

УДК 581:581.9

© Т. М. Королева,¹ А. А. Зверев,² А. Е. Катенин,¹
В. В. Петровский,¹ Е. Б. Поспелова,³ О. В. Ребристая,¹
Е. А. Ходачек,¹ О. В. Хитун,¹ С. В. Чиненко¹

**ДОЛГОТНАЯ ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА
ЛОКАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ ФЛОР
АЗИАТСКОЙ АРКТИКИ. 2**

T. M. KOROLEVA, A. A. ZVEREV, A. E. KATENIN, V. V. PETROVSKY,
E. B. POSPELOVA, O. V. REBRISTAYA, E. A. KHODACHEK, O. V. KHITUN,
S. V. CHINENKO. LONGITUDINAL GEOGRAPHICAL STRUCTURE
OF LOCAL AND REGIONAL FLORAS OF THE ASIAN ARCTIC. 2

¹ Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН
197376 С.-Петербург, ул. Проф. Попова, 2
E-mail: korolevatm@gmail.com

² Томский государственный университет
Томск
E-mail: ibiss@rambler.ru

³ Московский государственный университет,
Государственный биосферный заповедник «Таймырский»
Москва

E-mail: parnassia@mail.ru

Поступила 02.06.2010

Окончательный вариант получен 16.09.2010

На основе сети локальных флор проведено сравнительное изучение спектров долготной структуры 136 локальных и 6 региональных флор (сводных флор подпровинций) из Ямало-Гыданского, Таймырского и Чукотского секторов Азиатской Арктики. Рассмотрены особенности спектров региональных и локальных флор (ЛФ), рассчитаны уровни их сходства и определены территории со сходными спектрами ЛФ. Выделены типы долготной структуры ЛФ и представлено их распределение по территории секторов. Обсуждаются принятые в районировании Арктики флористические границы и рубежи, выявленные по изменениям параметров и уровню сходства спектров долготной структуры. Выяснено, что менее сходные по спектрам долготной структуры территории принадлежат, как правило, к выделам более высокого ранга во флористическом районировании.

К л ю ч е в ы е с л о в а: Азиатская Арктика, сеть пунктов мониторинга биоразнообразия, локальные и региональные флоры, долготные географические группы и фракции, флористические рубежи, типы долготной структуры.

Статья продолжает серию публикаций коллектива авторов (Юрцев и др., 2001, 2002, 2004; Королева и др., 2006, 2007, 2008а, б) с обсуждением результатов многолетних исследований флоры, освещающих разные аспекты структуры локальных (далее ЛФ) и региональных флор (далее РФ) сети пунктов мониторинга биоразнообразия Азиатской Арктики (Юрцев, 1997). Предыдущая статья (Королева и др., 2008а) была посвящена оценке изменений параметров долготных фракций и групп в ЛФ по территории трех секторов Арктики (Ямало-Гыданского, Таймырского и Чукотского), а публикуемая — сравнению спектров долготной структуры ЛФ и РФ шести подпровинций (далее ПП). Из-за ограниченного объема

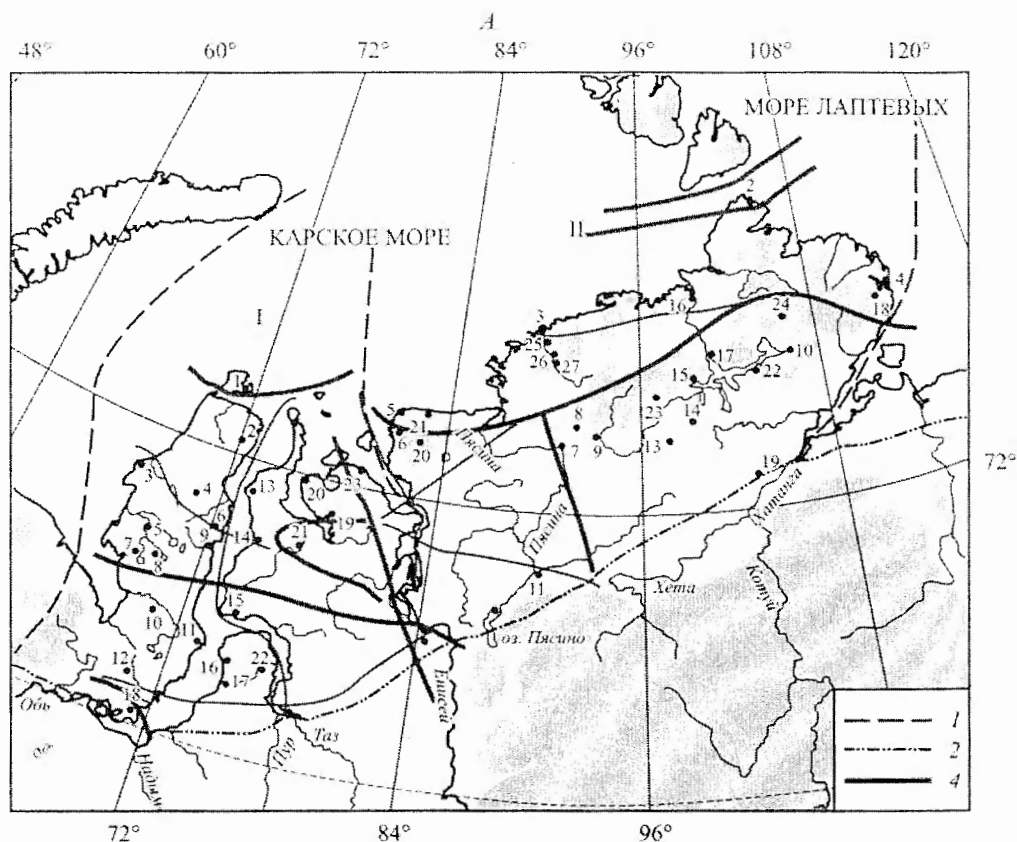


Рис. 1. Расположение границ, выделенных по линиям сгущения рубежей, проявившихся по перепадам численности в распространении 18 долготных групп и 5 фракций по территории Ямало-Гыданского, Таймырского (А) и Чукотского (Б) секторов.

На картосхемах (м. 1 : 9 500 000) здесь и на рис. 4—5 арабскими цифрами обозначены границы: 1 — флористических подпровинций, 2 — лесной зоны, 3 — подзоны крупных стлаников; и только здесь: 4 — проведенные по линиям сгущения рубежей. Более толстые линии проведены по сгущению большого количества рубежей. Римскими цифрами обозначены номера флористических подпровинций: А) I — Ямало-Гыданская, II — Таймырская; Б) I — Континентально-Чукотская, II — Врангелевская, III — Южночукотская, IV — Берингийско-Чукотская.

мы не обсудили в ней особенности долготной структуры РФ, что сделано в настоящей работе.

Использование безрангового понятия «сектор» позволяет избежать путаницы при обсуждении положения выявленных в ходе исследования рубежей и применяется к выделам как провинциального, так и подпровинциального уровня принятого флористического районирования (Юрцев и др., 1978). Так, Ямало-Гыданский сектор представляет собой одноименную ПП Европейско-Западносибирской провинции, Таймырский сектор — ПП Восточносибирской провинции, Чукотский сектор — самостоятельную провинцию, состоящую из 4 подпровинций.

В предыдущей статье мы привели разработанную нами систему долготных фракций и групп; рассмотрели распространение всех 18 групп и 5 фракций, выявив наличие или отсутствие градиентов (широтного, долготного, океаничности-континентальности) по числу или доле представителей разных групп и фракций в азиатской Арктике; определили на картосхемах местонахождение рубежей по перепаду численности представителей разных групп.

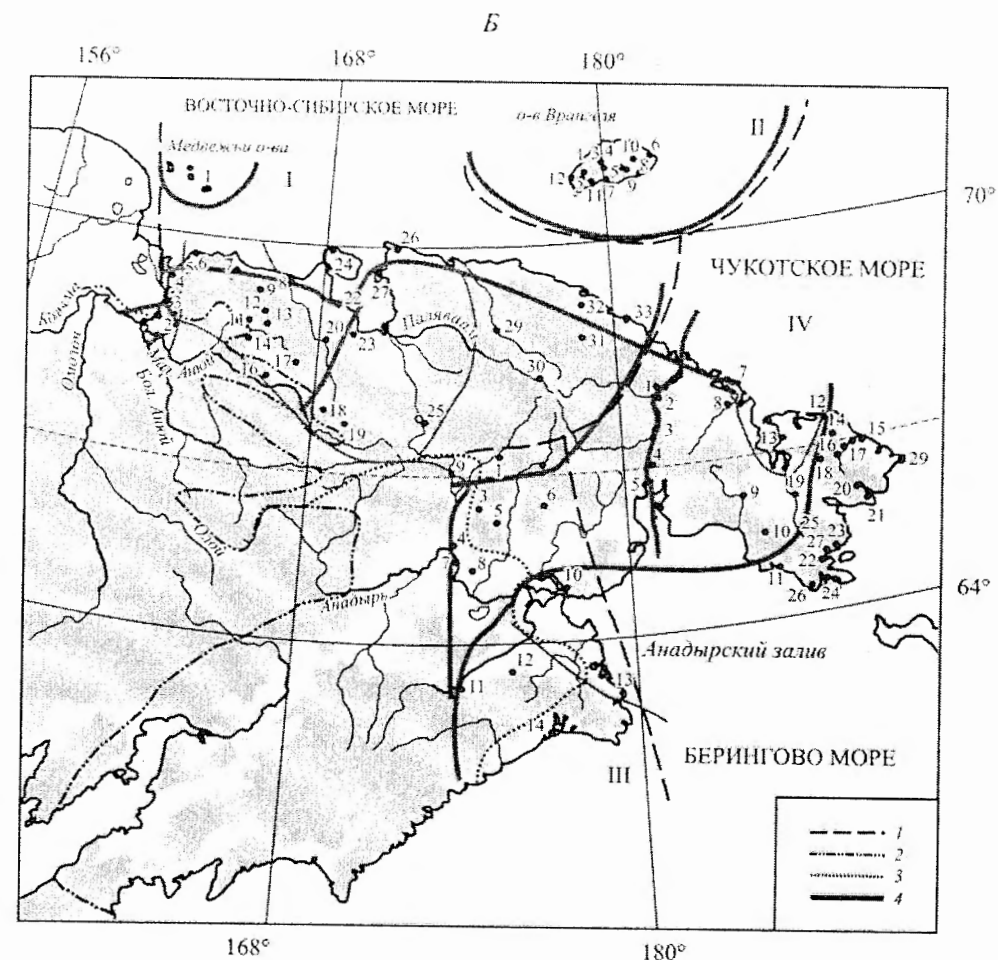


Рис. 1 (продолжение).

В завершение предыдущего исследования вышеупомянутые рубежи нанесены на картосхемы и по сгущению этих рубежей проведены новые, возможно соответствующие границам флористических выделов разного ранга (рис. 1). Большей частью эти линии не совпадают с общепринятыми границами, но есть и располагающиеся довольно близко к ним: например, в западных секторах это только одна линия — на территории Гыданского п-ова, а в Чукотском секторе — совпадают или почти совпадают несколько линий. Это линия, отделяющая Континентально-Чукотскую ПП от Берингийско-Чукотской, линия, отделяющая о-в Врангеля (и округ, и подпровинция), и линия, отделяющая восточную окраину Чукотского п-ова (почти совпадает с границей Крайневосточного округа Чукотской провинции, см. Юрцев и др., 1979). В Чукотском секторе не прослеживается совпадения с южной границей Арктической флористической области, проводимой по северной границе лиственных лесов и подзоны крупных стлаников, и лишь частично на западе Чукотки такой рубеж сближается с границей леса. Таким образом, по изменению параметров различных долготных групп и фракций можно проследить многие флористические рубежи, но для определения их ранга требуются дополнительные критерии, так как такие рубежи могут совпадать с границами выделов разного

ранга. Однако для выявления и оценки этапов флорогенеза этих территорий, реконструкции возможных путей формирования их растительного покрова все эти рубежи имеют большое значение.

