латинскими или арабскими цифрами (верхний индекс) указано значение постоянства синтаксона в соответствующей зональной полосе (в частности, в варианте подзоны, подзоне, состоящей из двух вариантов, тундровой зоне в пределах острова, на всем острове, включающем 2 геоботанические зоны, в одной из которых — 2 подзоны, а в пределах одной из последних — 2 варианта). Ниже (табл. **1**, **2**, **3**) представлены фрагменты таблицы зональной дифференциации растительности, где выделены дифференцирующие синтаксоны и блоки для разных зональных полос острова.

Табл. 1. Зональная дифференциация растительности

Число синтаксонов: общее/на зональных позициях	**15 /7**	**28/10**	**26/ 8**	**Южная зональная поло-са**	**Север-ная зональ-ная полоса**	**А**	**Б**	**В**	**Г**
Номер района табличный, зональная полоса	**1**	**2**	**3**						
Дифференцирующие синтаксоны тундровой зоны:									
а) зональных позиций									
acc. ***Artemisio tilesii—Deschampsietum borealis*** субасс. ***salicetosum reptantis*** вар. ***Tomentypnum nitens*** (28в)	$2^{(2)}$	$2^{(8)}$-$1^{(2)}$	$2^{(1)}$	2^{V}-1^{II}	2^{II}-1^{II}	2^{V}-1^{II}	2^{4}-1^{2}	2^{2}-1_{2}	
acc. ***Carici lugentis—Hylocomietum alaskani*** вар. ***inops*** (1а)	$1^{(1)}$	$2^{(4)}$-$1^{(1)}$	$2^{(4)}$-$1^{(3)}$	2^{IV}-1^{I}_{V}	2^{II}-1^{III}	2^{III}-1_{III}	2^{4}-1^{5}	2^{2}-1_{3}	

Табл. 2. Дифференцирующие синтаксоны северного варианта подзоны типичных тундр

асс. ***Brachythecio salebrosi—Salicetum glaucae*** субасс. ***caricetosum lugentis*** (14а)	$2^{(1)}$-1 (1)	$2^{(10)}$	.	$2^{(3)}$	$1^{(2)}$	.
асс. ***B. s.—S. g.*** субасс. ***salicetosum polaris*** (14б)	$2^{(1)}$	$2^{(8)}$	$2^{(1)}$	.	.	.
б) азональных позиций						
асс. ***Parryo nudicaulis—Salicetum lanatae*** (23)	$1^{(1)}$	$1^{(2)}$	$1^{(2)}$	$1^{(2)}$	$1^{(2)}$	.
асс. ***Equisetetum borealis*** вик. ***Polemonium acutiflorum*** (24)	$1^{(1)}$	.	$1^{(2)}$	.	$1^{(9)}$	.
Дифференцирующие синтаксоны северной зональной полосы						
асс. ***Salici polaris—Sanionietum uncinatae*** (2)	.	.	$1^{(2)}$	.	.	.
асс. ***Arctophiletum fulvae*** вик. ***Warnstorfia fluitans*** (9)	.	.	.	.	.	.

Табл. 3. Дифференцирующие синтаксоны северных зональных полос

Дифференцирующие синтаксоны северного варианта подзоны арктических тундр					
асс. ***Salici rotundifoliae—Oxytropidetum wrangelii*** фац. ***typica*** (22а)	2^{I}-1^{IV}	1^{IV}	1^{2}	2^{1}-1_{4}	1^{3}
асс. ***Pseudephebeo pubescentis—Bryocauletum divergentis*** вар. ***typicum*** (18а)	1^{II}			1^{2}	
Дифференцирующие синтаксоны северной зональной полосы и южного (приморского) варианта зоны полярных пустынь					
асс. ***Cladino arbusculae—Luzuletum nivalis*** (3)	2^{III}-1^{I}_{V}			1^{5}	2^{5}-1_{2}
асс. ***Oncophoro wahlenbergii—Deschampsietum borealis*** субасс. ***racomitrietosum lanuginosi*** (4а)	2^{III}-1^{II}_{I}				2^{5}-1_{5}
асс. ***O. w.—D. b.*** субасс. ***petasitetosum frigidi*** (4б)	2^{II}-1^{II}			1^{1}	2^{3}-1_{2}

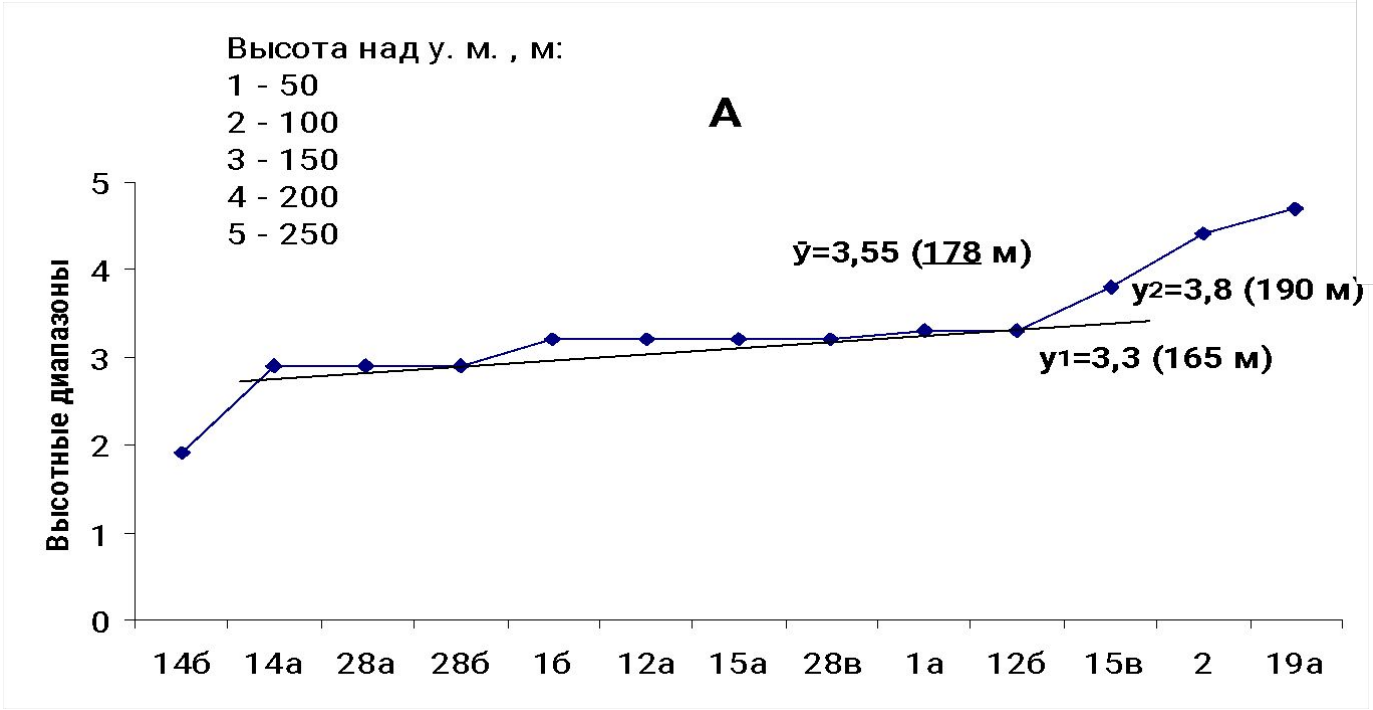
Аналогично широтной зональности, выявление дифференцирующих блоков проведено и для случая оро-зональной дифференциации растительности (табл. **4**) . В этом случае каждый такой блок представляет собой группу синтаксонов, имеющих диагностическое значение как в равнинной, так и в первой горной ступени. Это может выражаться в присутствии синтаксона на оро-зональных позициях, в его более высоком значении постоянства, чем в этой же высотной ступени, но в соседней полосе, наконец, в его отсутствии. Сочетание всех этих признаков и дает, в конечном счете, своеобразные «колонки высотной поясности», которые служат опять же для более углубленного понимания широтно-зональной дифференциации растительности. При обсуждении закономерностей оро-зональности используется категория «оро-зональный синтаксон», обозначающий синтаксон, занимающий зональные позиции в определенной высотной ступени. Термин «интра-оро-зональный синтаксон» аналогичен термину «интразональный синтаксон» (в широком смысле, без разделения на интра-стено- и интраполизональные), а термин «экстра-оро-зональный» — категории «экстразональный». В табл. **4** приведено несколько синтаксонов, дифференцирующих северный вариант подзоны типичных тундр (внутригорные котловины острова).

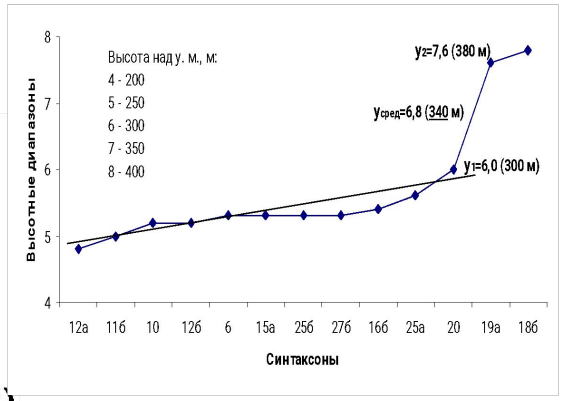
Табл. 4. Оро-зональная дифференциация растительности

Зональная категория	Северный		Южный			Северны	
	$А_1$	$А_2$	$Б_1$	$Б_2$	$Б_3$	$В_1$	$В_2$
Высотная ступень, м над у. м.	(0—180)	(180—270)	(0—200)	(200—340)	(340—550)	(0—180)	(180—370)
Дифференцирующие синтаксоны типа оро-зональности северного варианта подзоны типичных тундр:							
а) зональные синтаксоны в двух высотных ступенях							
асс. ***Carici lugentis—Hylocomietum alaskani*** вар. ***typicum*** (1б)	2^{III}	2^{1}-1^{1}	2^{4}-1^{4}				2^{2}
асс. ***Brachythecio salebrosi—Salicetum glaucae*** subass. ***caricetosum lugentis*** (14а)	2^{III}-1^{II}	2^{1}-1^{1}					
Дифференцирующие синтаксоны типа оро-зональности южного варианта							
б) экстра-оро-зональные синтаксоны							
асс. ***Salici callicarpaeae—Dryadetum chamissonis*** вар. ***typicum*** (16а)	1^{II}		2^{2}-1^{2}	1^{1}			

При расчете высотных оптимумов синтаксонов высотная шкала (в метрах над у. м.) разбивалась на диапазоны по 50 м, отмечалось число встреч синтаксона в каждом диапазоне, строился соответствующий числовой ряд, каждый такой ряд подвергался процедуре выравнивания методом скользящей средней, отбраковывались недостоверные значения, устанавливался оптимум ряда как его модальное значение, производилось ранжирование оптимумов каждого синтаксона по возрастанию значений, строился соответствующий график. Затем на графике выявлялся отрезок, на котором последовательность точек в наибольшей степени приближается к прямой. После этого устанавливалась высотная отметка, соответствующая крайне правой точке на прямой ($у_1$), и высотная отметка следующей точки, где кривая графика резко идет вверх ($у_2$). За верхнюю границу ступени ($у_{сред}$) высота условной расчетной точки, находящейся посередине между этими двумя точками. Описанным выше способом рассчитаны верхний высотный предел 3 равнинных ступеней и первой горной ступени для южного варианта подзоны арктических тундр. Для второй горной ступени ее верхний предел указывается по максимальным отметкам высот горных поднятий. Ниже (рис. **5**) представлены расчеты гипсометрического положения верхней границы равнинной ступени рис. **5 А**) в северном варианте подзоны типичных тундр. Из рисунка видно, что эта граница (центральные внутригорные котловины и их горное обрамление) проходит на высоте 178 м над у. м.