Материалы и методика

Материалы, используемые в наших исследованиях, рассмотрены в предыдущей статье (Королева и др., 2008а), поэтому изложим используемые приемы и методы сравнительного анализа кратко. В настоящей работе проведено сравнение спектров долготных групп и фракций всех 136 ЛФ и 6 РФ, представляющих собой сводные списки флор подпровинций, составленных путем обобщения только тех ЛФ, которые включены в сеть. Анализ проводился в следующей последовательности:

1. Распределение видов всех ЛФ по двум фактор-множествам: по долготным группам и фракциям в интегрированной ботанической информационной системе IBIS 6.0 (Зверев, 1998, 2007а, б).
2. Подсчеты количественного и процентного участия представителей каждой группы и фракции в каждой ЛФ и РФ. Сведение данных в таблицы, на основе которых проведен анализ спектров и выявлены типы долготной структуры ЛФ (на уровне фракций).
3. Анализ распространения каждой группы и фракции по территории подпровинций или секторов путем нанесения на картосхему числовых значений (числа видов или доли) всех групп и фракций во всех ЛФ. Составлено 92 картосхемы.
4. Обработка спектров долготной структуры всех ЛФ и РФ — вычисление попарного сходства ЛФ по каждому из фактор-множеств с использованием модифицированного для весовых множеств коэффициента Сьеренсена—Чекановского (Юрцев, Сёмкин, 1980). Матрицы сходства экспортированы из системы IBIS в программу Statistica for Windows 6.0 (Hill, Lewicki, 2006), в которой проведена иерархическая агломеративная кластеризация и построены дендрограммы методом взвешенного среднеарифметического связывания (WPGMA) (Зверев, 2007а). Всего получено 6 дендрограмм: 4 — по сходству спектров на уровне групп и фракций РФ и 2 — по сходству спектров на уровне групп и фракций всех 136 ЛФ. При анализе РФ был апробирован предложенный А. А. Зверевым новый методический прием — «взвешивание» параметров долготной структуры на основе числа их регистраций в ЛФ в пределах подпровинции. Для сравнения результатов были использованы два способа генерализации: 1) «невзвешенный», т.е. без учета частоты встречаемости данного элемента фактор-множества в региональной флоре (вес каждого элемента в генерализованной таблице равен сумме относящихся к нему видов флоры) и 2) «взвешенный» по частоте встречаемости (вес элемента равен сумме выраженных в процентах встречаемостей всех относящихся к нему видов флоры). Выяснено, что дендрограммы на основе «взвешенной» генерализации точнее отражают связи между флорами подпровинций, чем на основе «невзвешенной».
5. Обозначение выявленных на дендрограммах кластеров, составленных близкими по структуре ЛФ цифровыми и буквенными индексами в нисходящем порядке на разных уровнях сходства, и нанесение этих обозначений на картосхемы. На картосхемах между ЛФ, принадлежащими к разным кластерам, проведены линии-границы с указанием уровня сходства в процентах. Составлено 4 картосхемы.
6. Обозначение буквенными индексами выявленных типов долготной структуры ЛФ и нанесение этих обозначений на картосхемы, что позволило получить картину распределения этого показателя по территории секторов между ЛФ, относящихся к разным типам. Составлено 2 картосхемы.
7. Сведение на единой картосхеме всех границ, выявленных разными приемами по показателям долготной структуры локальных флор. Составлено 2 картосхемы.

Таким образом, исследование основано на анализе 6 дендрограмм, 2 таблиц и 100 картосхем.

Обсуждение результатов

I. Долготная структура региональных флор

На уровне фракций долготная структура флор 6 рассматриваемых ПП имеет сходные общие черты как по составу (все фракции представлены во всех РФ), так и по их участию: везде ведущую роль играют виды циркумполярной фракции (далее Ц), а второе место в большинстве РФ — у евразийской (ЕАз) фракции (табл. 1). Такая структура в Ямало-Гыданском (30.2 %) и Таймырском (33.2 %) секторах, а также в Континентально-Чукотской (30.9 %) и Южночукотской (27.3 %) ПП Чукотского сектора, причем в последних в отличие от западных секторов участие ЕАз и Ц фракций почти одинаково. Принципиальное отличие Ямало-Гыданского и Таймырского секторов от Чукотского — преобладание в них видов с широкими ареалами, тогда как в ПП Чукотки существенно повышена роль видов с более узкими ареалами при сохранении ведущей роли Ц фракции. На о-ве Врангеля второе место занимают виды уже преимущественно-евразийской (прЕАз) фракции, но участие видов ЕАз фракции лишь незначительно ниже. Наиболее заметно отличается структура флоры Берингийской Чукотки, где три следующие за Ц фракции (прЕАз, приокеаническая (пОк) и ЕАз) представлены практически поровну. При сравнении структуры объединенной флоры западных секторов (Ямало-Гыданского и Таймырского вместе) с флорой Чукотского сектора (табл. 1) различия еще более очевидны, что может служить четким признаком принадлежности этих сводных флор разным крупным выделам флористического районирования. Таким образом, отличия уже на уровне фракций позволяют говорить как о довольно высокой степени единства РФ 4 более западных ПП, так и об их существенном отличии от самых восточных ПП, что обусловлено как географическим положением, так и уникальной историей развития флоры Берингии.

На уровне долготных групп единство и различия структуры 6 РФ проявляются сильнее (табл. 1):

В Ямало-Гыданском секторе наряду с доминирующей (38 %) циркумполярной (далее Ц) группой довольно многочисленны виды с широкими ареалами: евразийскими (ЕАз) и евразийско-западноамериканскими (ЕАз-ЗАм) (более 20 % в региональной флоре), несколько меньше роль видов азиатской (Аз) и азиатско-западноамериканской (Аз-ЗАм) групп (около 13 %). На остальные долготные группы приходится менее 1/3 видового состава флоры этого сектора, практически отсутствуют специфические для этой территории виды. Семь групп из 18 здесь не были представлены на более ранних этапах анализа (Королева и др., 2006), однако после включения в анализ ЛФ из восточной части Гыданского п-ова представители четырех групп (среднесибирской (СС), восточноазиатской (ВАз), восточноазиатско-западноамериканской (ВАз-ЗАм), восточноазиатско-американской (ВАз-Ам) из отсутствующих семи появились во флоре и этого сектора (табл. 1). Явно требуется уточнение статуса и принадлежности к выделам районирования Арктики территории восточной части Гыданского п-ова, которая по представленности многих долготных групп отличается от остальной территории Ямало-Гыданского сектора и, возможно, ее следует отнести к Таймырской подпровинции. С другой стороны, сравнительный анализ ЛФ Таймыра (Поспелова, 2000) показал существенные различия во флоре восточной и западной частей полуострова, проявляющиеся в усилении к востоку роли видов ВАз и ВАз-Ам групп, снижении доли видов ЕАз группы и почти полному исчезновению западноевразийской (ЗЕАз) группы. Граница между ними проходит примерно по водоразделу рек Пясины и Верхней Таймыры (на

ТАБЛИЦА 1
Спектры долготной структуры региональных флор Азиатской Арктики

Долготные фракции (I– V) и группы (1–18)	Подпровинции												Ямало-Гыданская и Таймырская подпровинции (51 ЛФ)	Чукотская провинция (85 ЛФ)		
	Ямало-Гыданская (24 ЛФ)		Таймырская (27 ЛФ)		Континентально-Чукотская (30 ЛФ)		Врангелевская (12 ЛФ)		Южночукотская (14 ЛФ)		Берингийско-Чукотская (29 ЛФ)					
	1*	2*	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2			1	2
I Ц**	193	43.6	201	40.4	232	31.6	151	37.0	214	29.4	210	29.6	225	36.0	255	24.9
II ЕАз	134	30.2	165	33.2	227	30.9	83	20.3	199	27.3	133	18.8	226	36.2	338	33.0
III прЕАз	87	19.6	104	20.9	145	19.7	89	21.8	149	20.5	144	20.3	125	20.0	166	16.2
IV прАм	10	2.3	22	4.4	63	8.6	45	11.0	63	8.7	84	11.8	27	4.3	102	10.0
V пОк	19	4.3	5	1.0	68	9.3	40	9.8	103	14.1	138	19.5	22	3.5	163	15.9
Всего	443	100.0	497	100.0	735	100.0	408	100.0	728	100.0	709	100.0	625	100.0	1024	100.0
1. Ц (I)***	169	38.1	167	33.6	191	26.0	130	31.9	175	24.0	173	24.4	188	30.1	207	20.2
2. пЦ (I)	24	5.4	34	6.8	41	5.6	21	5.1	39	5.4	37	5.2	37	5.9	48	4.7
3. ЕАз (II)	53	12.0	39	7.8	49	6.7	7	1.7	40	5.5	17	2.4	64	10.2	57	5.6
4. ЗЕАз (II)	45	10.2	26	5.2	—	—	—	—	—	—	—	—	52	8.3	—	—
5. Аз (II)	29	6.5	32	6.4	26	3.5	8	2.0	19	2.6	13	1.8	40	6.4	30	2.9
6. ВАз (II)	3	0.7	38	7.6	90	12.2	31	7.6	68	9.3	45	6.3	39	6.2	111	10.8
7. СС (II)	4	0.9	30	6.0	—	—	—	—	—	—	—	—	31	5.0	—	—
8. Ч (II)	—	—	—	—	62	8.4	37	9.1	72	9.9	58	8.2	—	—	140	13.7
9. ЕАз-ЗАм (III)	37	8.4	33	6.6	37	5.0	21	5.1	41	5.6	36	5.1	39	6.2	43	4.2
10. Аз-ЗАм (III)	28	6.3	37	7.4	43	5.9	29	7.1	43	5.9	44	6.2	40	6.4	45	4.4
11. ВАз-ЗАм (III)	4	0.9	25	5.0	57	7.8	33	8.1	60	8.2	58	8.2	25	4.0	68	6.6
12. ВАм-ЕАз (III)	18	4.1	9	1.8	8	1.1	6	1.5	5	0.7	6	0.8	21	3.4	10	1.0
13. ВАз-Ам (IV)	1	0.2	15	3.0	28	3.8	17	4.2	23	3.2	24	3.4	16	2.6	34	3.3
14. Ч-Ам (IV)	—	—	—	—	17	2.3	19	4.7	17	2.3	34	4.8	—	—	39	3.8
15. Ч-Ам-ЗЕАз (IV)	9	2.0	7	1.4	18	2.4	9	2.2	23	3.2	26	3.7	11	1.8	29	2.8
16. аО (V)	9	2.0	—	—	5	0.7	1	0.2	17	2.3	19	2.7	9	1.4	23	2.2
17. Отпх (V)	—	—	—	—	63	8.6	39	9.6	86	11.8	119	16.8	—	—	140	13.7
18. Оатл (V)	10	2.3	5	1.0	—	—	—	—	—	—	—	—	13	2.1	—	—
Всего	443	100.0	497	100.0	735	100.0	408	100.0	728	100.0	709	100.0	625	100.0	1024	100.0

Примечание. * В таблице: 1 — число видов и подвидов, 2 — то же в % от общего числа видов во флоре. Прочерк — отсутствие видов данной группы. ** В табл. 1, 2: Фракции: I — циркумполярная, II — евразийская, III — преимущественно-евразийская, IV — преимущественно-американская, V — приполярная. Группы: 1 — циркумполярная, 2 — почти циркумполярная, 3 — евразийская, 4 — западноевразийская, 5 — азиатская, 6 — восточноазиатская, 7 — среднесибирская, 8 — чукотская, 9 — евразийско-западноамериканская, 10 — азиатско-западноамериканская, 11 — восточноазиатско-западноамериканская, 12 — восточноамериканско-евразийская, 13 — восточноазиатско-американская, 14 — чукотско-американская, 15 — чукотско-американско-западноевразийская, 16 — амфиокеанская, 17 — притихоокеанская, 18 — приатлантическая. *** В табл. 1, 2 после названий долготных групп в скобках указаны номера фракций, к которым они относятся.

юге — Хатанги), т. е. примерно соответствует той, которая проявилась по сгущению рубежей на рис. 1, А и 5, А. Поэтому западный Таймыр следовало бы объединить с восточным Гыданом в одну фитохорию, но ранг ее необходимо дополнительно уточнять.