Рис. 5. Высотные оптимумы синтаксонов зональных позиций





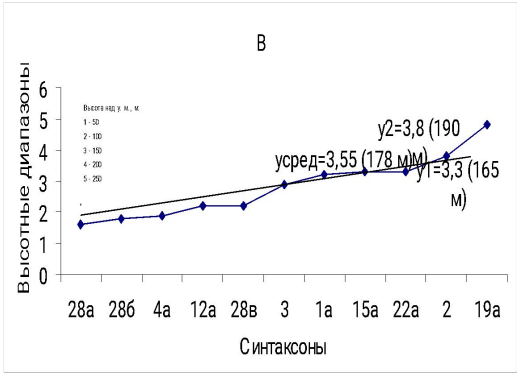
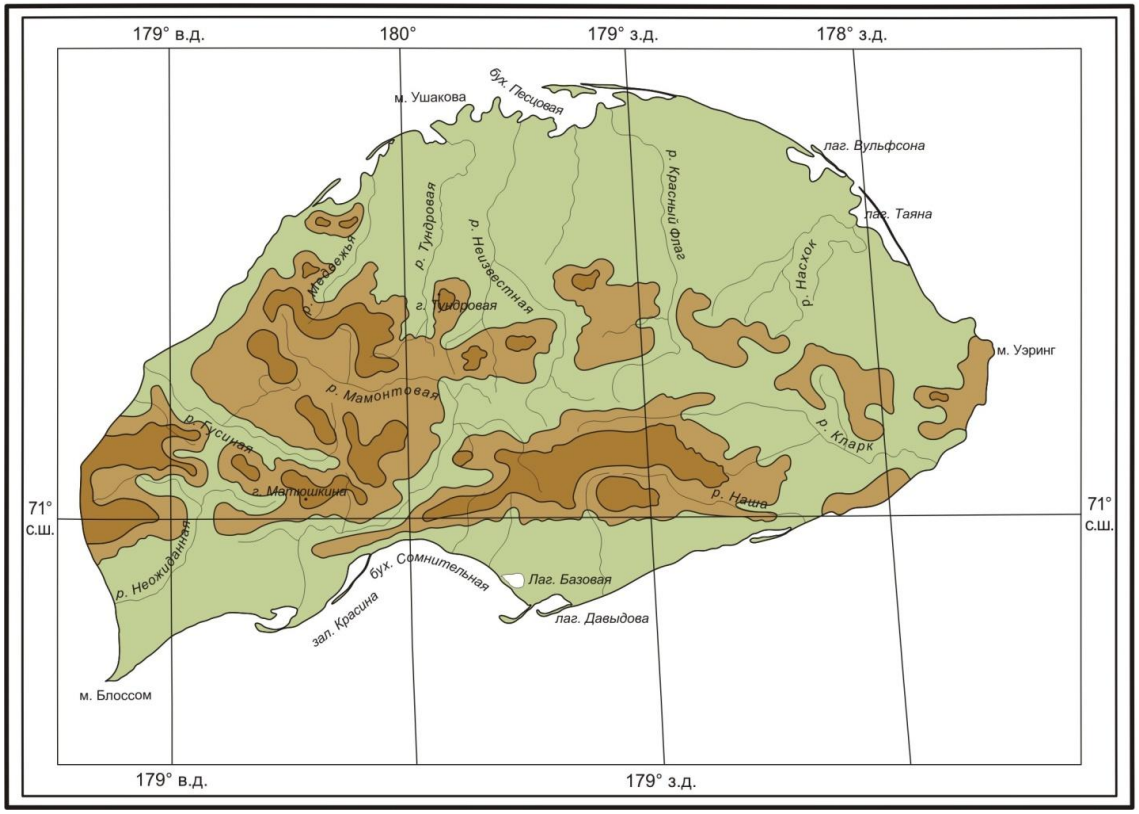


Рис. 6. Ботанико-географические высотные ступени
(схема построена на основе высотных отметок верхних границ ботанико-географических ступеней)



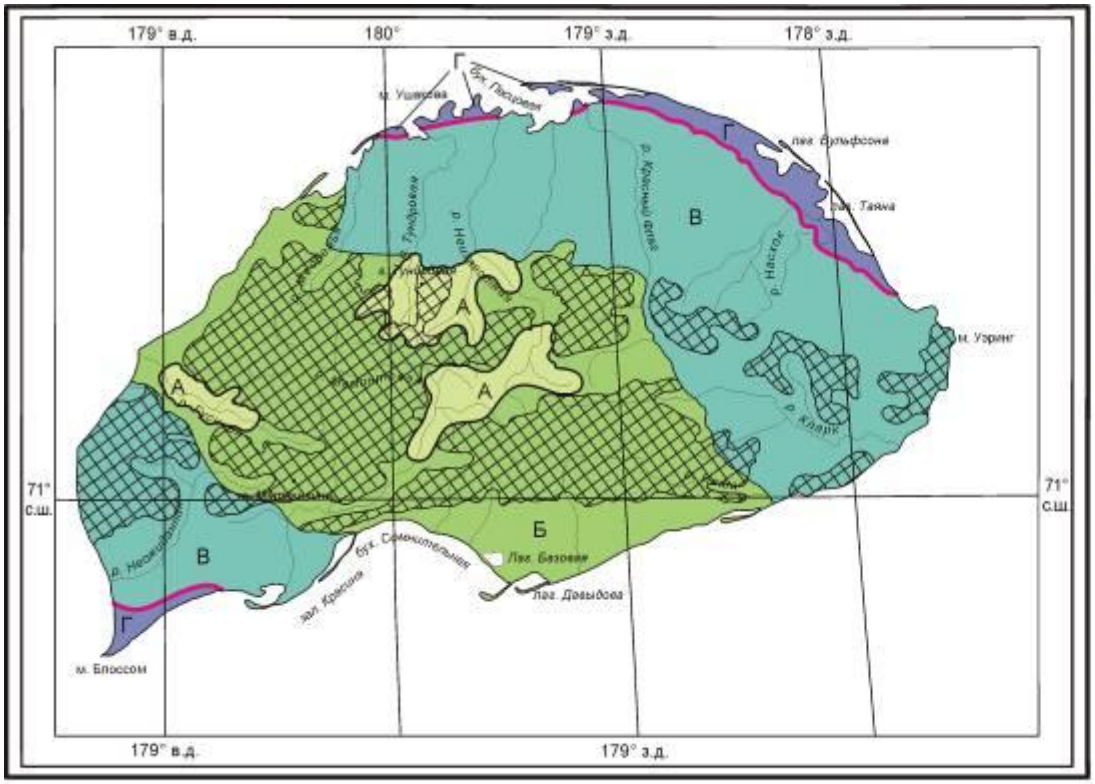
Равнина (**0-180** м)

Первая горная ступень (**180-340** м)

Вторая и третья горная ступени (**выше 340** м)

Рассмотренные выше диагностические признаки зональных полос разного ранга позволили построить схему зональной дифференциации растительности, представленную на рис. **7**. Для более наглядного представления о влиянии гор (барьерного эффекта) на характер зональных границ на этой последней схеме отмечено положение сводной горной ступени, полученной при обобщении рис. **6**. Южный приморский вариант зоны полярных пустынь, выраженный на крайнем северо-востоке и юго-западе острова, занимает 215 км², что составляет 2.8 % от площади территории. Как видно из приведенной схемы, территории, соответствующие этой зональной категории, вытянуты узкой полосой вдоль лагун, особенно характерных для северо-восточного побережья. Северный вариант подзоны арктических тундр представлен на острове Врангеля двумя крупными участками суши, общая площадь которых составляет 3673 км² (47.9 % территории острова). Северо-восточный фрагмент этой полосы занимает бóльшую часть северной приморской равнины, а на юго-востоке — полосу побережья и все участки равнины, примыкающие к низкому Восточному плато. Южный вариант подзоны арктических тундр (Б) представлен одним фрагментом (с включенными в него 3 фрагментами полосы А) с площадью 3296 км² (43 % от общей площади острова: табл. 3). По сравнению с двумя предыдущими полосами этот фрагмент отражает более континентальные условия климата с более высокой степенью теплообеспеченности и меньшей влажностью воздуха, чем краевые (на гидротермическом градиенте) полосы. Северный вариант типичных тундр (А) представлен тремя фрагментами, находящимися внутри предыдущей полосы (Б). Общая площадь этих фрагментов — 486 км² или 6.3 % (табл. 3) территории острова. Они занимают наиболее теплые и сухие участки внутригорных котловин, с минимальным числом дней с туманами.

Рис. 7. Зональная дифференциация растительности



Северный вариант подзоны типичных тундр (А)

Южный вариант подзоны арктических тундр (Б)

Северный вариант подзоны арктических тундр (В)

Южный (приморский) вариант зоны полярных пустынь (Г)

Граница тундровой зоны

Граница между подзонами тундровой зоны

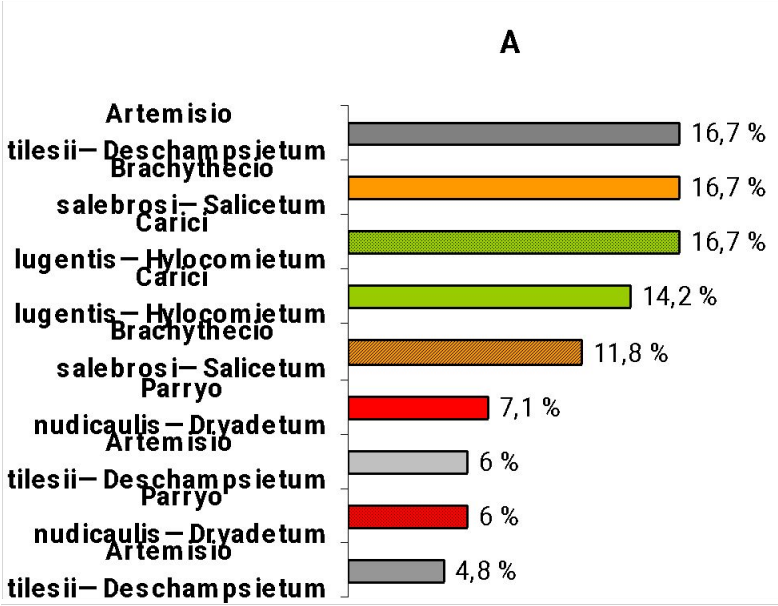
Граница между подзональными вариантами

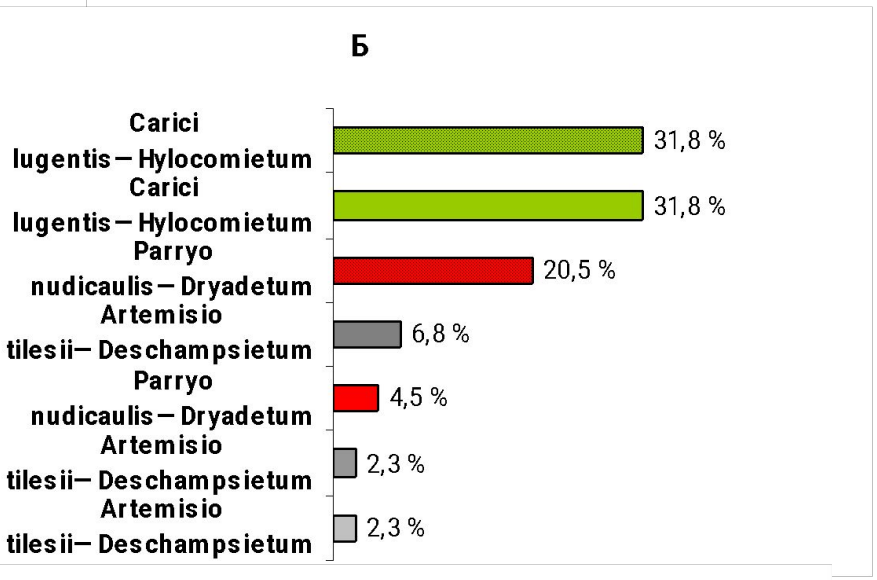
Горная ступень (выше 180 м над у.м.)