В Таймырском секторе долготные географические группы представлены более разнообразно — отсутствуют лишь три (чукотская (Ч), притихоокеанская (Отх), чукотско-американская (Ч-Ам)). Здесь также преобладают виды Ц группы (33 %) и виды с широкими ареалами: азиатско-американской (Аз-Ам), ЕАз-ЗАм и Аз-ЗАм групп (вместе около 21 %), виды ЕАз, Аз и ВАз групп (вместе около 22 %). РФ этой подпровинции имеет в своем составе и специфические, отсутствующие в других секторах виды — среднесибирские, включая таймырские (30 видов, 6.0 %). Объединяет флоры 2 западных секторов Азиатской Арктики наличие видов западноевразийского распространения, т. е. отсутствующих восточнее п-ова Таймыр, в основном в его западной части (например, таких, как *Trollius asiaticus*, *Castilleja arctica* и др.). Таймыр, по всей видимости, является переходной зоной между восточноазиатскими и западноевразийскими флорами и в его пределах проходит важная биогеографическая граница, о чем писали многие авторы, в основном зоологи (Чернов, 1975; Рогачева, Сыроечковский, 2000).

Во всех подпровинциях Чукотской провинции тоже отсутствуют лишь 3 (ЗЕАз, СС, приатлантическая — Оатл) из 18 долготных групп, но роль представленных существенно изменяется. Доля видов Ц группы уменьшается, они составляют 24—26 % (до 32 % на о-ве Врангеля) флоры в подпровинциях, виды других групп с широкими ареалами — Аз-Ам (5 %) и ЕАз, ЕАз-ЗАм, Аз-ЗАм (вместе до 13—20 %) уступают в этом секторе ведущую роль видам с более узкими ареалами — ВАз, ВАз-ЗАм (вместе до 14—20 %) и особенно богато представлены в этом секторе виды Отх (8—17 %) и чукотской (8—10 %) групп (табл. 1). Виды трех групп — Ч, Отх и Ч-Ам — составляют специфическое ядро флоры Чукотской провинции (и ее 4 подпровинций) и насчитывают вместе 1/3 ее состава (319 видов, 31.2 %), а в ПП — 19—32 %. Такое изобилие специфических видов — яркое свидетельство динамичной и длительной непрерывной истории формирования флоры этих территорий, продолжающегося и в настоящее время. Число видов в этих специфических группах варьирует как между подпровинциями, так и внутри них — в ЛФ, что уже отмечалось нами ранее (Королева и др., 2006, 2007).

Оценить сходство региональных флор по полному спектру долготных групп и фракций можно с помощью дендрограмм, построенных описанным выше способом. На всех дендрограммах выявилось четкое и постоянное отделение флор 4 ПП Чукотки от двух западных (на уровне сходства около 80 % — для фракций и чуть более 60 % — для групп). При этом Ямало-Гыданская и Таймырская ПП объединяются между собой на уровне 94—97 % по спектру фракций и на уровне сходства 79—83 % по спектру групп. Чукотские ПП связываются на довольно высоком уровне сходства 87—96 % по спектрам и фракций, и групп, причем на «взвешенной» дендрограмме (рис. 2) флора Берингийской Чукотки обособлена на уровне сходства около 90 %, а на «невзвешенной» (в статье не приводится) она объединена в один кластер с флорой о-ва Врангеля. Первое положение точнее, так как проявляется и в ходе анализа на других уровнях, и иногда и других параметров. В целом очевидно очень высокое сходство по долготной структуре всех флор чукотских ПП. Можно сделать вывод о принадлежности всех исследуемых РФ к двум разным крупным выделениям районирования (возможно, провинциям): западные (Ямало-Гыданская и Таймырская) принадлежат одному крупному выделу, о чем свидетельствует высокий уровень сходства их долготной структуры и по группам,

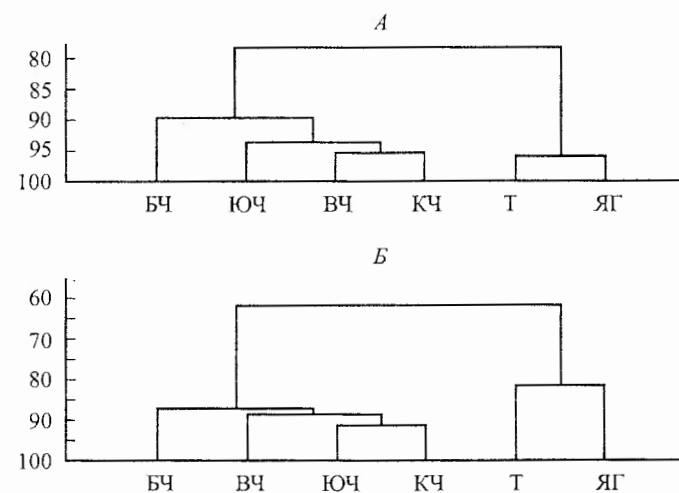


Рис. 2. Дендрограммы сходства по спектрам долготных фракций (А) и долготных групп (Б) региональных флор (=флор подпровинций), взвешенные по встречаемости видов в локальных флорах своей подпровинции.

Мера сходства флор — коэффициент Сьеренсена—Чекановского для весовых множеств, %. Обозначения региональных флор: ЯГ — флора Ямало-Гыданской подпровинции, Т — Таймырской, КЧ — Континентально-Чукотской, ВЧ — Врангелевской, ЮЧ — Южночукотской, БЧ — Берингийско-Чукотской.

и по фракциям, а все восточные — другому, что совпадает с выделениями принятого районирования только в отношении последних, вместе составляющих Чукотскую провинцию. Возможно, западные ПП относятся к двум разным провинциям (как это сделано в известном районировании), но по показателям спектров как фракций, так и групп такой уровень различий между ними не прослеживается. К тому же недостаток данных по ЛФ севера Якутии, без которых четко определить положение флоры Таймырской подпровинции затруднительно, пока не позволяет решить этот вопрос однозначно. По предварительным данным одного из авторов (Е. Б. Поспеловой), последняя в большей степени связана с РФ северной Якутии, чем с РФ Ямало-Гыданской подпровинции, причем как по составу флоры, так и по ее долготной структуре.

II. Долготная структура локальных флор

Анализ спектров долготной структуры 136 локальных флор также проведен на уровне фракций и групп и в таком порядке рассмотрен далее. Данные по спектрам ЛФ после получения дендрограмм были перегруппированы по принадлежности к обозначенным на дендрограмме кластерам (табл. 2). В табл. 2 приведены среднеарифметические показатели (и стандартная ошибка среднего) участия каждой группы и фракции в спектрах ЛФ по соответствующим кластерам.

Долготная структура локальных флор на уровне фракций

Спектры по фракциям в локальных флорах по составу довольно однообразны (в подавляющем большинстве ЛФ представлены все фракции, лишь в небольшом количестве ЛФ отсутствуют представители прАм или пОк фракций или их обеих), но по участию фракций вариабельность значительная. Во всех ЛФ, как и в РФ, доминирует (от 38 до 77 %) Ц фракция, из остальных наиболее многочисленны виды

ТАБЛИЦА 2

Усредненные по кластерам спектры долготной структуры локальных флор Анагаской Арктики

Долготные фракции (I—V) и группы (1—18)	Кластеры, выделенные по сходству долготной структуры*																	
	1А (2 ЛФ)**		1Б (15 ЛФ)		1В (14 ЛФ)		2 (21 ЛФ)		3А (17 ЛФ)		3Б (19 ЛФ)		3В (18 ЛФ)		3Г (30 ЛФ)		21Б (20 ЛФ)	
	I***		1		1		1		1		1		1		1		21Б (20 ЛФ)	
	2		2		2		2		2		2		2		2		21Б (20 ЛФ)	
I Ц	75.5	1.5	56.7	0.5	60.5	0.9	49.9	0.6	38.9	0.5	37.5	0.6	38.8	0.3	43.1	0.6	21Б (20 ЛФ)	21Б (20 ЛФ)
II ЕЛЗ	9.0	0.0	18.2	0.4	13.1	0.7	24.4	0.7	7.7	0.4	14.8	0.9	21.8	0.6	15.6	0.4	32.1	31.5
III прЕЛЗ	12.0	1.0	22.1	0.8	23.9	0.7	21.0	0.7	23.9	0.3	24.8	0.4	25.9	0.4	25.8	0.3	7.2	6.6
IV прАм	2.0	2.0	1.6	0.3	1.6	0.4	2.2	0.2	12.2	0.6	9.5	0.3	6.8	0.3	7.9	0.3	2.9	2.3
V пОк	1.0	1.0	1.7	0.5	0.9	0.2	2.5	0.5	17.4	0.5	13.4	0.5	6.4	0.3	7.5	0.3	3.0	1.9
1. Ц (I)**	45.2	1.0	59.6	2.6	53.9	1.1	45.5	0.8	33.0	1.5	33.4	0.5	37.9	0.7	32.1	0.3	32.1	31.5
2. пЦ (I)	5.0	0.3	3.4	0.5	5.2	0.5	7.4	0.3	6.5	0.5	5.6	0.2	5.8	0.3	7.2	0.2	7.2	6.6
3. ЕЛЗ (II)	11.4	0.5	8.1	0.4	4.6	0.4	7.2	0.3	8.5	1.5	1.1	0.2	2.2	0.3	2.9	0.2	2.9	2.3
4. ЗЕЛЗ (II)	8.6	0.6	3.4	0.6	0.5	0.2	1.6	0.2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
5. АЗ (II)	3.9	0.4	2.5	0.3	5.7	0.4	6.1	0.3	4.5	0.5	0.8	0.1	2.8	0.1	3.0	0.1	3.0	1.9
6. ВЛЗ (II)	0.4	0.2	0.1	0.1	1.3	0.3	3.6	0.4	11	1	2.5	0.2	5.8	0.4	9.0	0.4	9.0	5.3
7. СС (II)	0.4	0.2	0.3	0.2	1.6	0.4	3.0	0.4	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
8. Ч (II)	—	—	—	—	0.1	0.1	—	—	2.5	0.5	3.4	0.2	5.0	0.4	5.3	0.2	5.3	4.8
9. ЕЛЗ-ЗЛЗ (III)	10.5	0.3	10.5	1.0	8.8	0.4	8.6	0.4	9	0	6.8	0.3	7.3	0.2	8.0	0.2	8.0	7.1
10. АЗ-ЗЛЗ (III)	5.3	0.6	6.5	0.7	10.1	0.5	9.8	0.4	7.5	0.5	7.0	0.3	9.0	0.2	7.7	0.2	7.7	7.6
11. ВЛЗ-ЗЛЗ (III)	0.2	0.1	0.2	0.2	2.3	0.5	3.0	0.3	7.5	0.5	9.8	0.3	8.7	0.3	10.3	0.3	10.3	10.8
12. ВЛЗ-ЕЛЗ (III)	2.9	0.2	2.8	0.3	3.4	0.2	2.5	0.2	0.5	0.5	0.3	0.1	0.9	0.1	0.4	0.1	0.4	0.4
13. ВЛЗ-Ам (IV)	0.1	0.1	0.2	0.2	1.3	0.2	1.3	0.2	4	0	3.4	0.3	3.1	0.2	3.7	0.2	3.7	3.4
14. Ч-Ам (IV)	—	—	—	—	0.1	0.1	—	—	1	0	4.7	0.3	2.7	0.3	1.5	0.2	1.5	2.9
15. Ч-Ам-ЗЕЛЗ (IV)	2.6	0.2	0.9	0.2	0.7	0.2	0.2	0.1	1.5	0.5	3.8	0.2	1.9	0.1	2.4	0.2	2.4	2.8
16. аО (V)	1.8	0.2	0.2	0.1	—	—	—	—	—	—	2.1	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1
17. Опх (V)	—	—	—	—	0.3	0.3	—	—	3.5	—	15.3	0.4	7.0	0.3	6.7	0.3	6.7	12.1
18. ОагЛ (V)	2.3	0.2	1.5	0.2	0.3	0.1	0.4	0.1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0.4

Примечание. * Обозначения кластеров соответственно дендрограммам сходства спектров ЛФ по фракциям и группам (рис. 3). ** В скобках указано число ЛФ, входящих в кластер. *** В табл. 2: 1 — среднее арифметическое число видов групп или фракции в ЛФ данного кластера, 2 — стандартная ошибка.

прЕЛЗ (12—26 %) или ЕЛЗ (9—24 %) фракций, а роль видов прАм и пОк фракций почти везде незначительна, изредка представители последних в отличие от спектров РФ отсутствуют. Только в ЛФ восточной Чукотки наблюдается довольно высокое участие представителей пОк (6—13 %) и меньше — прАм (1.5—10 %) фракций (табл. 2), что естественно, учитывая ее географическое положение.

Все 136 ЛФ по сходству спектров по фракциям прежде всего разделились на уровне 72 % на 2 неравных блока: малочисленный блок 1, включающий ЛФ севера Ямала, Гыдана и Таймыра, и блок кластеров 2 и 3, сходство между которыми выше (78 %) и который объединяет подавляющее большинство ЛФ. Блок 1 далее на уровне сходства 84—90 % подразделяется на 3 кластера: 1А (всего 2 ЛФ — о-ва Белого севернее Ямала и о-ва Октябрьской революции), 1Б (8 ЛФ из средней части Ямала и 7 ЛФ северной и центральной части Таймыра) и 1В (5 ЛФ северных побережий Ямала и Гыдана и 8 ЛФ севера Таймыра, сюда же присоединяется единственная ЛФ из Чукотского сектора — о-ва Четырехстолбового). То же компактный блок кластеров 2 объединяет 10 ЛФ юга Ямала, Тазовского п-ова и Гыдана и 11 ЛФ средней части и юга Таймыра, которые только на уровне сходства 90—94 % распадаются на небольшие кластеры по территориальной принадлежности. Самый многочисленный 3-й блок кластеров включает ЛФ только из Чукотского сектора, которые на уровне сходства 86—90 % формируют 4 довольно компактных кластера, в основном не совпадающих с границами подпровинций: 3А — объединяет 17 ЛФ, расположенных на севере, востоке и юге Чукотского п-ова; 3Б — 10 ЛФ центральной части и западной части Чукотского п-ова и 9 ЛФ Южной Чукотки; 3В — 17 ЛФ Западной и запада Центральной Чукотки (кроме ЛФ побережий) и 1 ЛФ Южной Чукотки; 3Г — 12 ЛФ о-ва Врангеля, 14 ЛФ севера Континентальной Чукотки, 2 ЛФ Южной Чукотки, 2 ЛФ правобережья р. Амгуэмы в среднем течении. В табл. 2 приведены средние (из-за большого массива ЛФ) данные по спектрам ЛФ для всех рассмотренных выше 8 кластеров, демонстрирующие четкие различия последних.

При проецировании полученных кластеров на карту они ложатся компактными группами или полосами, что позволяет проводить между ними линии, разделяющие ЛФ разных кластеров, и указывать уровень сходства (в процентах) соседних кластеров. В Ямало-Гыданском и Таймырском секторах проявляются несколько таких линий, простирающихся в широтном направлении: с уровнем сходства 78 % — посередине Ямала, Гыдана и Таймыра, со сходством 88 % — отделяет ЛФ самых северных территорий этих секторов и самая северная — с уровнем сходства 84 % — острова Белый и Октябрьской революции. Т. е. в данном случае различия в долготной структуре ЛФ обусловлены зональным, широтным градиентом. В Чукотском секторе ЛФ разных кластеров компактно расположились на карте и могут быть разграничены линиями, показывающими разный уровень сходства, причем более высокий, чем в западных секторах: линия сходства 90 % разделила самые северные и более южные ЛФ Западной и Центральной Чукотки; аналогично отделились северные и западные территории Чукотки с более континентальным климатом (два кластера) от южных и восточных — с более океаническим климатом (два кластера). Т. е. в Чукотском секторе прослеживается дифференциация как по широтно-му градиенту, так и по градиенту континентальности—океаничности. Наименее сходны (86 %) с остальными из Чукотской провинции, ЛФ севера, востока и юга Чукотского п-ова, что еще раз приводит к выводу, что положение и ранг границы Берингийской Чукотки, как мы уже отмечали при анализе распространения фракций и групп (Королева и др., 2008а), нуждаются в дальнейшем изучении. По этому показателю самая отличающаяся от чукотских флор структура отмечена только у

ЛФ о-ва Четырехстолбовой (72 % сходства), что, возможно, указывает на принадлежность ее к другой провинции.

Таким образом, объединение ЛФ по сходству спектров долготных фракций не отразило флористическую целостность ни территории Ямало-Гыданской, ни Таймырской ПП и показало только некоторые подзональные изменения. В чукотском блоке только часть ЛФ Берингской Чукотки (ЛФ северного, восточного и южного побережья Чукотского п-ова) оказались в компактном кластере со сходством 90—94 %. Флоры же из остальных чукотских подпровинций оказались в «смешанных» кластерах: большинство флор Южной Чукотки с ЛФ центральных районов Чукотского п-ова; большинство ЛФ Континентальной Чукотки (кроме побережья) с самыми северными ЛФ из Южной Чукотки; все ЛФ о-ва Врангеля с флорами северного побережья и центральной части Континентальной Чукотки.

Анализ показал небольшое хронологическое разнообразие флор по рассматриваемому показателю, а высокие уровни сходства спектров по долготным фракциям (всегда не ниже 70 %) свидетельствуют о заметном единообразии их структуры, что указывает, вероятно, на принадлежность всех ЛФ единому флористическому выделу высокого ранга. По всей вероятности, этот показатель отражает принадлежность всех 136 ЛФ к Арктической флористической области.

Долготная структура локальных флор на уровне групп

Спектры долготных групп ЛФ значительно разнообразнее, и по этому признаку ЛФ объединяются в кластеры на более низких уровнях сходства, чем спектры долготных фракций. Как и в последних, в спектрах по группам во всех ЛФ наиболее многочисленна или доминирует Ц группа, но уже на уровне второго-третьего места в спектре различия проявляются четко. Так, в западных ПП высока роль ЕАз, ЕАз-Зам и на самом западе — ЗЕАз групп, чуть ниже — почти циркумполярной (пЦ) и Аз-Зам групп, участие остальных невысоко, а в чукотских ПП высока роль значительно большего числа групп: Отих, ВАз-Зам, Аз-Зам, ЕАз-Зам, пЦ, ВАз, Ч. Такие различия — несомненное свидетельство принадлежности рассматриваемых флор к разным крупным выделениям флористического районирования.

При кластеризации по сходству спектров долготных групп все 136 ЛФ разделились на 2 блока на уровне сходства 62 % (рис. 3). В 1-й блок, объединяющийся на уровне 70 %, вошли все «западные» флоры, а во 2-й, объединяющийся на уровне 80 %, вошли все чукотские флоры, кроме ЛФ о-ва Четырехстолбового, которая и по этому показателю оказалась ближе к флорам северного побережья Таймыра (кластер 1Ва).

В 1-м (западном) блоке на уровнях сходства 70—74 % выделяются 4 компактных кластера: 1А — 12 ЛФ южной половины Ямало-Гыданской ПП, к ним примкнули и 2 самых юго-западных таймырских ЛФ; 1Б — 11 самых северных ямало-гыданских флор, к которым примыкает и 1 самая северная таймырская ЛФ (о-в Октябрьской революции); 1В — объединяющий преимущественно ЛФ Таймыра и распадающийся на 2 компактных подкластера (1Ва — 10 ЛФ северного побережья Таймыра, 1 ЛФ северо-востока Гыдана, 1 ЛФ Чукотского сектора (о-ва Четырехстолбового)), 1Вб — 14 более южных таймырских ЛФ, что отражается на картосхеме (рис. 4, А). Кластеризация отразила и региональные различия структуры ЛФ в Ямало-Гыданской и Таймырской ПП, и наличие широтного градиента в спектрах долготных групп в этих флорах, причем на Таймыре широтные изменения проявляются только на самом высоком уровне сходства — около 90 %. Можно отметить (табл. 2) некоторые различия в структуре флор вышеуказанных

кластеров. Так, структура ЛФ кластеров 1А и 1Вб наиболее разнообразна и по набору групп, и по их представленности, тогда как в кластерах самых северных флор (1Б и 1Ва) абсолютно преобладает Ц группа, более или менее значительно представлены ЕАз-Зам, ЕАз и Аз-Зам группы, прочие же представлены минимально. В Таймырских ЛФ (кластер 1В) обращает внимание участие групп (около 3—5 %) — ВАз, СС и ВАз-Ам, практически отсутствующих в Ямало-Гыданской ПП. ЗЕАз группа, составлявшая по 7—10 % в кластере 1А, сокращается до 3—6 % в кластере 1Б и практически исчезает в северо-таймырских флорах (отсутствует или не более 1 % в кластере 1Ва). Такая же тенденция, но при гораздо меньшей роли, у видов амфиокеанической (аО) и приатлантической (Оатл) групп.

При размещении кластеров на картосхеме (рис. 4, А) четко прослеживается линия самого низкого сходства (70 %) в пределах западных ПП — между ЛФ более северных и ЛФ более южных территорий Ямала, Гыдана и юго-запада Таймыра. Более высокий уровень сходства (74 %) разделяет ЛФ севера Ямала, запада и центра Гыдана, с одной стороны, и ЛФ востока Гыдана и ЛФ всего остального Таймыра, исключая его юго-западные районы, — с другой. Т. е. по этому показателю проявилась граница только между северными территориями Ямало-Гыданской и Таймырской ПП, а на самом низком уровне сходства (62 %) «западные» ПП четко отделяются от чукотских.

Блок чукотских флор (2) по сходству спектров долготных групп подразделяется на 4 кластера с более высокими уровнями сходства (80—84 %) (рис. 3). В кластер 2А обособились 2 самые юго-западные ЛФ Континентальной Чукотки (на правом берегу р. Колымы), их отличает от прочих чукотских ЛФ очень малое (3—4 %) участие видов Отих группы и очень большое (10—12 %) участие ВАз группы (табл. 2). В кластер 2Б — приберингоморские 9 ЛФ (северного, восточного и южного побережья Чукотского п-ова), для которых характерна самая высокая доля видов Отих группы (12—17 %) и относительно большое (4—6 %) участие видов ВАз-Ам, Ч-Ам и Ч-Ам-ЗЕАз групп. 12 ЛФ о-ва Врангеля и 12 ЛФ северного побережья Континентальной Чукотки снова (как и по фракциям) объединились в один кластер 2В, который на более высоком уровне сходства (90 %) четко распадается по территориальному принципу — соответственно, врангелевских ЛФ и ЛФ материкового побережья. Обращает внимание, что, несмотря на северное положение этих ЛФ, в них относительно невелика (35—44 %), хотя и наибольшая на Чукотке, доля видов Ц группы. В материковых флорах чуть выше доля ЕАз и ВАз групп, чем в островных, а в последних, в свою очередь, несколько больше доля Отих и Ч видов (табл. 2). Большинство ЛФ материковой Чукотки объединилось в кластер 2Г, который на уровне сходства 87—88 % подразделяется на 3 подчиненных кластера: 11 ЛФ Берингской Чукотки и 5 ЛФ Южной Чукотки образовали компактный (2Гб), а остальные — последовательно связанный (цепочкой) кластер (2Га), где объединились 15 континентально-чукотских и 5 южночукотских ЛФ (рис. 4, Б). Еще 4 южночукотских ЛФ из Корякского нагорья присоединяются к кластеру 2Г тоже последовательно (на уровне сходства 87—88 %). Различия в структуре флор этих трех кластеров, как и следовало ожидать при столь высоком сходстве, незначительны (табл. 2) — в кластере 2Га несколько меньше доля Отих группы и больше доля ВАз.