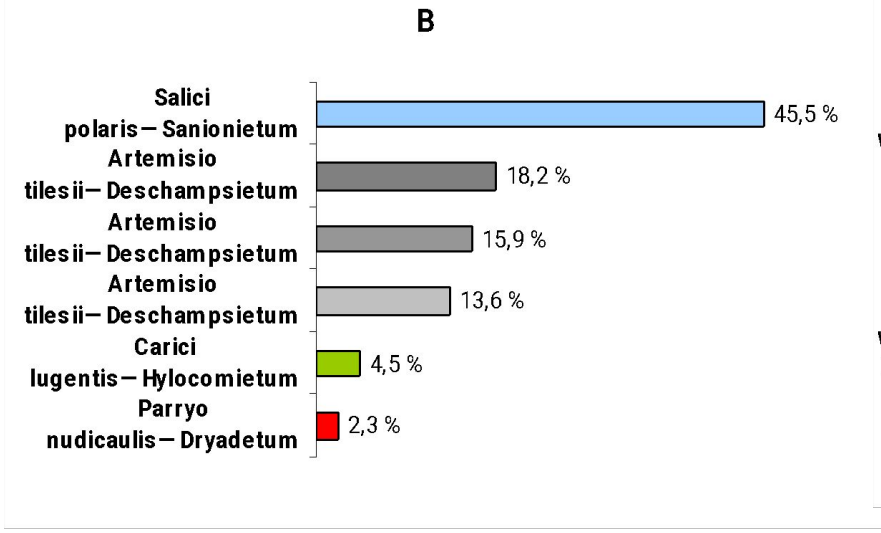
Показатель числа синтаксонов – одна из характеристик ценотического разнообразия. Этот показатель рассмотрен дифференцированно для зональных и нескольких интразональных позиций, причем, для зональных **—** отдельно для некарбонатных и всех типов пород. Для зональных позиций (рис. **8**) прослеживается уменьшение числа синтаксонов от северного варианта подзоны типичных тундр к южному варианту зоны полярных пустынь как на некарбонатных, так и на всех типах пород. Для некарбонатных пород на зональном градиенте (А→Б→В→Г) отмечен следующий ряд уменьшения числа синтаксонов: 9→7→6→4 (рис. **8**), а на всех типах пород: 13→12→9→4. «Добавка» в градиент карбонатных аналогов плакоров существенно увеличивает число синтаксонов зональных позиций, причем, это характерно для трех первых зональных полос (для полосы А такая прибавка составляет 44 %, Б **—** 71 %, В **—** 50 %), в то время как для полосы Г число синтаксонов остается на прежнем уровне.

Изменение числа синтаксонов на зональном градиенте в юммовых местоположениях следующее: 3→3→5→3 (рис. **9**). По общему числу синтаксонов эти местоположения можно рассматривать как самые малоемкие. Наиболее представительным по числу синтаксонов здесь, так же, как и в случае местоположений предыдущего типа, является северный вариант подзоны арктических тундр.

Рис. 8. Процент участия синтаксонов зональных позиций на некарбонатных породах







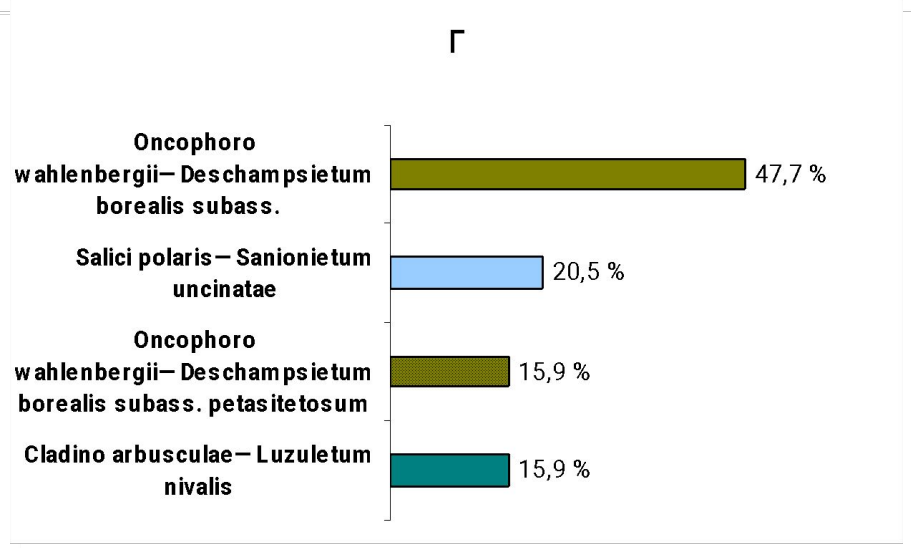
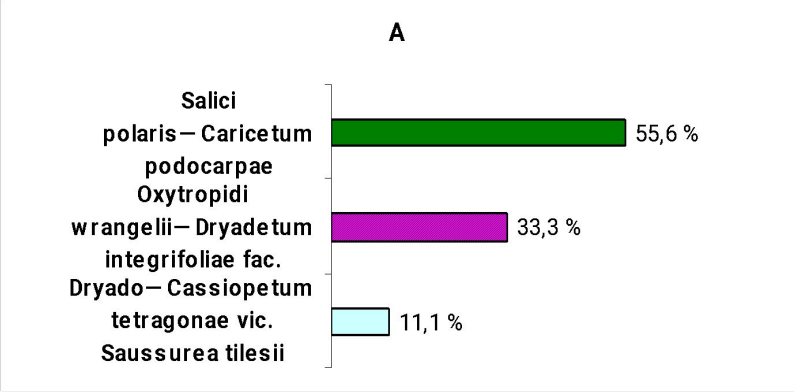
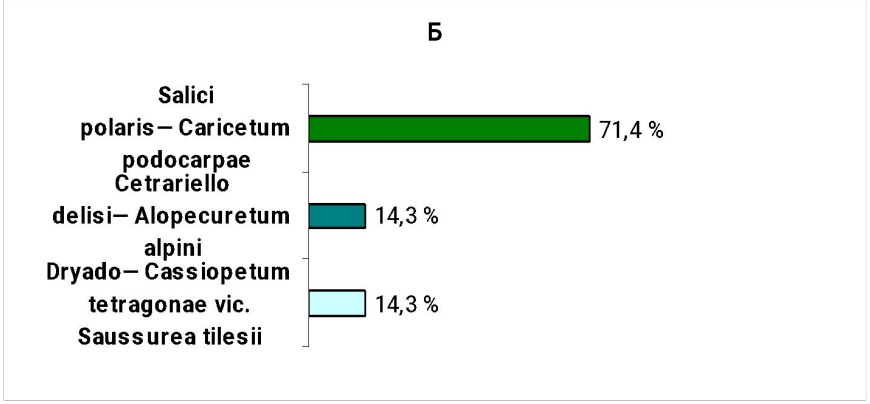
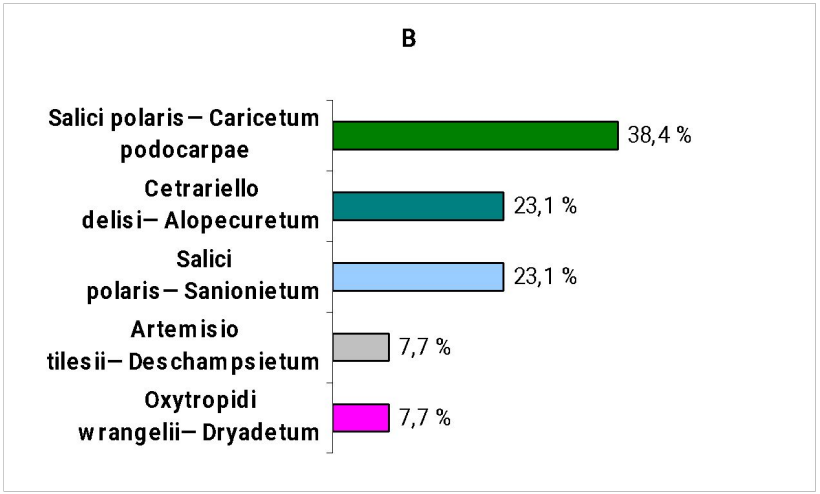
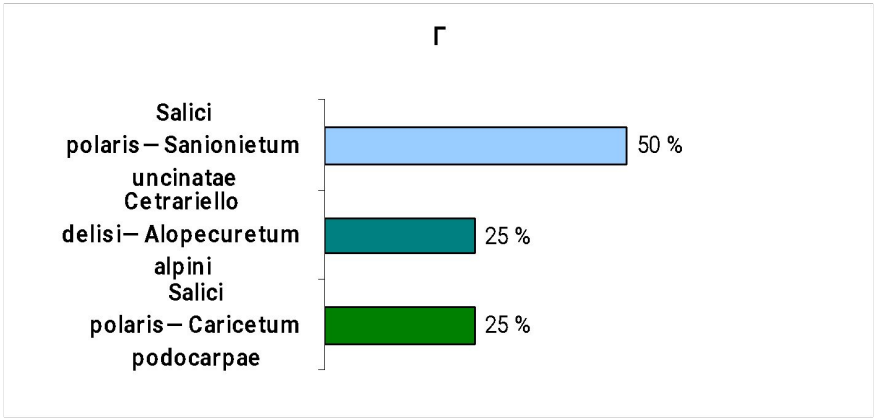


Рис. 9. Процент участия синтаксонов в юммовых местоположениях



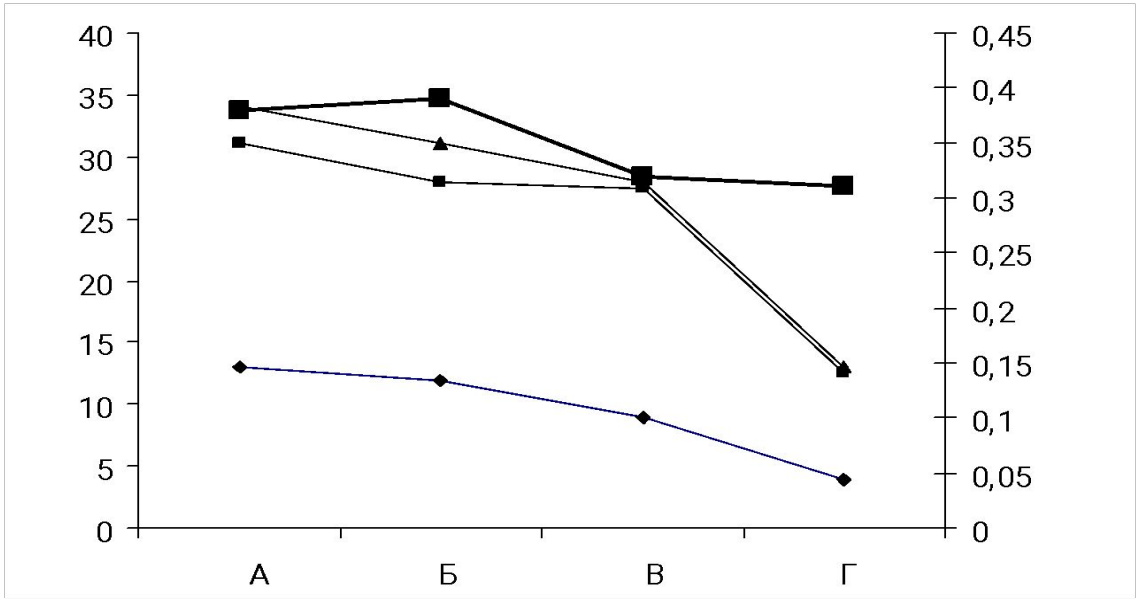






Соотношение числа синтаксонов на зональных и азональных позициях и индексы зональности отдельно для некарбонатных и всех типов пород отражены на рис. **10**. Анализ приведенных диаграмм показывает, что значение индекса во многом зависит от изменения числа синтаксонов на азональных позициях на фоне плавного (близкого к линейному) уменьшения числа синтаксонов зональных позиций. В целом можно отметить уменьшение значения индекса на зональном градиенте (в варианте «на всех типах пород») от северного варианта подзоны типичных тундр (0.38) к южному варианту зоны полярных пустынь (0.31). Достаточно отчетливо прослеживается тенденция уменьшения значения индекса на отрезке градиента А→В в варианте «на некарбонатных породах» (0.41→0.35→0.27), но далее, в полосе Г это значение резко возрастает до 0.33. Однако, по-видимому, аномальным является не это последнее, а значение этого индекса в полосе В (0.27), определяемое резким увеличением числа синтаксонов азональных позиций (до 22).

Рис. 10. Число синтаксонов и индексы зональности

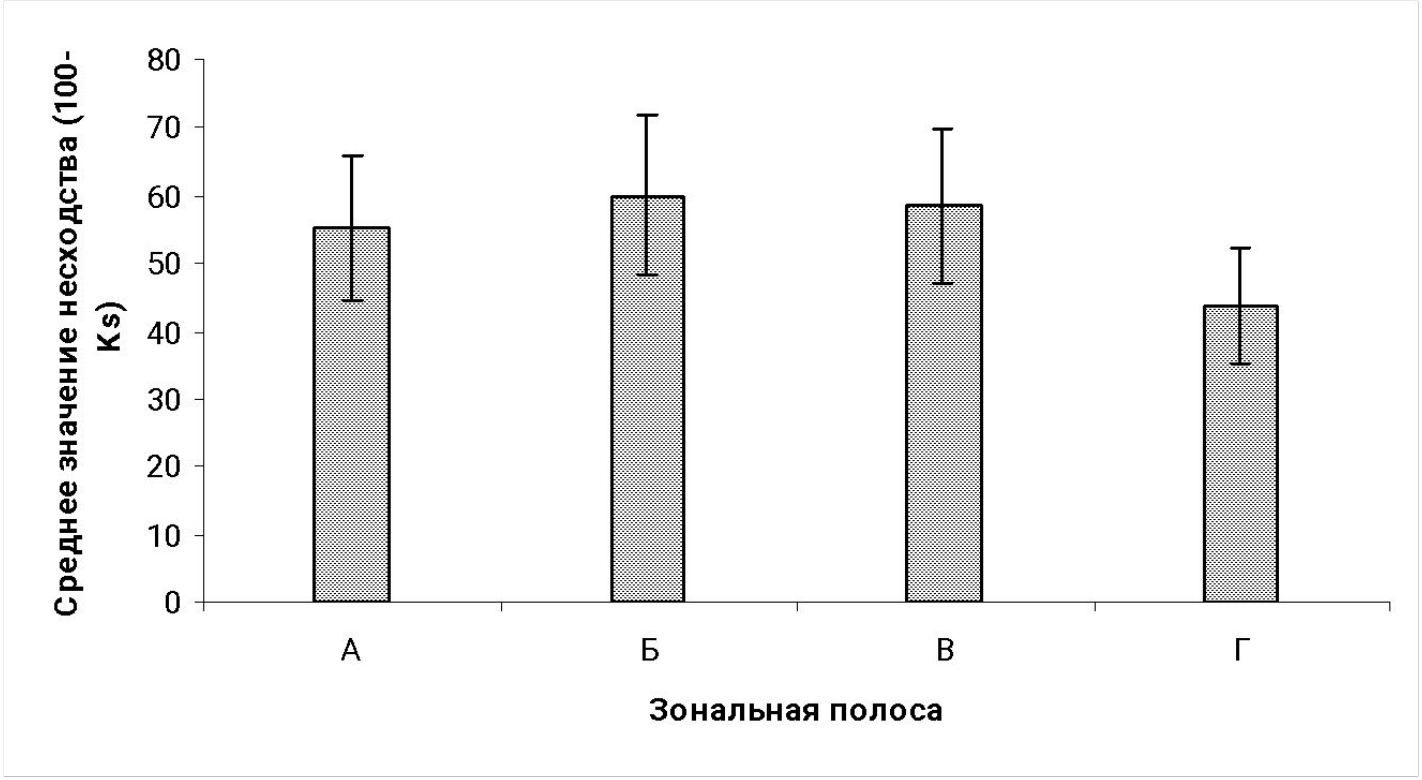


Бета-разнообразие как несходство оценивалось через среднее арифметическое между значениями несходства, получаемыми при попарном сравнении видового состава синтаксонов зональных позиций каждой зональной полосы (табл. **5**). При этом сначала рассчитывалось значение сходства через коэффициент Съеренсена-Чекановского, а затем **—** величина, дополняющая этот показатель до 100 % (Уиттекер, 1980; Василевич, 1992). Обращает на себя внимание относительно низкое значение этого показателя (43.7 %) для полосы Г, и более высокие **—** для полос Б, В и А: 60 %, 58.5 %, 55.1 %) (рис. **11**). Наибольшее значение несходства между синтаксонами характерно, таким образом, для южного варианта подзоны арктических тундр. Отметим, что этот показатель Р. Уиттекер (1980) считал синонимом экологического расстояния или положения синтаксонов вдоль градиента условий среды. Табл. **5** позволяет оценить расстояния между синтаксонами в разных зональных полосах. В таблице приняты пороговые значения несходства, равные 65 %, выше которого все значения рассматриваются как высокие, а равное 50 %, ниже которого **—** как низкие.

Табл. 5. Несходство между синтаксонами в разных зональных полосах (100-Ks)

					А					
	12а	**14а**	**14б**	**15а**	**15б**	**15в**	**16б**	**28а**	**28б**	**28в**
1а	41.8	39.5	38.3	50.6	65.9	55	81.2	50.5	45.9	39.3
12а		38.7	47.7	53.5	61.9	55.2	84.6	53.8	57.3	38.6
14а			30.1	46.6	64.5	54.2	84.4	46.7	43.7	31.4
14б				51.6	62	54.7	82.9	46.2	38.3	35.8
15а					50	33.3	79.7	55.1	55.6	46.1
15б						45.4	73.7	62.8	69.8	65.1
15в							72.8	67	63.9	53.4
16б								88.4	87.3	84
28а									34.1	37.9
28б										33.7
		Г								
	3	**4а**	**4б**							
2	36.3	46.3	43.6							
3		50.3	45.5							
4а			37.6							

Рис. 11. Несходство синтаксонов (β-разнообразие) зональных местоположений

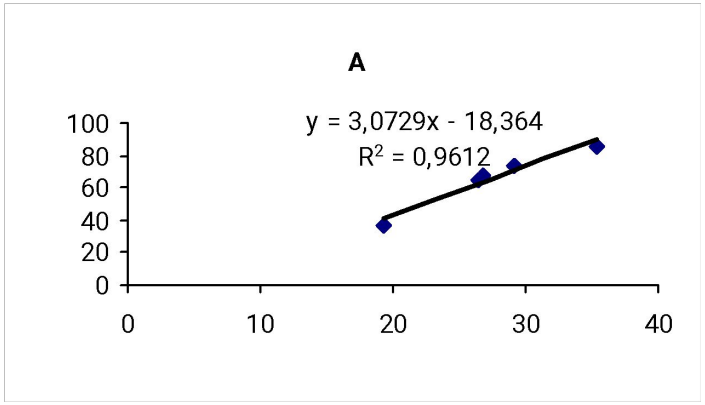


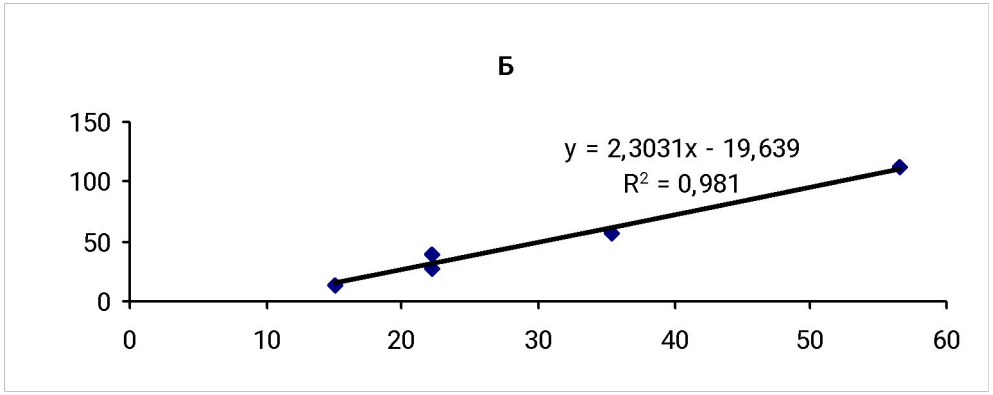
Оценка и сопоставление значений гамма (γ)- разнообразия сосудистых растений на зональных местоположениях производились на основе линейной регрессионной зависимости «число видов-площадь». При этом сначала подсчитывалось число видов сосудистых для каждого ключевого участка в пределах одной зональной полосы (на основе описаний из соответствующих синтаксонов). Затем площадь каждого ключевого участка приводилась к числу описаний посредством регрессионного уравнения логарифмического вида (Kruger, Taylor, 1979) (табл. **6**). После этого на основе значения площади, приведенной к числу описаний, строилась линейная зависимость. Наибольшей интенсивностью возрастания числа видов характеризуется полоса А (b_1=3.07), затем, в порядке убывания, следуют: полоса В (b_1=2.5), Б (b_1=2.3) и Г (b_1=1.17) (рис. **12**). Наиболее резкий подъем линии регрессии в полосе А определяется небольшим диапазоном площади, на которой выявлена соответствующая ценофлора. В полосе Б диапазон крайних значений площади гораздо больше (15 км² и 57 км². При том, что в данном случае значительно увеличивается и «расхождение» в числе видов для этих участков (15 и 111 соответственно), различия в величинах площади оказываются весьма существенными, что и определяет меньшее значение параметра b_1, т. е. меньшую интенсивность нарастания числа видов. В северном варианте подзоны арктических тундр эта интенсивность несколько увеличивается: здесь диапазон крайних значений площади составляет 37 км² и 59 км², а соответствующие им значения числа видов — 31 и 85. В южном варианте зоны полярных пустынь интенсивность нарастания числа видов резко уменьшается: при диапазоне площади 8 км² — 24 км² разброс числа видов составляет 19 (17 и 36).

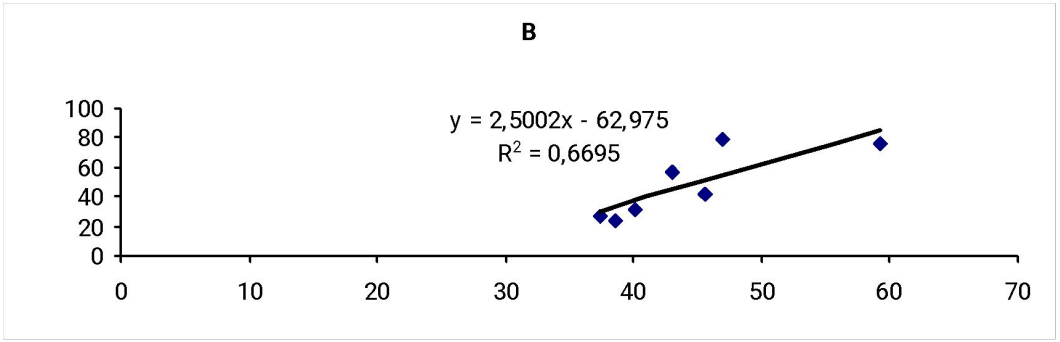
Табл. 6. Гамма-разнообразие сосудистых растений на зональных местоположениях

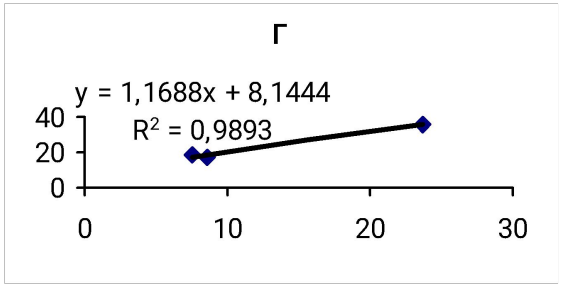
Район	Площадь зональных местопо-ложений ($км^2$)	Площадь, приведенная к числу описаний ($км^2$)	Число описа-ний	Число видов:	
				наблю-денные	прогно-зируемые
А. Северный вариант подзоны типичных тундр					
Гусиная	42	26.79	13	67	64
Пик Тундровый	55	35.27	48	86	90
Средняя Неизвестная	16	19.2	4	37	41
Верхняя Неизвестная	19	29.02	18	74	71
Средняя Мамонтовая	13	26.34	12	64	63
Б. Южный вариант подзоны арктических тундр					
Нижняя Мамонтовая-лагуна Попова	27	35.46	7	58	62

Рис. 12. Зависимость «число видов сосудистых растений – площадь»