Размещение кластеров на картосхеме (рис. 4, Б) ярко демонстрирует высокую степень сходства всех чукотских ЛФ — линия самого низкого уровня сходства (80 %) отделяет лишь 2 ЛФ низовий р. Колымы, на уровне 82 % отделяет самые северные ЛФ Континентально-Чукотской ПП от остальных ее ЛФ, и такой же уровень (82 %) отделяет ЛФ северного, восточного и южного побережья Чукотского п-ова от остальных ЛФ Берингско-Чукотской ПП. Лишь линия сходства 88 %, разделяющая ЛФ Континентально-Чукотской, с одной стороны, и Беринг-

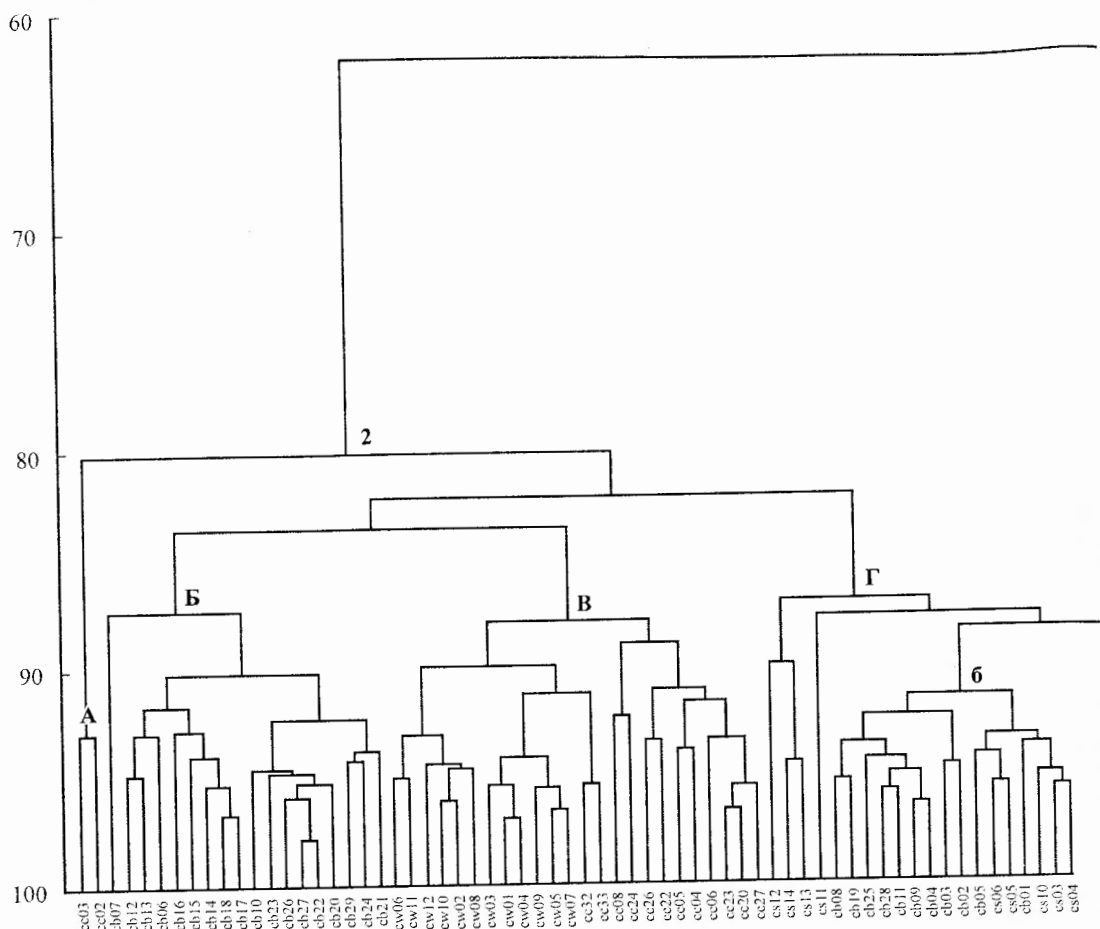


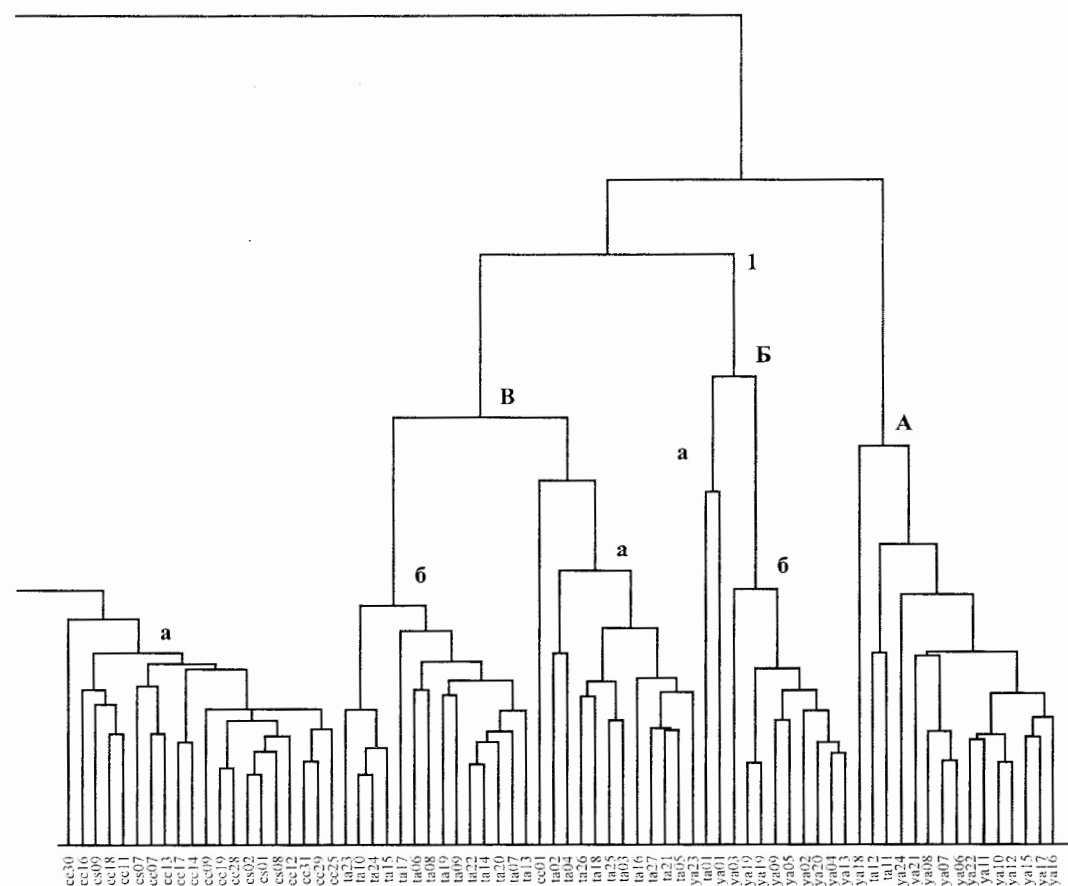
Рис. 3. Дендрограмма сходства по спектрам долготных групп 136 локальных флор из 6 флористических подпровинций Азиатской Арктики.

Мера сходства — коэффициент Сьеренсена—Чекановского для весовых множеств, %. Обозначения принадлежности локальных флор: уа — флоры Ямало-Гыданской подпровинции, та — Таймырской, сс — Континентально-Чукотской, св — Врангелевской, сс — Южночукотской, сб — Берингийско-Чукотской. Номера локальных флор в дендрограмме соответствуют номерам флор на картосхемах (рис. 1, 4, 5, 6). Цифрами и буквами на дендрограмме обозначены кластеры и подкластеры, под которыми они приводятся на рис. 4 (в кружках возле точек с номером ЛФ).

ско-Чукотской и Южночукотской ПП — с другой, частично совпадает с границей между северными ПП, но в то же время и отделяет Южночукотскую ПП от Континентально-Чукотской. Намеченный ранее рубеж по распространению ряда долготных групп между западной и центральной Чукоткой не проявился по сходству спектров и групп, и фракций.

Таким образом, этот показатель также не проявил границы между подпровинциями, как и сходство спектров по фракциям.

Совмещение на единой картосхеме всех выявленных по долготной географической структуре рубежей, включая таковые из рис. 1, А, Б, из картосхем с данными по сходству спектров фракций (в статье не приводится) и групп (рис. 4, А, Б), показало (рис. 5), что наибольшее по всем показателям совпадение линий наблюдается только в нескольких случаях: а) между южными и северными районами Ямала и Гыдана (в вышеназванном районировании такой границы нет и не могло



быть, так как широтные выделы авторами предлагалось рассматривать в ранге округов в пределах провинций, а провинциальные границы проводились только в меридиональном направлении); б) между северными и более южными ЛФ Таймыра; в) между ЛФ Континентальной Чукотки и ЛФ Берингийской и Южной Чукотки; г) при отделении северных, восточных и южных побережий Чукотского п-ова (частично такая граница отделяет Крайневосточный округ Берингийско-Чукотской ПП); д) при отделении ЛФ северного побережья Западной (но не Центральной) Чукотки; е) между северными территориями Гыдана и Таймыра (рис. 5).

Таким образом, по исследованным показателям долготной структуры локальных флор выявилась значительная неоднородность флор изученных ПП, что заставляет признать их недостаточную целостность и требует дополнить исследование использованием и других показателей.

III. Типы долготной структуры локальных флор

Большой массив ЛФ позволил провести их типологию по спектрам долготной структуры на уровне фракций. По составу и месту ведущих долготных фракций выделены 4 основных (А, В, С, D) и 2 переходных (AB и BC) типа структуры локальных флор. Некоторые типы структуры характеризуются довольно большим набо-

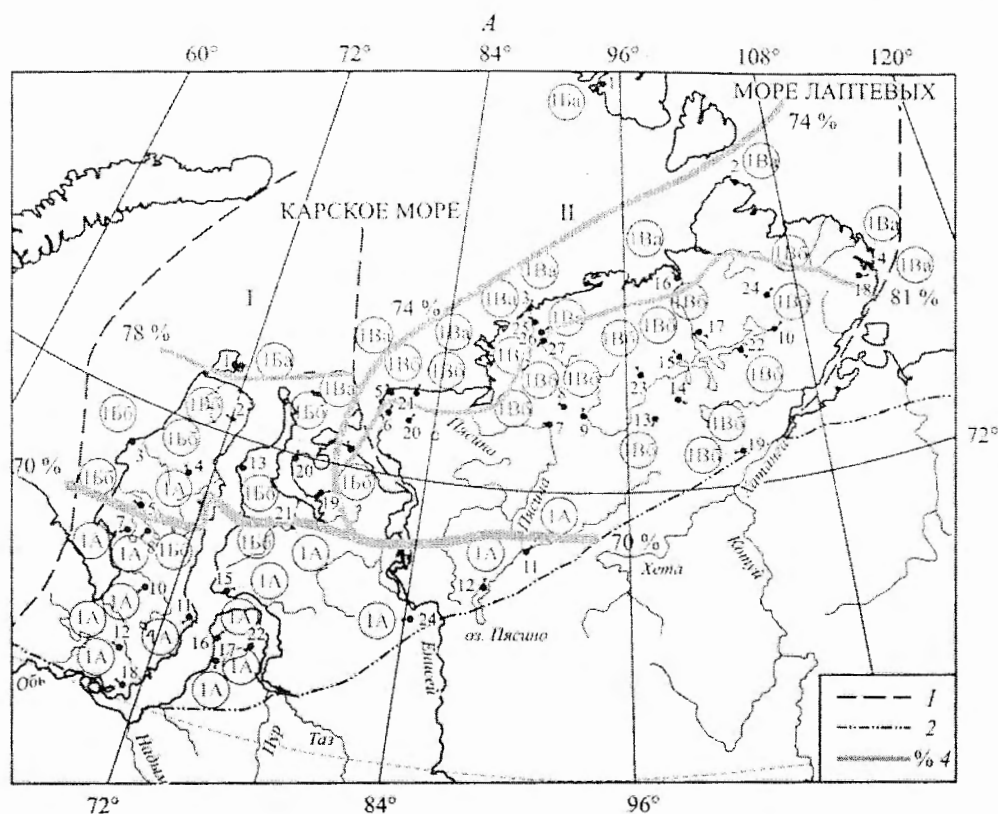


Рис. 4. Расположение локальных флор с указанием кластеров, к которым они относятся по сходству спектров долготных групп, и границ между ними на территории Ямало-Гыданского и Таймырского (А) и Чукотского (Б) секторов.

4 — границы между территориями, локальные флоры которых относятся к разным кластерам, возле линий обозначен уровень сходства между соседними кластерами (в %). Более толстые линии границ проведены между наименее сходными кластерами. Обозначения кластеров соответствуют цифрам и буквам, указанным на дендрограмме (рис. 3). Остальные обозначения, как на рис. 1.

ром вариантов (до 5—6), выделяемых по участию маловидовых фракций, при этом для определения равного участия фракций принят шаг в 5 %.

Тип А (8 ЛФ) — при доминировании видов Ц (I) фракции наиболее многочисленны виды ЕАЗ (II) фракции, несколько меньше видов прЕАЗ (III) фракции, а виды прАм (IV) и пОк (V) фракций представлены незначительно. Выделены три варианта этого типа:

А1 — все фракции представлены в порядке убывания их доли (I, II, III, IV, V). Таких ЛФ в нашей выборке не оказалось; **А2** — первые три фракции в том же порядке, но роль пОк (V) выше, чем прАм (IV) (I, II, III, V, IV). К этому варианту относится только 1 ЛФ — уа24 (пос. Тухарт) на юго-востоке Гыданского п-ова; **А3** — первые три фракции в том же порядке, а последние представлены примерно поровну — колебания не более 5 % — и незначительно (I, II, III, IV = V). Такой вариант встречается в 7 ЛФ.

Такой тип структуры характерен для ЛФ преимущественно из лесотундровых и южнотундровых районов Ямала и западного Таймыра, а на Чукотке отмечен только в 1 ЛФ (сс02), расположенной в полосе северных редколесий (пос. Черский).

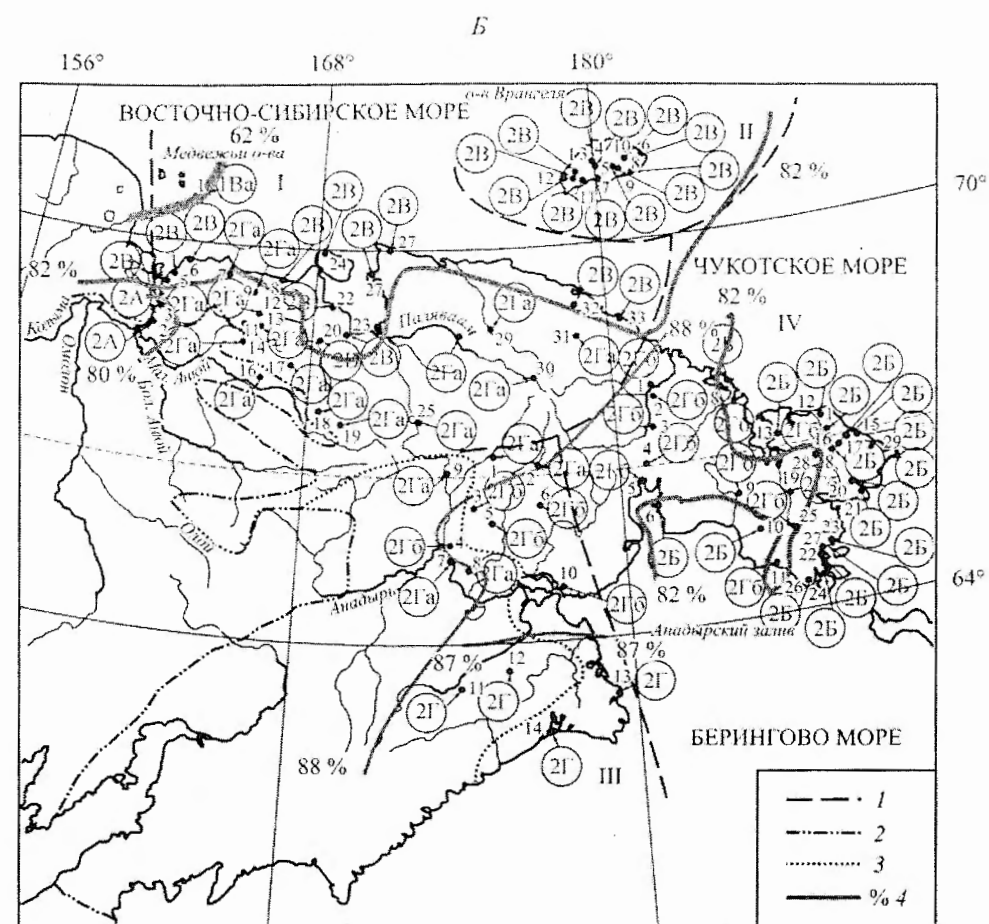


Рис. 4 (продолжение).

Тип В (62 ЛФ) — преобладающий в большинстве ПП — составляют структуры с господствующей Ц фракцией (I), богато представленной прЕАЗ (III) и слабее — ЕАЗ (II) фракциями, а участие представителей пОк (V) и прАм (IV) фракций незначительно или (очень редко) они отсутствуют. Этот тип характерен для флор северной половины Ямало-Гыданского сектора и Таймыра, ЛФ севера Континентальной и центра Южной Чукотки и всех ЛФ о-ва Врангеля. В районах исследований представлено 5 вариантов этого типа:

В1 — все фракции в порядке убывания их доли (I, III, II, IV, V). Всего 2 ЛФ на о-ве Врангеля (sw9 — среднее течение р. Хищников и sw12 — устье р. Гусиной); **В2** — первые три фракции в том же порядке, но более многочисленны представители пОк (V) фракции (I, III, II, V, IV) — 7 ЛФ из Южной и Континентальной Чукотки; **В3** — первые три фракции в том же порядке, а последние представлены примерно поровну (I, III, II, IV = V) и незначительно. Самый многочисленный вариант типа — 48 ЛФ из всех секторов; **В4** — три нижние фракции представлены примерно поровну (I, III, II = IV = V) — 2 ЛФ на побережье Центральной Чукотки (сс32 — мыс Шмидта и сс33 — пос. Полярный); **В5** — отсутствуют представители прАм (IV) фракции — 2 ЛФ Ямало-Гыданского сектора (уа3 — пос. Харасавэй и уа14 — устье р. Тиникяха).

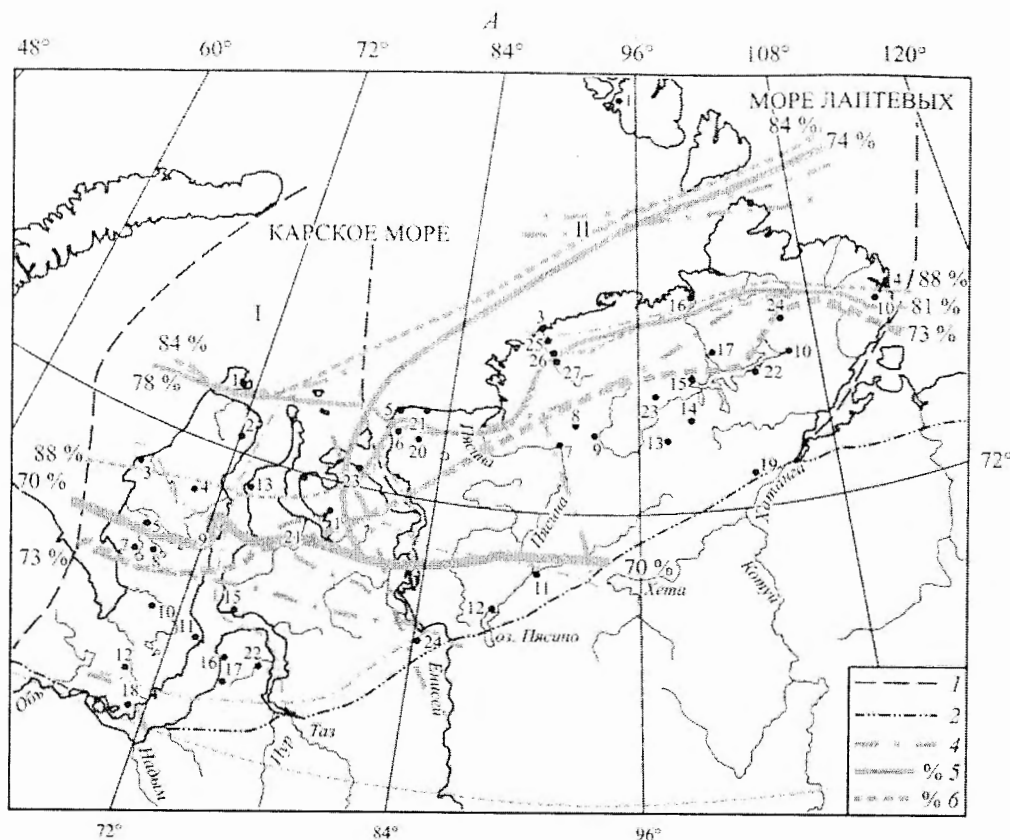


Рис. 5. Совмещение границ по трем характеристикам долготной географической структуры локальных флор на территории Ямало-Гыданского и Таймырского (А) и Чукотского (Б) секторов.

4 — границы, проведенные по ступеню рубежей в распространении долготных групп и фракций по территории секторов, 5 — по сходству спектров долготных групп, 6 — по сходству спектров долготных фракций. Остальные обозначения, как на рис. 1.

Наиболее широко встречается вариант ВЗ, представляющий собой, вероятно, наиболее типичную фракционную долготную структуру ЛФ на большей части территории тундровой зоны Азиатской Арктики.

Тип АВ (33 ЛФ) представляет собой переходный между первыми двумя: в структуре флор при преобладании видов Ц (I), фракции ЕАз (II) и прЕАз (III) представлены одинаково и довольно богато, а участие представителей пОк (V) и прАм (IV) фракций невелико. Наблюдается 3 варианта этого типа:

АВ1 — фракции представлены по порядку убывания их доли (I, II = III, IV, V). Таких ЛФ в нашей выборке не оказалось; **АВ2** — виды пОк (V) представлены богаче, чем прАм (IV) фракции. Довольно редкий вариант — отмечен всего в 1 ЛФ (cs12 — хр. Кэнкерен) на северо-востоке Корякского нагорья. **АВ3** — виды самых нижних фракций (IV, V) представлены примерно поровну (I, II = III, IV = V). Наиболее широко распространенный вариант (32 ЛФ), характерный для ЛФ средней части Ямала, внутренних районов Таймыра и пограничных с лесными районами ЛФ Западной и Южной Чукотки.

Наличие такого переходного типа долготной структуры свидетельствует о существенном различии первых двух типов структуры и отражает, вероятно, принад-

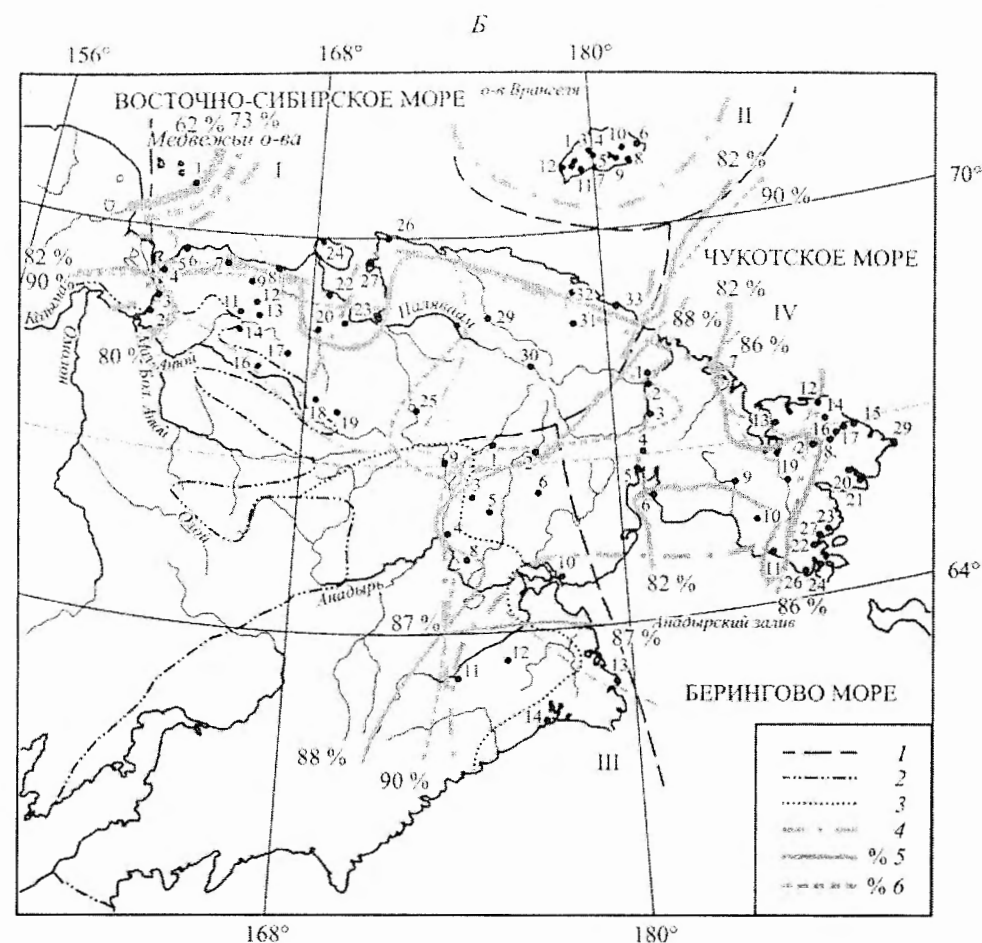


Рис. 5 (продолжение).