Все многообразие конкретных вариантов горизонтальной структуры сообществ зональных позиций, встречающихся на острове Врангеля, сведено к нескольким типам. Выделено 3 крупных (обобщенных) типа: нерегулярно-мозаичный, регулярно-цикли-ческий и спорадично-пятнистый. При этом регулярно-циклический подразделен на 2 категории: связно-сетчатый и разорванно-сетчатый. На рис. **13** представлены основные типы горизонтальной структуры растительности зональных местоположений. Нерегулярно-мозаичный тип (рис. **13, *а***) выявлен в сообществах асс. ***Brachythecio salebrosi—Salicetum glaucae*** субасс. ***caricetosum lugentis***. Такой тип структуры характерен исключительно для выположенных участков шлейфов внутригорных котловин, т. е. для северного варианта подзоны типичных тундр. Регулярно-циклический связно-сетчатый тип структуры рассмотрен на примере сообществ асс. ***Carici lugentis—Hylocomietum alaskani*** вар. ***inops*** (рис. **13, *б*$_1$**) и асс. ***Oxytropidi wrangelii—Dryadetum integrifoliae*** фац. ***Arctagrostis arundinacea*** (рис. **13, б$_2$**) Регулярно-циклический разорванно-сетчатый тип структуры представлен сообществами асс. ***Salici polaris—Sanionietum uncinatae*** (рис. **13, *в*$_1$**) и асс. ***Cladino arbusculae—Luzuletum nivalis*** (рис. **13, *в*$_2$**). Спорадично-пятнистый тип структуры в наибольшей степени выражен в асс. ***Oncophoro wahlenbergii—Deschampsietum borealis*** субасс. ***racomitrietosum lanuginosi*** (рис. **13, *г*$_1$**) и асс. ***Artemisio tilesii—Deschampsietum borealis*** субасс. ***typicum*** (рис. **13, *г*$_2$**). При низком значении проективного покрытия на конкретных пробных площадях, отраженных на рис. 1(5—45 %) структура растительного покрова становится 1-членной.

Рис. 13. Типы горизонтальной структуры

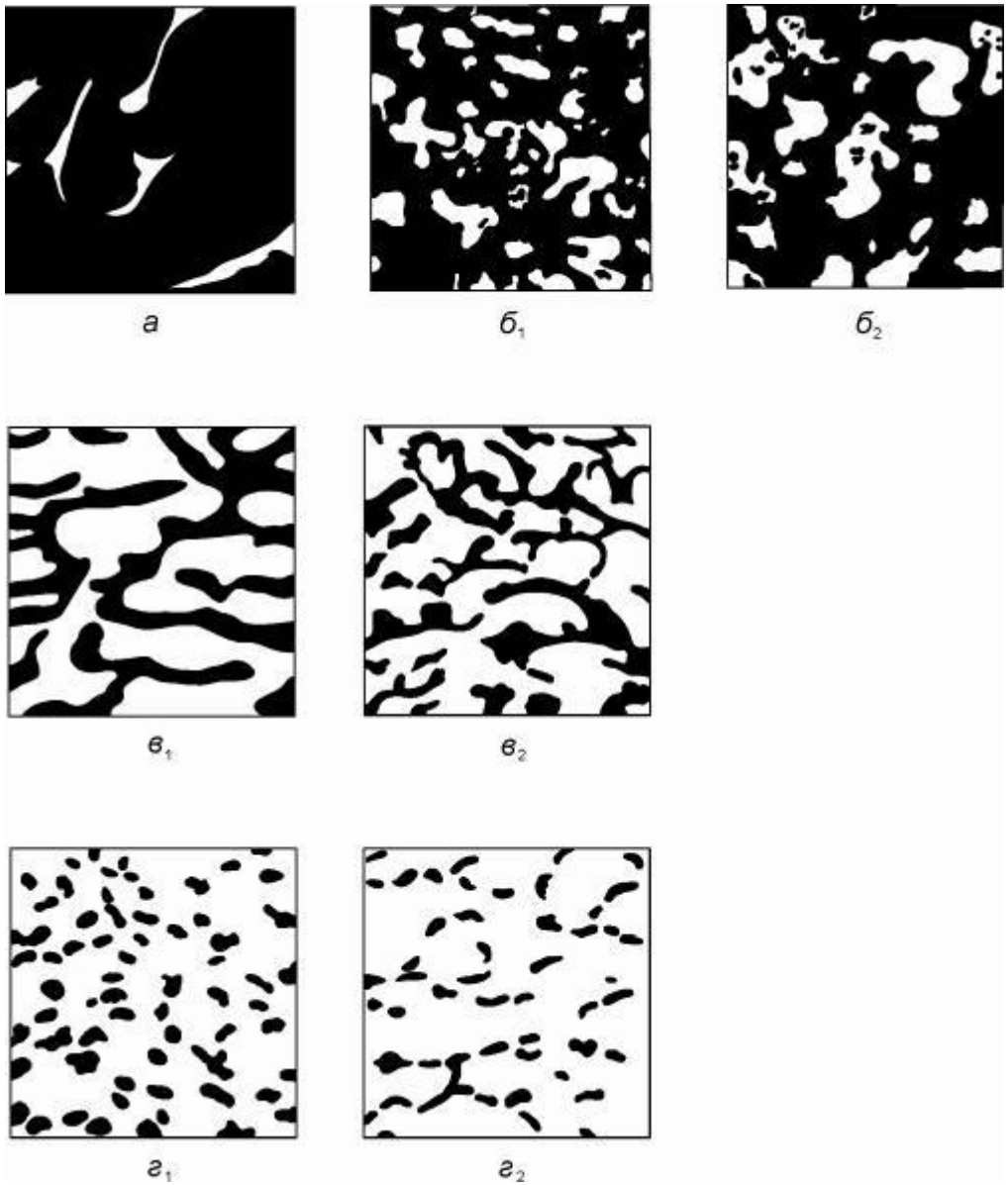


Рис. 15. Северный вариант подзоны типичных тундр (А)

Заросли *Salix lanata* subsp. *richardsonii* –

асс. *Parryo nudicaulis-Salicetum lanatae* Sekretareva 1995;
интрастенозональные сообщества;
высота кустарников – 40 – 50 см,
гомогенный тип структуры,
комплексы растительного покрова с сообществами *Carex lugens*, *Dryas integrifolia*, *Salix rotundifolia*

Сообщества *Salix glauca* s. str. + *Dryas punctata*

асс. *Brachythecio salebrosi – Salicetum glaucae*;
зональные сообщества (пологие скаты водоразделов разной экспозиции);
высота кустарников – 25 – 45 см,
гомогенный и нерегулярно-мозаичный тип структуры

Рис. 16. Южный вариант подзоны арктических тундр (В)

асс. *Carici lugentis – Hylocomietum alaskani* Sekretareva 1998

зональные и интрастенозональные сообщества;

высота кочек *Carex lugens* – 20-25 см;

регулярно-циклический связно-сетчатый тип структуры (3-х членный), фрагменты нерегулярно- мозаичного типа (чаще - на интразональных позициях),

площадь оголенного грунта - 40-60%,

4-5 микрогруппировок сосудистых растений и мхов

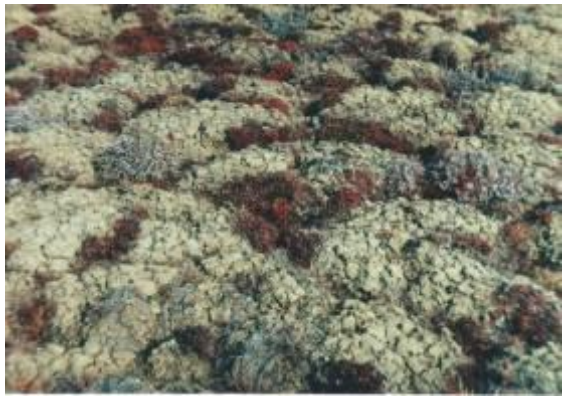


Рис. 17. Северный вариант подзоны арктических тундр (С)

асс. *Artemisio tilesii – Deschampsietum borealis*,
асс. *Salici polaris – Sanionietum uncinatae*
зональные сообщества (редко – интразональные),
высота моховых валиков – 8-12 см
регулярно-циклический (2-х членный),
разорванно-сетчатый тип структуры,
площадь оголенного грунта – 60-80%,

Рис. 18. Южный (приморский) вариант зоны полярных пустынь (D)

асс. *Oncophoro wahlenbergii – Deschampsietum borealis*;
зональные сообщества,
высота моховых валиков – 4-5 см
спорадично-пятнистый и разорванно-сетчатый тип структуры,
площадь оголенного грунта – 80-90%, на отдельных участках – 40-50%,

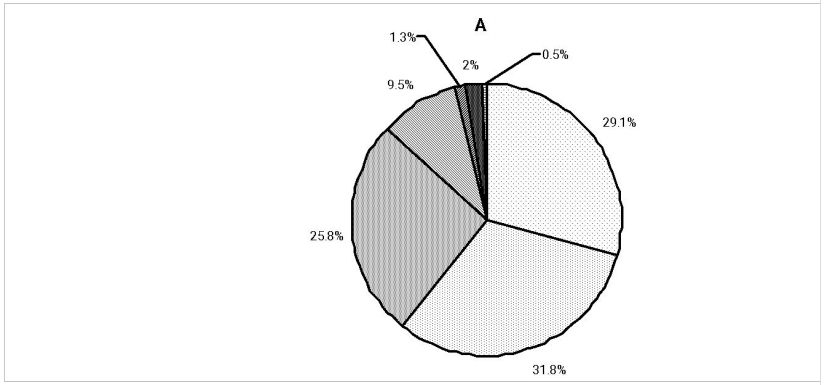
Для оценки соотношения широтно-географических групп видов использовались показатели встречаемости синтаксона, постоянства и среднего проективного покрытия вида в в той или иной зональной полосе. Встречаемость синтаксона представляет собой долю числа встреч данного синтаксона от числа встреч всех синтаксонов, выраженную в баллах. Использовалась 5-балльная шкала: 1 — 1—20 %, 2 — 21—40 %, 3 — 41—60 %, 4 — 61—80 %, 5 — 81—100 %. Далее рассчитывался мультипликативный показатель, полученный путем перемножения значений встречаемости, постоянства (в баллах от 1 до 5) и проективного покрытия (в процентах). Затем эти показатели суммировали по всем видам, составляющим одну широтно-экологическую группу в рамках одного синтаксона и получали соответствующий показатель. Далее суммировали такие показатели синтаксонов для всей зональной полосы, в результате чего получали числовое значение, характеризующее широтно-географическую группу в пределах зональной полосы (табл. **7**).