лежность этих структур разным растительным зонам. Возможно, тип А характерен для северотаежных и лесотундровых районов (что необходимо проверить на значительно большем массиве флор севера Бореальной области), а тип В — для арктических и типичных тундровых территорий. Переходные же структуры маркируют возможное присутствие лесов на этих территориях в прошлом, так как известно, что флора более консервативна, чем растительность, и долго сохраняет (особенно в рефугиумах) элементы предыдущих флористических комплексов, сформированных в периоды голоценовых потеплений, когда граница леса проходила гораздо севернее, чем в настоящее время.

Тип С (24 ЛФ) — существенно отличается от предыдущих довольно высокой ролью видов прОк (V) фракции и низкой — видов ЕАз (II) фракции. В его структуре при доминировании видов Ц (I) наиболее многочисленны представители прЕАз (III) и пОк фракций (V) и незначительно участие видов ЕАз (II) и прАм (IV) фракций. Этот тип характерен только для ЛФ Чукотского п-ова и оказался наиболее богат 6 вариантами:

С1 — все фракции представлены по порядку убывания их доли (I, III, V, II, IV). Отмечен только в 1 ЛФ (cb07 — мыс Онмын) на самом севере перешейка Чукотско-

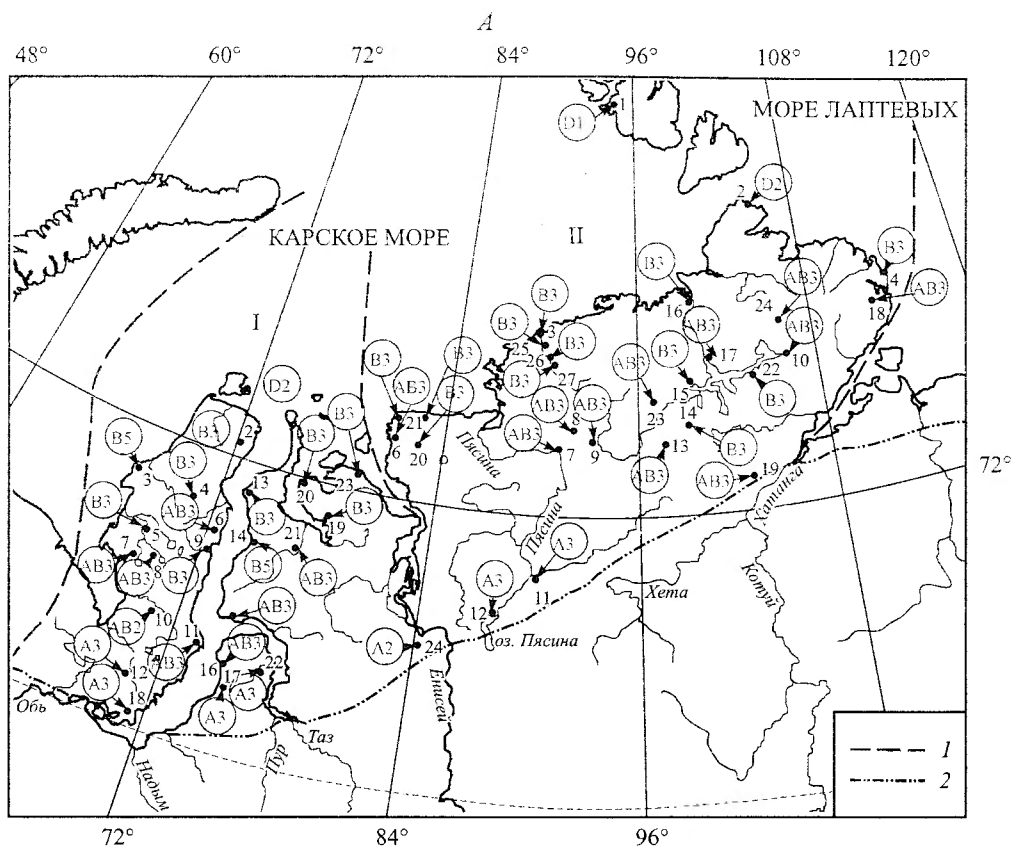


Рис. 6. Расположение локальных флор, относящихся к различным типам долготной структуры, на территории Ямало-Гыданского и Таймырского (А) и Чукотского (Б) секторов.

Обозначение типов долготной структуры и пояснения к ним — в тексте.

го п-ова; **C2** — представителей прАм (IV) больше, чем ЕАз (II) фракции (I, III, V, IV, II). Характерен в основном для северной окраины Чукотского п-ова (4 ЛФ); **C3** — малочисленные фракции (IV и II) представлены примерно поровну (I, III, V, II = IV). Характерен для внутренних районов полуострова и перешейка (7 ЛФ); **C4** — видов прАм (IV) и пОк (V) фракций примерно поровну, а видов ЕАз (II) фракции меньше всего (I, III, V = IV, II). Этот вариант отмечен в 4 ЛФ только бассейна р. Чегитунь (северо-восток Чукотского п-ова); **C5** — характерно одинаковое участие видов прЕАз (III) и пОк (V) фракций, меньше всего видов ЕАз фракции (I, III = V, IV, II). Отмечен в 6 ЛФ на восточной окраине Чукотского п-ова; **C6** — видов прЕАз (III) и пОк (V) фракций поровну и также поровну видов прАм (IV) и ЕАз (II) фракций (I, III = V, IV = II). Отмечен только в 2 ЛФ на юго-востоке Чукотского п-ова (cb10 — р. Нунямове и cb23 — пос. Янра-кыннот).

Тип ВС (6 ЛФ) — промежуточный (или тоже переходный) между типами В и С, характеризуется при доминировании Ц (I) высокой представленностью видов прЕАз (III) фракции и равным участием видов ЕАз (II) и пОк (V) фракций, наименьшим участием видов прАм (IV) фракции. Наблюдается два варианта этого типа:

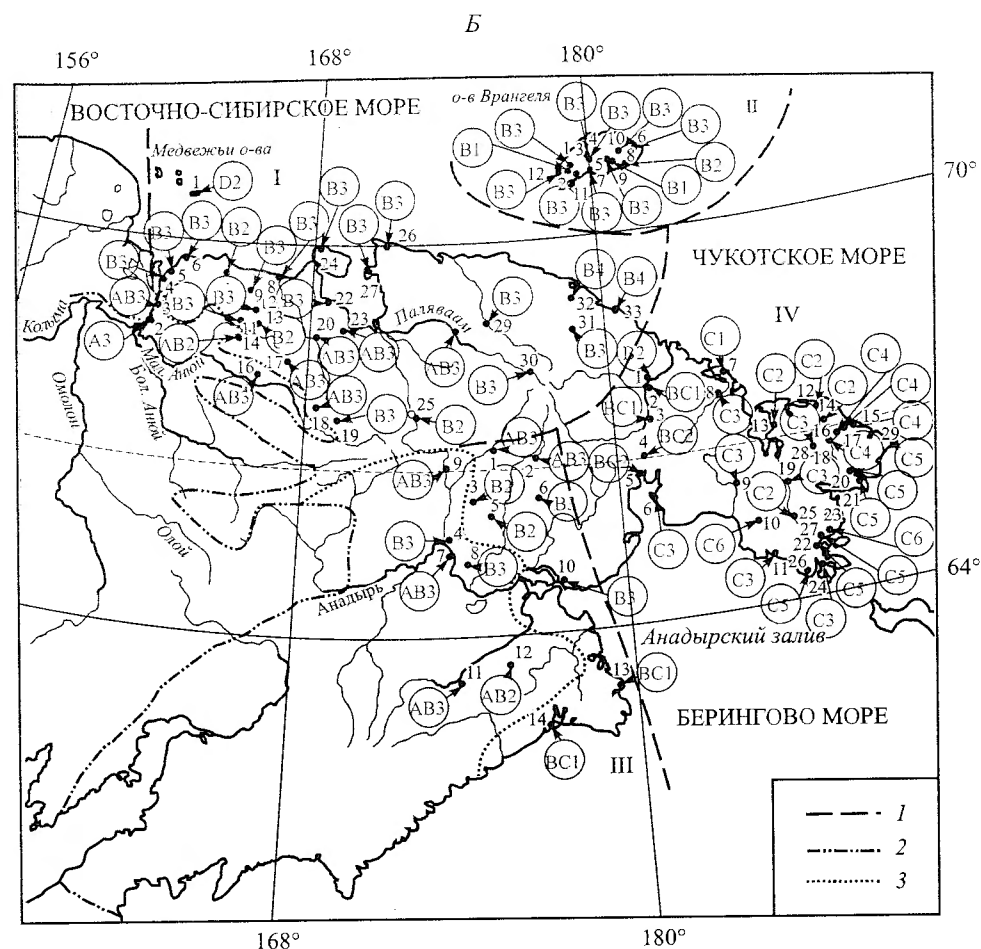


Рис. 6 (продолжение).

BC1 — меньше всего видов прАм фракции (I, III, II = V, IV). Отмечен в 4 ЛФ, расположенных в среднем течении р. Амгуэмы (на ее правобережье — cb2, cb3) и на восточной окраине Корякского нагорья (приморские флоры окрестностей пос. Беринговский — cs13 и Мейныпильгино — cs14); **BC2** — видов последних трех фракций (II, V, IV) примерно поровну (I, III, V = II = IV). Отмечен в 2 ЛФ в окрестностях залива Креста (cb4 — пос. Эгвекино и cb5 — хр. Искатень).

Наличие и этого переходного типа структуры свидетельствует о высокой степени различия между более западными и более восточными ЛФ Чукотки и подчеркивает высокий ранг флористического рубежа между материковыми (и о-ва Врангеля) ЛФ и ЛФ Чукотского п-ова.

Тип D (4 ЛФ) представляет собой структуру с тотальным господством видов Ц (I) фракции при незначительном участии видов всех других фракций. Отмечено два варианта:

D1 — виды Ц (I) фракции насчитывают не менее 70 %, виды остальных фракций не достигают и 10 % участия каждая (I, [II, III, IV, V]). Такова только 1 ЛФ — мыс Ватутина в архипелаге Северная Земля; **D2** — при господстве Ц (I) фракции

несколько повышена роль представителей прЕАз (III) фракции, участие остальных фракций очень незначительно (I, III, [II, IV, V]) или они отсутствуют (IV и V). Представлен в 3 ЛФ крайнего севера Ямала (о-в Белый), Таймыра (мыс Челюскин) и Западной Чукотки (о-в Четырехстолбовой).

Этот тип свойствен флорам высоких широт (например, из зоны полярных пустынь) и, вероятно, многим островным флорам Полярного бассейна, однако исходных данных по таким флорам пока недостаточно.

На картосхемах (рис. 6) ЛФ, принадлежащие к разным типам долготной структуры, располагаются тоже вполне определенным образом (как и кластеры, компактными группами или полосами) и тоже позволяют провести границы между ними, которые приурочены к тем же территориям, где нами отмечено прохождение многих рубежей и по другим обсужденным выше показателям.