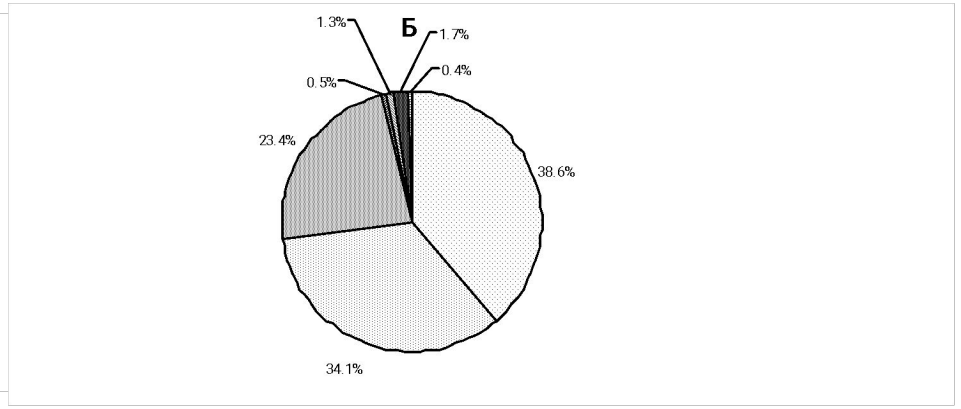
Табл. 7. Определение суммарного показателя широтно-географической группы

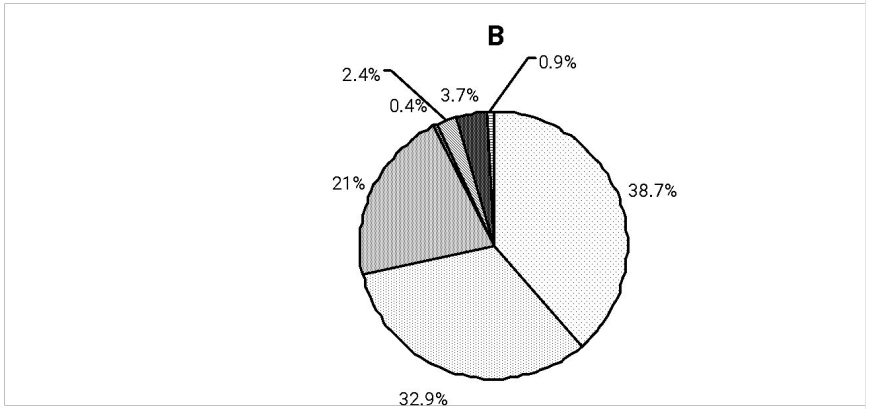
Полоса Г				
acc. *Salici polaris—Sanionietum uncinatae* (2)				
Показатели	**Встречаемость синтаксона в полосе (1—5)**	**Постоянство вида (1—5)**	**Среднее проективное покрытие вида (0—100)**	**Суммарный показатель**
Арктические				
Cerastium beeringianum subsp. *bialynickii*	1	4	0.6	2.4
Luzula nivalis	1	4	2.4	9.6
Deschampsia borealis	1	5	4.3	21.5
Alopecurus alpinus subsp. *borealis*	1	5	7.6	38
Stellaria edwardsii	1	3	1.2	3.6
Potentilla hyparctica s. str.	1	2	1.2	2.4
Ranunculus nivalis	1	2	0.8	1.6
R. sulphureus	1	2	0.6	1.2
Pedicularis novaiae-zemliae	1	1	0.6	0.6
Poa arctica	1	1	1.5	1.5
Saxifraga platysepala	1	1	0.5	0.5
Σ=				**82.9**

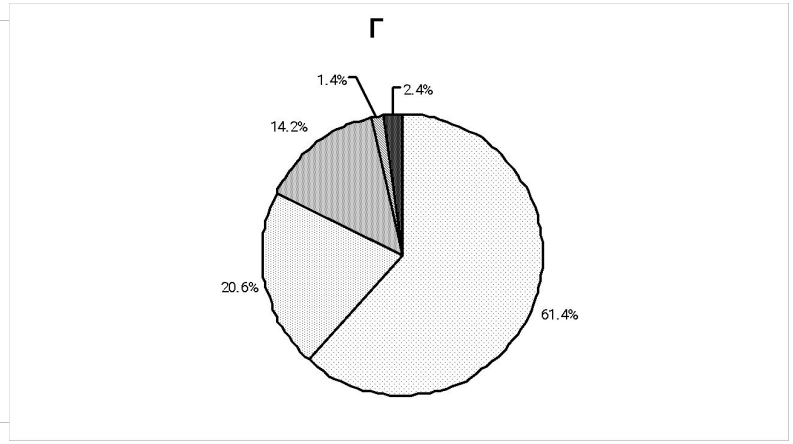
Анализ изменения спектров широтно-географических групп сосудистых растений на зональном градиенте приведен ниже (рис. **19**). От полосы А к полосе Г увеличивается суммарная доля арктической фракции: от 86.7 % до 96.2 %. При этом в составе фракции резко увеличивается доля собственно арктической группы видов (29.1 % и 61.4 %), при существенном снижении группы аркто-альпийских (25.8 % и 14.2 %). Также от полосы А к полосе Г уменьшается и участие гипоарктической группы: от 10.8 % до 1.4 %. При этом остается примерно на одном уровне доля видов бореальной фракции: в северном варианте подзоны типичных тундр она составляет 2.5 %, а в южном, приморском варианте зоны полярных пустынь — 2.4 %.

Рис. 19. Широтно-географические группы сосудистых растений



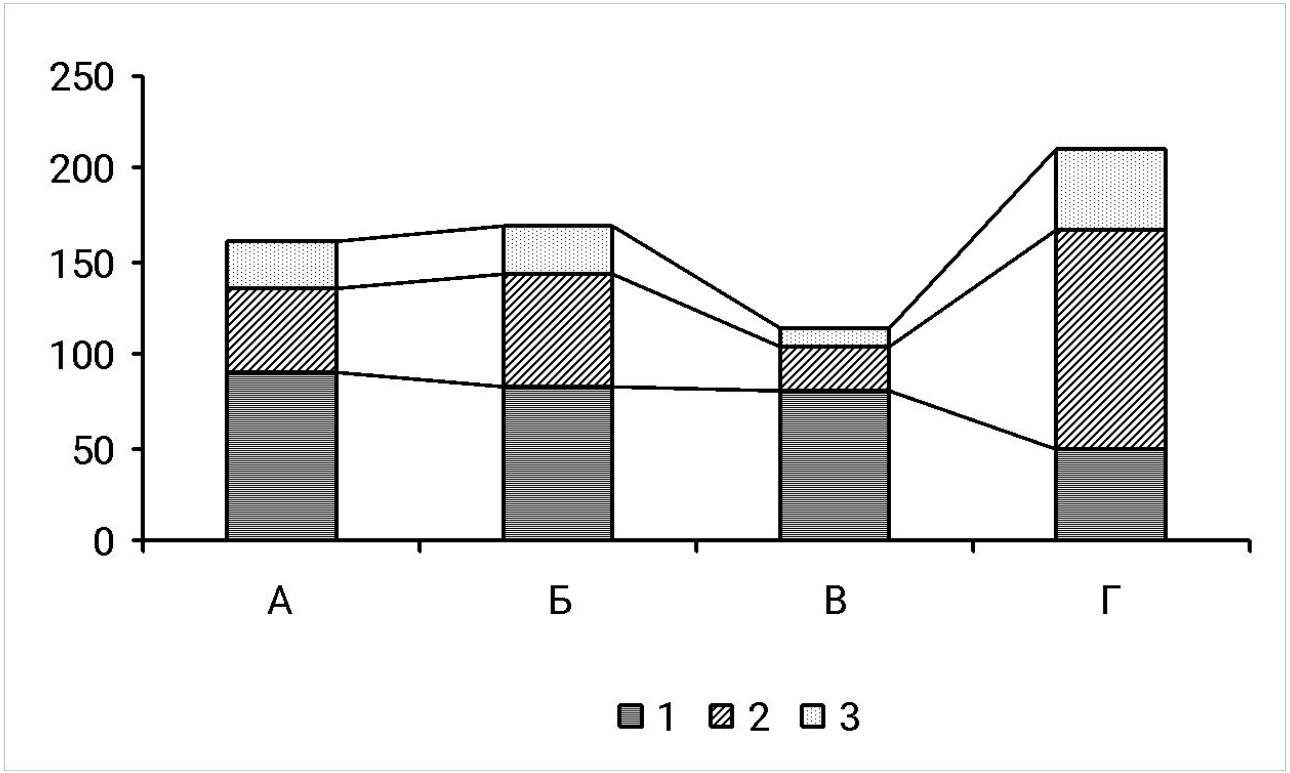






Значения общей надземной фитомассы в выборочных синтаксонах составляют: для полосы А — 161.5 г/м2, Б — 169.8 г/м2, В — 114.2 г/м2, Г — 210.2 г/м2 (рис. **20**). Обращает на себя внимание крайне высокое значение этого показателя в южном варианте полярных пустынь. Из отображенной на этом рисунке структуры фитомассы видно, что это значение определяется мхами, доля которых составляет в общей фитомассе 56.3 % (118.4 г/м2). Кроме того, фитомасса мхов крайне низка в северном варианте подзоны арктических тундр — 24.3 г/м2 или 21.3 % общей фитомассы. Для сосудистых растений характерен тренд на уменьшение фитомассы на зональном градиенте от полосы А к полосе Г: 89.9 г/м2 — 83.5 г/м2 — 80.1 г/м2 — 49.9 г/м2. Однако, изменение доли фитомассы сосудистых на градиенте выглядит по другому: если от полосы А к полосе Б она уменьшается от 55.6 % до 49.2 %, а в полосе Г составляет всего 23.8 %, то в полосе В резко увеличивается до 70.1 %. Изменение величины фитомассы лишайников и их доли в общей массе в целом аналогично таковому для мхов. Здесь выявлены близкие значения для полос А и Б (25.4 г/м2 и 26.6 г/м2 соответственно), уменьшение этой величины до 9.7 г/м2 в полосе В и существенное возрастание ее (41.9 г/м2) в полосе Г. Примерно так же меняется и доля этой группы: 15.8 % — 15.6 % — 8.5 % — 19.9 % (Казьмин, Холод, 2007).