Немногочисленность типов долготной структуры ЛФ по фракциям свидетельствует о высокой степени сходства флор рассматриваемых подпровинций Азиатской Арктики (особенно территорий, относящихся к подзонам типичных и арктических тундр), за исключением ЛФ Чукотского п-ова.

Заключение

Долготная структура локальных флор чутко регистрирует изменения в соотношениях географических элементов и является объективным показателем, отражающим изменения флоры как по широтному и долготному градиенту, так и по градиенту океаничности/континентальности, демонстрирующим сложность дифференциации растительного покрова на разных уровнях и позволяющим оценить целостность флористических выделов разного ранга.

Степень сходства спектров по долготным группам индуцирует резкое обособление двух западных подпровинций, относительно высокую флористическую целостность Таймырской и неоднородность флоры Ямало-Гыданской подпровинций. Существенно отметить, что в западных секторах Арктики соотношение долготных групп в локальных флорах часто коррелирует с зональным подразделением территории. Выделение Ямало-Гыданской подпровинции ранее осуществлялось в значительной мере по негативным особенностям флоры, но с тех пор многие из ее негативно-дифференциальных видов были там обнаружены (по последним данным О. В. Ребристой, Е. Б. Поспеловой и О. В. Хитун). Эти факты свидетельствуют не в пользу применения только негативных особенностей для целей районирования.

Что касается Таймырской подпровинции, то, несмотря на ее кажущуюся флористическую целостность, есть причины для дальнейшего уточнения статуса границы между ее восточной и западной частями и возможного выделения восточногыданско-западнотаймырской фитоценозы (Поспелова, 2010), а также ее западной и восточной границы. Так, оказалось, что большинство восточных кодифференциальных видов соседней Анабаро-Оленекской подпровинции (и даже некоторые Хараулахской) достаточно широко представлены в ЛФ восточного сектора Таймыра, особенно на его юге (Поспелова, Поспелов, 2007). А на западном Таймыре довольно обычны дифференциальные для Ямало-Гыданской подпровинции виды. Таким образом, и эти данные служат еще одним аргументом недостаточной корректности проведения районирования даже по позитивным дифференциальным видам.

В Чукотской провинции кластеризация и по долготным группам, и по фракциям выявила сходство ЛФ о-ва Врангеля и северного материкового побережья Западной и Центральной Чукотки, сходство ЛФ Южной Чукотки и внутренних районов

Берингийской Чукотки, а также значительное отличие ЛФ побережий Чукотского п-ова от флор его внутренних районов. Структура всех чукотских флор характеризуется в целом большим разнообразием географических групп, большим числом довольно богато (около 10 %) представленных групп и более низкой, чем в западных подпровинциях, долей видов Ц группы. Т. е. структура чукотских ЛФ не только более разнообразная, но и более выровненная, чем структура ямало-гыданотаймырских. Но и здесь по сходству долготной структуры границы подпровинций большей частью оказались неподтвержденными.

Анализ показал, что чем севернее расположены ЛФ, тем выше в них содержание видов, распространенных на обоих северных материках. Максимум их доля достигает на побережьях и островах Северного Ледовитого океана, флоры которых, по всей видимости, в значительной мере соответствуют эвразийским флорам, изначально сформировавшимся на неоледеневавших пространствах Арктики в плейстоцене (Толмачев, 1952). Эта закономерность отразилась и в наличии 6 типов долготной структуры ЛФ, в подавляющем большинстве четко привязанных к географической зоне (или переходной полосе между зонами), в которой расположена ЛФ. Распределение по территории рассматриваемых секторов ЛФ разных типов долготной структуры согласуется с выводами, сделанными на основе анализа сходства спектров долготных групп и фракций, и многие проведенные по его результатам границы совпадают с границами между территориями с разными типами долготной структуры ЛФ.

Выяснилось, что границы, выявленные по распространению географических групп и фракций, чаще всего не совпадают с границами существующих схем флористического районирования. Причин этому несколько. Во-первых, когда предложенные схемы разрабатывались, сеть локальных флор еще не была создана и значительная часть использованной нами информации просто не была учтена, а границы в значительной степени проводились путем экстраполяции. Во-вторых, принцип разграничения по сгущениям рубежей в распространения групп, фракций, принадлежности ЛФ к разным кластерам и типам долготной структуры естественно отличается от такового по наличию нескольких и даже многих дифференциальных видов прежде всего тем, что в первом существенно выше уровень обобщения и используется вся имеющаяся флористическая информация. Важно определить возможности предложенного подхода, точное же положение границ требует еще и дополнительных исследований близ выявленных нами рубежей.

Для арктических флор выделение широтных и долготных групп, или «системы биогеографических координат» (Юрцев, 1968), чрезвычайно важно для понимания истории формирования флоры того или иного региона, проявляющейся в их связях с флорами соседних регионов, представленных в качественном или количественном выражении. Существующее районирование Арктической флористической области (Юрцев и др., 1978) построено по дивергентному принципу, с учетом качественного состава флор выделенных фитоценозов и наличия для каждой из них дифференциальных и кодифференциальных видов. Количественную оценку, в том числе и географическую структуру региональных флор, авторы во внимание не принимали. Между тем она может достаточно четко определить положение и ранг границ фитоценозов, поскольку именно преобладающий тип ареала (а одной из его составляющих и является долготная структура) представляет собой «лицо флоры» (Толмачев, 1958).

Применение количественных характеристик при районировании подразумевает переход к конвергентному принципу, т. е. по уровню их сходства. Оно проводится, например, на основе кластерного анализа видового состава флор фитоценозов разно-

го ранга (Малышев, 1999), но, на наш взгляд, более существенным было бы проведение подобных операций на основе аналогичного анализа географической структуры, и, в первую очередь, дифференциации флор по долготным (секторальным) характеристикам. Результаты, полученные в данной работе, могут послужить методической основой для проведения более подробного флористического районирования Арктики и прилегающих районов (гипоарктического пояса в понимании Б. А. Юрцева, 1966).

Завершая анализ долготной структуры локальных и региональных флор, отметим, что, возможно, для более точного определения места прохождения рубежей, выявляющих дифференциацию флор и позволяющих предполагать уровень (ранг) флористических выделов, недостаточно использованной нами двухступенчатой системы (долготные фракции и группы) — вероятно, более результативной окажется четырехступенчатая система (фракции, подфракции, группы, подгруппы) — и недостаточно плотности имеющейся сети локальных флор (остаются очень крупные территории — пробелы, по которым нет данных). Более полный массив ЛФ позволит получить дополнительные результаты, уточняющие выявленные границы. Так что работа над этим направлением географического анализа флор еще далека от завершения.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 05-04-49583а, 07-04-01015а и 10-04-01087а) и программы «Биоразнообразие».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Зверев А. А. Сравнительный анализ флор с помощью компьютерной системы «IBIS» // Изучение биологического разнообразия методами сравнительной флористики. СПб., 1998. С. 284—288.
- Зверев А. А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова: Учебное пособие. Томск, 2007а. 304 с.
- Зверев А. А. Программно-информационное обеспечение исследований растительного покрова: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Томск, 2007б. 22 с.
- Королева Т. М., Зверев А. А., Катенин А. Е. и др. Апробация методов сравнительной флористики (на основе сети пунктов мониторинга биоразнообразия Азиатской Арктики) // Устойчивость экосистем и проблема сохранения биоразнообразия на Севере: Матер. Междунар. конф. Кировск, 2006. Т. 1. С. 101—105.
- Королева Т. М., Зверев А. А., Катенин А. Е. и др. Анализ долготного распространения видов в азиатской Арктике по данным сети пунктов мониторинга биоразнообразия // Биоразнообразие растительного покрова Крайнего Севера: инвентаризация, мониторинг, охрана: Матер. Всерос. конф. Сыктывкар, 2007. С. 63—77.
- Королева Т. М., Зверев А. А., Катенин А. Е. и др. Долготная географическая структура локальных и региональных флор азиатской Арктики // Бот. журн. 2008а. Т. 93, № 2. С. 193—220.
- Королева Т. М., Зверев А. А., Катенин А. Е. и др. Некоторые подходы к оценке целостности флористических выделов // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: Матер. Всерос. конф. Ч. 4. Сравн. флористика. Петрозаводск, 2008б. С. 54—56.
- Малышев Л. И. Основы флористического районирования // Бот. журн. 1999. Т. 84, № 1. С. 3—14.
- Поспелова Е. Б. О гетерогенности флоры Таймырской подпровинции Арктической флористической области // Бот. журн. 2007. Т. 92, № 12. С. 1836—1856.
- Поспелова Е. Б., Поспелов И. Н. Флора сосудистых растений Таймыра и сопредельных территорий. Ч. 1. Аннотированный список флоры и ее общий анализ. М., 2007. 457 с.
- Поспелова Е. Б. Опыт флористического районирования Таймырского автономного округа с применением кластерного анализа // Тр. Рязанского отделения Русского ботанического о-ва. Вып. 2. Ч. 2.

Сравнительная флористика: Матер. Всерос. школы-семинара по сравнительной флористике, посвящ. 100-летию «Оксской флоры» А. Ф. Флорова. Рязань, 2010. С. 234—242.

Рогачева Э. В., Сыроечковский Е. Е. Енисейская биогеографическая граница — основа повышенного биоразнообразия Приенисейской Сибири // Сохранение биологического разнообразия Приенисейской Сибири: Матер. 1-й Межрегион. науч.-практ. конф. Красноярск, 2000. Ч. 1. С. 3—4.

Толмачев А. И. К истории развития флор Советской Арктики // Арктика. М.; Л., 1952. Вып. 1. С. 13—19.

Толмачев А. И. Арктика вида и его развитие // Проблема вида в ботанике. М.; Л., 1958. Вып. 1. С. 293—316.

Чернов Ю. И. Природная зональность и животный мир суши. М., 1975. 222 с.

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

Юрцев Б. А. Флора Сунтар-Хаята. Проблема истории высокогорных ландшафтов северо-востока Сибири. Л., 1968. 235 с.

Юрцев Б. А. Мониторинг биоразнообразия на уровне локальных флор // Бот. журн. 1997. Т. 82, № 6. С. 60—69.

Юрцев Б. А., Зверев А. А., Катенин А. Е. и др. Градиенты таксономических параметров локальных и региональных флор Азиатской Арктики (в сети пунктов мониторинга биоразнообразия) // Бот. журн. 2002. Т. 87, № 6. С. 1—28.

Юрцев Б. А., Зверев А. А., Катенин А. Е. и др. Пространственная структура видового разнообразия локальных и региональных флор Азиатской Арктики // Бот. журн. 2004. Т. 89, № 11. С. 1689—1726.

Юрцев Б. А., Катенин А. Е., Королева Т. М. и др. Опыт создания сети пунктов мониторинга биоразнообразия Азиатской Арктики на уровне локальных флор: зональные тренды // Бот. журн. 2001. Т. 86, № 9. С. 1—27.

Юрцев Б. А., Петровский В. В., Коробков А. А. и др. Обзор географического распространения сосудистых растений Чукотской тундры // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1979. Т. 84, Вып. 5. Сообщ. 1. С. 111—122; Т. 84, Вып. 6. Сообщ. 2. С. 74—83.

Юрцев Б. А., Семкин Б. И. Изучение конкретных и парциальных флор с помощью математических методов // Бот. журн. 1980. Т. 65, № 12. С. 1706—1718.

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

Hill T., Lewicki P. STATISTICS Methods and Applications. StatSoft, Tulsa, 2006. 832 p.

SUMMARY

A comparative study of longitudinal structure spectra (at the level of fractions and groups) of 136 local and 6 regional floras (cumulative floras of subprovinces) was carried out at the base of local floras network in 3 sectors of the Asian Arctic. The specificity of spectra of the regional and local floras was revealed, levels of their similarity were calculated and territories with similar spectra were indicated. Types of longitudinal structure of the local floras were distinguished and their distribution within the sectors was mapped. According to the shift of parameters and levels of similarity of the longitudinal structure spectra, floristic boundaries of different rank were found and discussed. Areas with less similar spectra may be evaluated as belonging to phytogeographical units of higher rank.