Рис. 20. Структура надземной фитомассы в синтаксонах зональных позиций

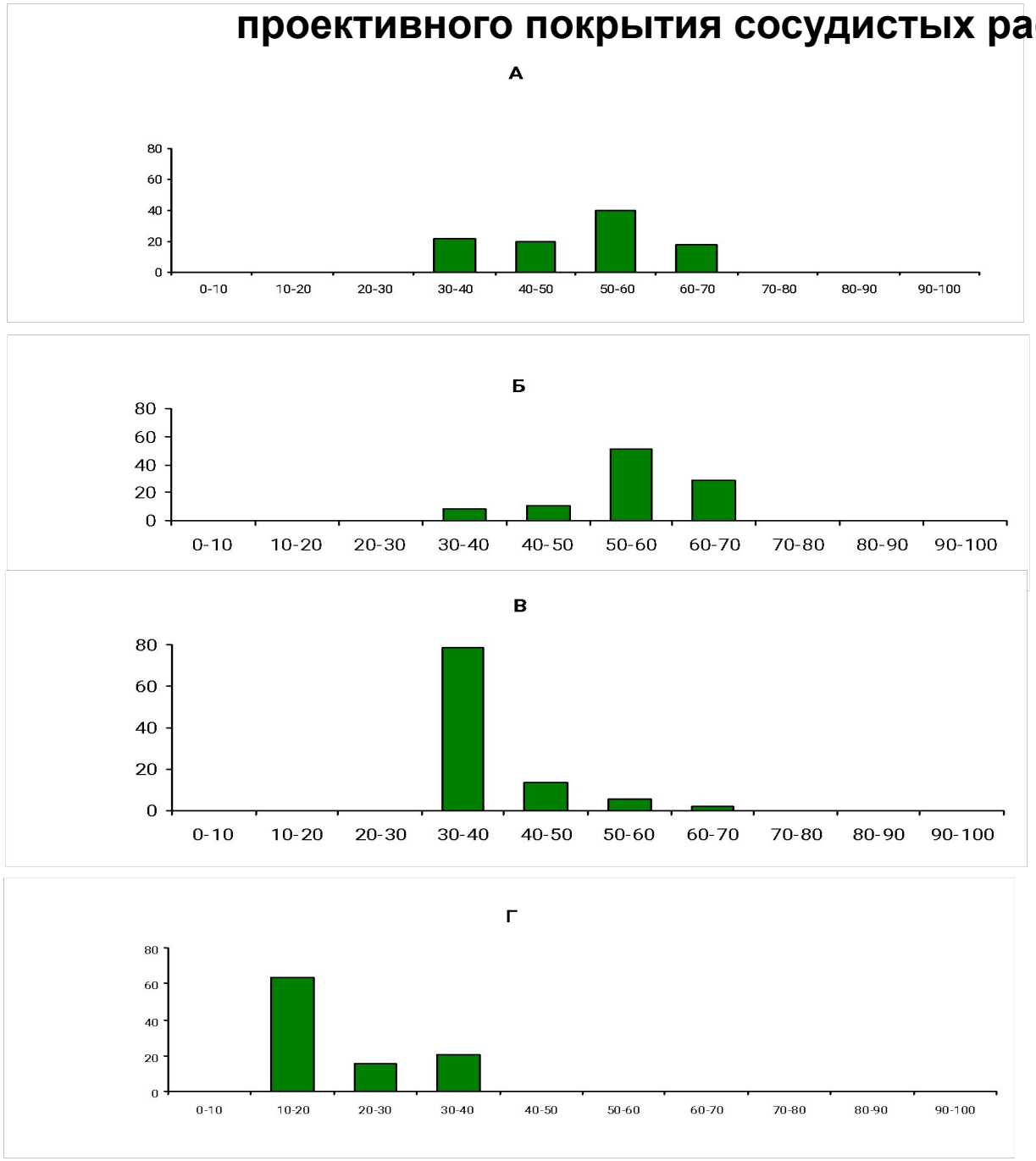


1 - сосудистые 2 - мохообразные 3 - лишайники

По оси у – величина фитомассы, г/м²

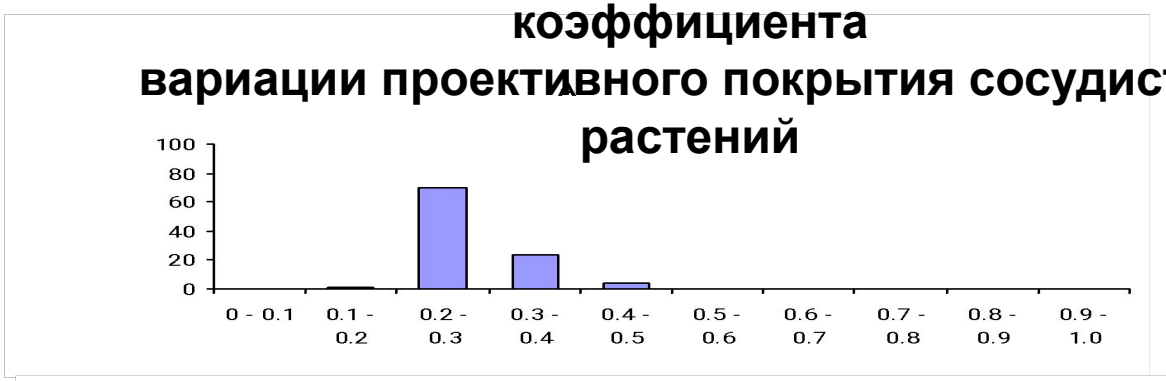
Для сосудистых растений отмечено уменьшение максимальных значений встречаемости этого показателя от полосы А к полосе Г (рис. **21**). В северном варианте подзоны типичных и южном варианте подзоны арктических тундр наиболее часто встречающийся диапазон значений проективного покрытия — 50—60 %, в северном варианте последней подзоны — 30— 40 %, а в южном варианте подзоны арктических тундр — 10—20 %. Эти максимумы в полосе А определяются сообществами кустарниковых (2 субассоциации асс. ***Brachythecio salebrosi—Salicetum glaucae***), осоковых (асс. ***Carici lugentis—Hylocomietum alaskani*** вар. ***inops***) и дриадовых (асс. ***Parryo nudicaulis—Dryadetum punctatae*** субасс. ***salicetosum callicarpaeae***, асс. ***Oxytropidi wrangelii—Dryadetum integrifoliae*** фац. ***Arctagrostis arundinacea***) тундр. В полосе Б — это те же синтаксоны дриадовых тундр и, кроме того, асс. ***Salici callicarpaeae—Dryadetum chamissonis*** вар. ***typicum***. В полосе В господствующий диапазон покрытия определяется сообществами 3 вариантов асс. ***Artemisio tilesii—Deschampsietum borealis*** и асс. ***Salici polaris—Sanionietum uncinatae***. В полосе Г преобладающий диапазон покрытия определяют сообщества 2 субассоциаций асс. ***Oncophoro wahlenbergii—Deschampsietum borealis***. Анализ приведенного рисунка показывает, что для одних зональных полос характерно одновершинное распределение диапазонов встречаемости проективного покрытия, а для других – двухвершинное. Последний случай отмечен в полосах А и Г. В них наблюдается вторая вершина, определяемая значением встречаемости в 30—40 %. В обоих случаях это сообщества вышеотмеченных синтаксонов: асс. ***Artemisio tilesii—Deschampsietum borealis*** и асс. ***Salici polaris—Sanionietum uncinatae***.

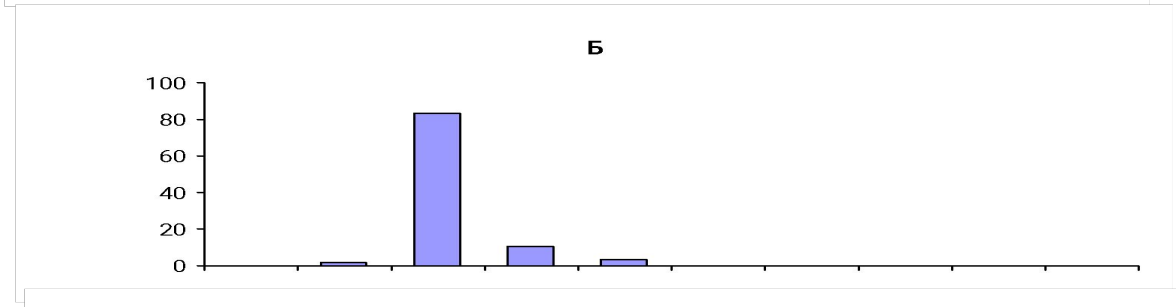
Рис. 21. Встречаемость разных диапазонов проективного покрытия сосудистых растений

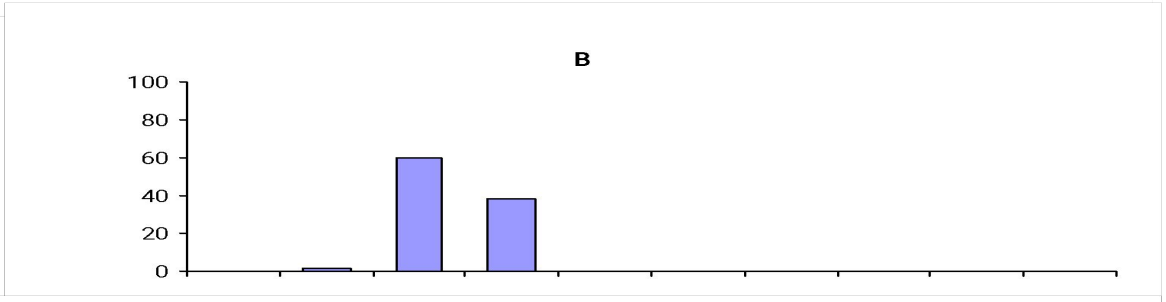


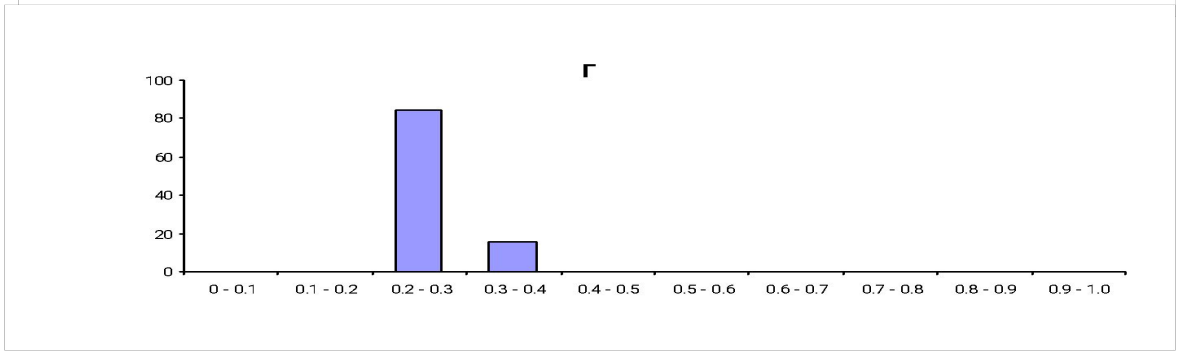
Изменение значений встречаемости коэффициента вариации проективного покрытия сосудистых растений на зональном градиенте выглядит следующим образом (рис. **22**). Максимальное значение встречаемости этого показателя во всех зональных полосах составляет 0.2—0.3. Разброс значений этой статистики для сосудистых растений на разных пробных площаях остается постоянным на зональном градиенте и небольшим по абсолютному значению. В полосе А этот диапазон определяется довольно стабильными значениями покрытия в зарослях ивняков (2 субассоциации асс. ***Brachythecio salebrosi—Salicetum glaucae***), осоково-моховых (2 варианта асс. ***Carici lugentis—Hylocomietum alaskani***) и травянисто-моховых (асс. ***Artemisio tilesii—Deschampsietum borealis*** субасс. ***salicetosum reptantis*** вар. ***Tomentypnum nitens***) тундрах. Для полосы В существенное значение имеют ивково-моховые тундры (асс. ***Salici polaris—Sanionietum uncinatae***), где варьирование значений проективного покрытия сосудистых (в первую очередь, *Salix polaris*) незначительно, а также травянисто-моховые (асс. ***Artemisio tilesii—Deschampsietum borealis*** субасс. ***salicetosum reptantis*** вар. ***Tomentypnum nitens***) и осоково-моховые (асс. ***Carici lugentis—Hylocomietum alaskani*** вар. ***inops***) тундры. Этот же диапазон в полосе Г определяется 2 субассоциациями асс. ***Oncophoro wahlenbergii—Deschampsietum borealis*** (с крайне незначительным варьированием проективного покрытия злаков *Deschampsia borealis* и *Alopecurus alpinus* subsp *borealis*), а также асс. ***Salici polaris—Sanionietum uncinatae***. При этом в трех полосах тундровой зоны встречаемость этого диапазона составляет не менее 70 %, и только в полосе В — 60 %. В этой последней несколько возрастает встречаемость коэффициента вариации в диапазоне 0.3—0.4 (40 %).

Рис. 22. Встречаемость разных диапазонов коэффициента вариации проективного покрытия сосудистых растений



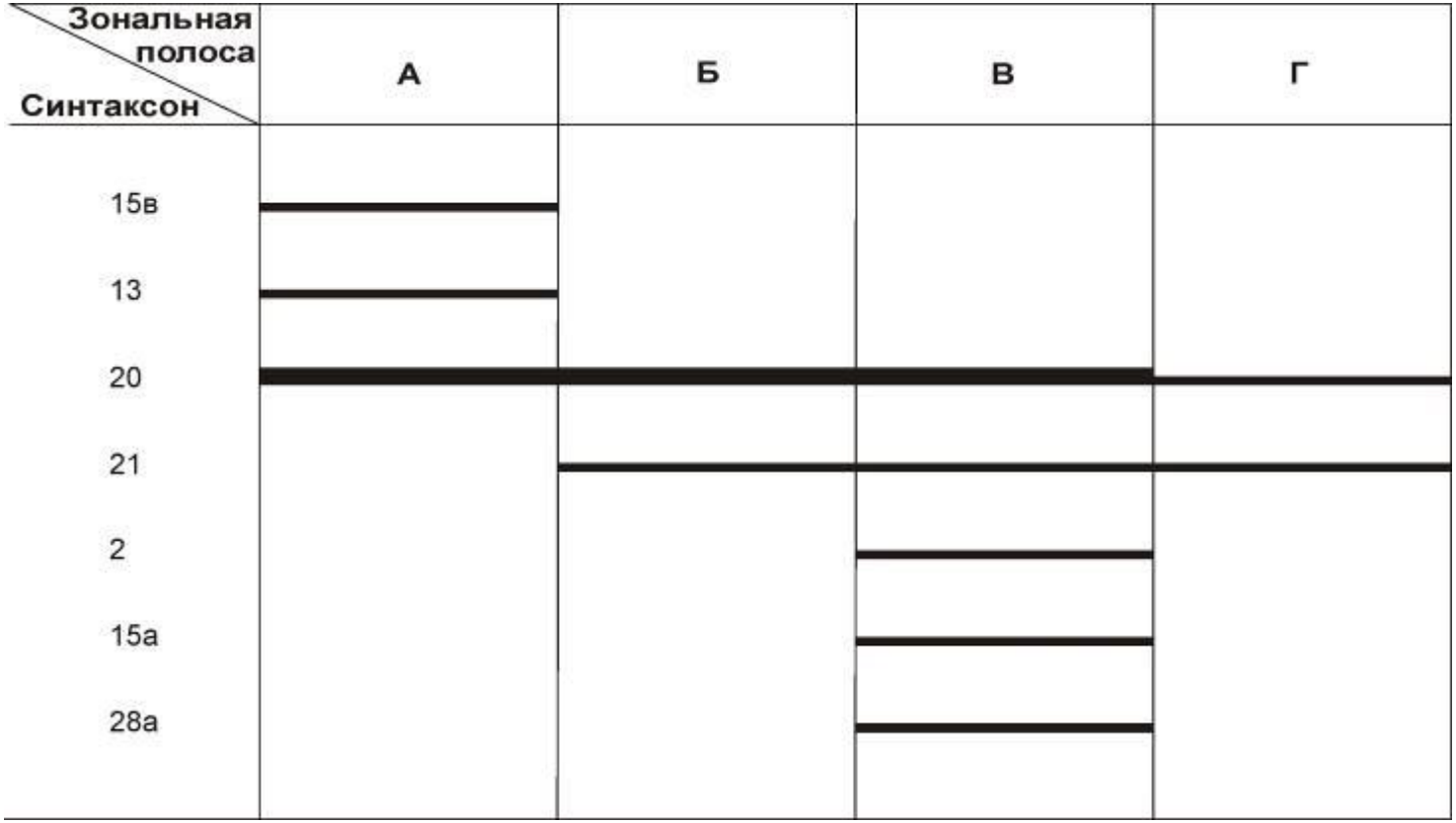






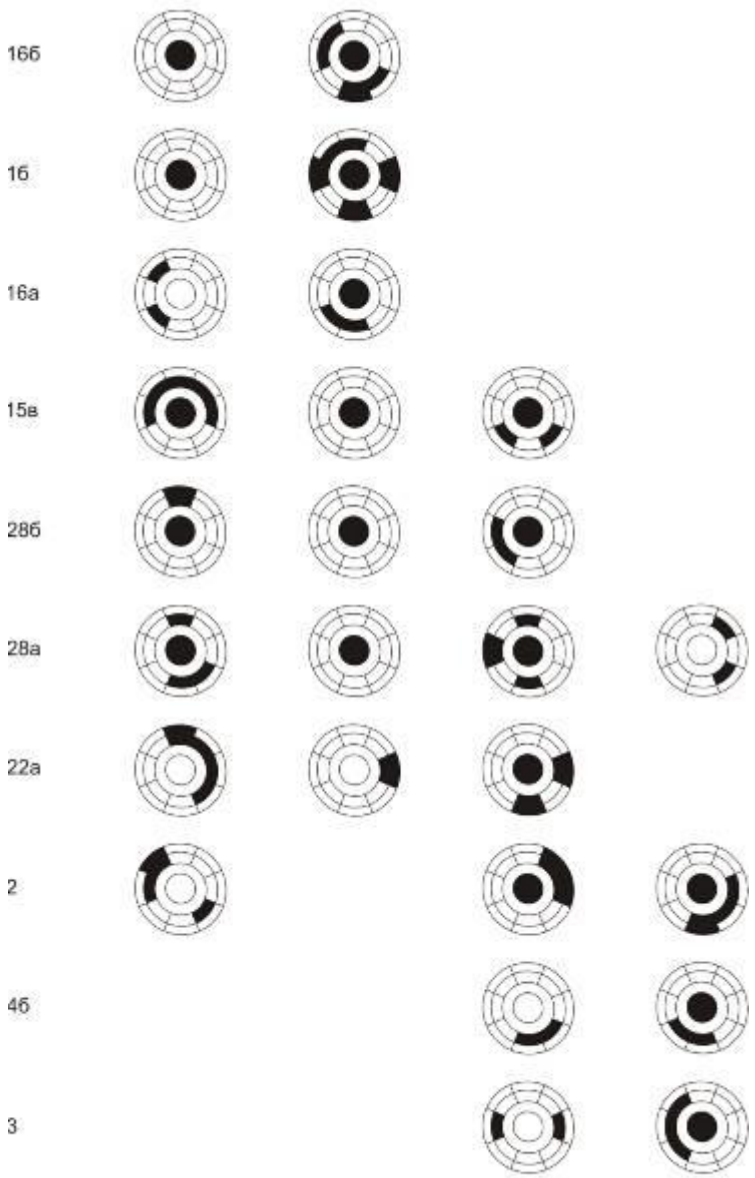
Зоноклины строились на основе методики, предложенной в работе Б. М. Миркина и Л. Г. Наумовой (1983). В основу схемы положен 3 балльный показатель встречаемости. Для расчета последней (для данного показателя) приняты следующие градации: 1 — синтаксон встречен в 1—33 % случаев, 2 — в 34—67 %, 3 — в 68—100 %, баллы встречаемости отражены на соответствующем рисунке линией разной ширины. Ниже (рис. **23**) приведен зоноклин юммовых местоположений. Для этих позиций особое значение имеют разнотравно-мохово-ивовые сообщества (луговины) нивального типа (асс. ***Salici polaris—Caricetum podocarpae -*** 20), являющиеся сквозными для всего острова, но по значению встречаемости дифференцирующие тундровую зону. Что касается синтаксонов, дифференцирующих отдельные зональные полосы, то здесь можно отметить только полосу А с присущими ей кассиопово-дриадовыми тундрами (асс. ***Dryado—Cassiopetum tetragonae*** вик. ***Saussurea tilesii*** - 13). Эти тундры в более северных полосах в юммовых местоположениях не встречаются, поскольку там они замещаются лишайниковыми коврами асс. ***Cetrariello delisi—Alopecuretum alpini*** (21). Последние отвечают гораздо более высокой норме заснеженности (при ярко выраженном эффекте позднего схода снега), чем характерна для этих позиций в полосе А. В центральных внутригорных котловинах снег на участках перегибов склонов сходит несколько раньше, что и определяет возможность появления здесь куртин *Cassiope tetragona*.

Рис. 23. Зоноклин юммовых местоположений



Для отображения характера экстразональных экспозиционных смен предложена круговая схема, разные секторы которой соответствуют экспозициям местоположений по сторонам света (рис. **24**). Отмечены 3 группы синтаксонов, различающихся по характеру их отношения к зональным местоположениям на градиенте. Это синтаксоны, 1) в более южных полосах приуроченные к зональным позициям, а севернее **—** «уходящие» с них (асс. ***Artemisio tilesii—Deschampsietum borealis*** субасс. ***typicum*** – 28а), 2) в более южных полосах занимающие интразональные позиции, а севернее **—** выходящие на зональные (асс. ***Salici callicarpaeae—Dryadetum chamissonis*** вар. ***typicum*** – 16а, асс. ***Salici rotundifoliae—Oxytropidetum wrangelii*** фац. ***typica*** – 22а, асс. ***Oncophoro wahlenbergii—Deschampsietum borealis*** субасс. ***petasitetosum frigidi*** – 4б, асс. ***Cladino arbusculae—Luzuletum nivalis*** - 3), 3) на всем зональном градиенте приуроченные к зональным позициям (асс. ***Salici callicarpaeae—Dryadetum chamissonis*** вар. ***Salix rotundifolia*** – 16б, асс. ***Carici lugentis—Hylocomietum alaskani*** вар. ***typicum*** – 1б, асс. ***Oxytropidi wrangelii—Dryadetum integrifoliae*** фац. ***Arctagrostis arundinacea –*** 15в, асс. ***Artemisio tilesii—Deschampsietum borealis*** субасс. ***salicetosum reptantis*** вар. ***Inops –*** 15а, асс. ***Salici polaris—Sanionietum uncinatae*** - 2).

Рис. 24. Экстразональные экспозиционные смены



Проведенный выше анализ экстразональных смен позволил выявить тренд изменения экспозиции синтаксонов на зональном градиенте (рис. **25**). С юга на север в целом наблюдается смена синтаксонами экспозиций с северной и северо-западной на западную, южную и юго-восточную. Однако, невысокое значение величины R^2 (0.0548) указывает на весьма слабую линейную зависимость. Это позволяет несколько откорректировать представления о причинах, способствующих таким сменам, и придти к выводу, что факторов, определяющих эти смены, несколько. В данном случае можно только предположить, что помимо той или иной степени теплообеспеченности склонов, существенную роль играют дренаж верхнего (надмерзлотного) почвенного горизонта, наличие суглинистых грунтов на склонах, а в других случаях, наоборот — мелкогалечно-дресвяных. Кроме того, существенное значение имеют и карбонатные грунты, как на водоразделах, так и на склонах.

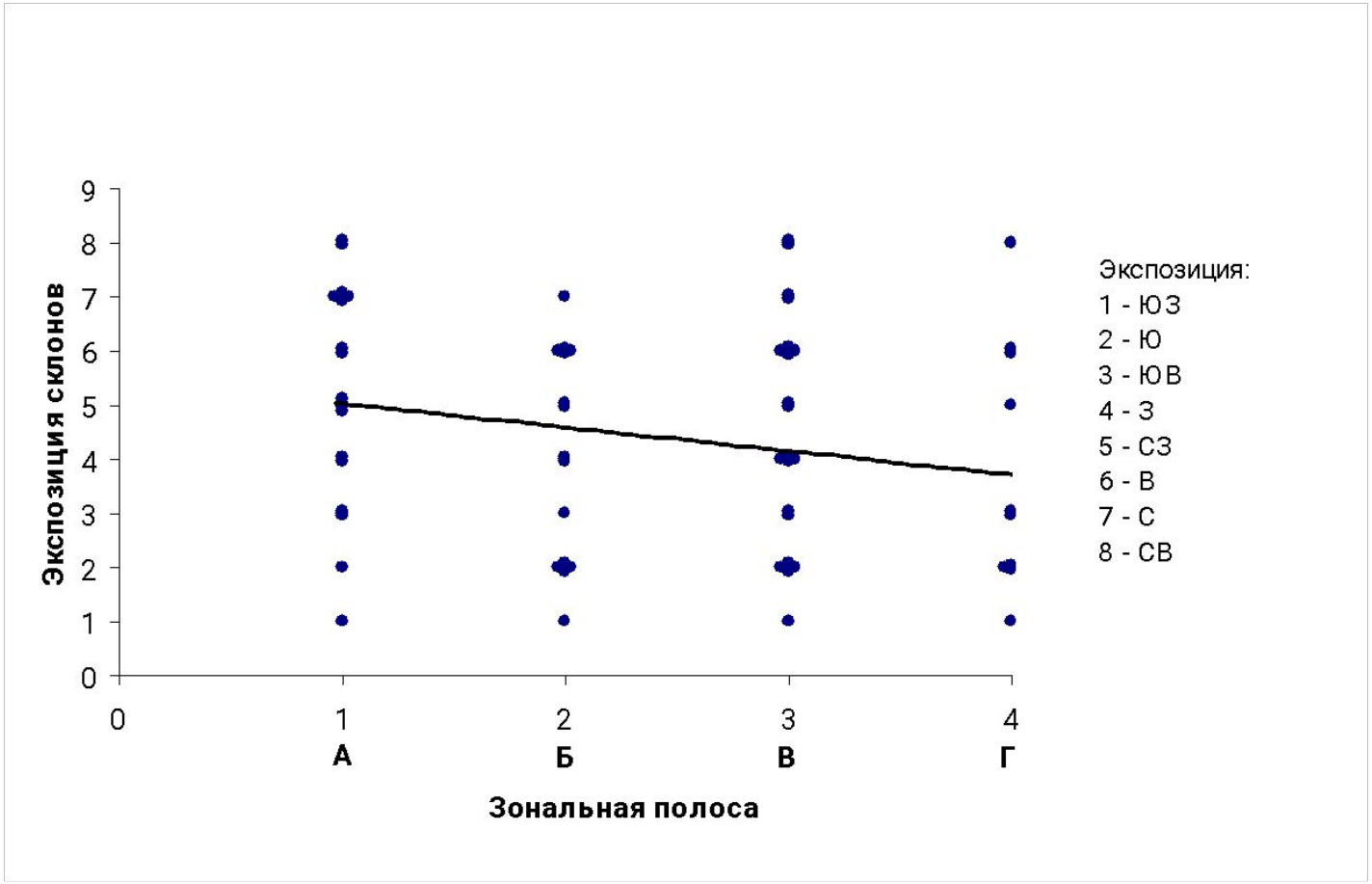



Рис. 25. Экспозиции местоположений экстразональных синтаксонов