

АНАЛИЗ СПЕКТРОВ ШИРОТНОЙ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ ЛОКАЛЬНЫХ И РЕГИОНАЛЬНЫХ ФЛОР АЗИАТСКОЙ АРКТИКИ

Т.М. Королева¹, А.А. Зверев², В.В. Петровский¹, И.Н. Поспелов^{3,4},
Е.Б. Поспелова^{4,5}, О.В. Ребристая¹, О.В. Хитун¹, С.В. Чиненко¹

¹ФГБУН Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН,

197376, Санкт-Петербург, ул. проф. Попова, 2, e-mail: korolevatm@gmail.com

²Томский государственный университет, 634050, Томск, ул. Ленина, 36, e-mail: ibiss@rambler.ru

³ФГБУН Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,

119071, Москва, Ленинский просп., 33, e-mail: taimyr@orc.ru

⁴ФБГУ “Заповедники Таймыра”, 663305, Норильск, ул. Талнахская, 22, e-mail: taimyr@orc.ru

⁵Московский государственный университет, 119991, Москва, ул. Ленинские горы, 1, e-mail: parnassia@mail.ru

На основе сети пунктов мониторинга биоразнообразия Азиатской Арктики проведено сравнительное изучение спектров широтной структуры 137 локальных и 6 региональных флор из 3 секторов Азиатской Арктики. Рассчитаны уровни сходства спектров широтной структуры по группам и фракциям флор, определены и представлены на картосхемах территории со сходными спектрами; последние сопоставляются с принятыми подзональными выделениями тундровой зоны. Выделены 3 широтных типа локальных флор (арктический, бореальный и гипоарктический), а в пределах арктического типа – 3 подтипа (высокоарктический, собственно арктический и низкоарктический), приведены их уточненные характеристики. Сравнение широтной структуры региональных флор проведено двумя способами: по спектрам, полученным по сводным спискам видов подпровинций, и по уточненным соотношениям, взвешенным по встречаемости видов в локальных флорах своих подпровинций. Показано, что последний способ дает более точные показатели и может служить надежным инструментом при типологии флор регионального уровня. Наиболее сходными по широтной структуре оказались региональные флоры территорий со сходным набором подзональных выделов, которые могут быть при этом расположены в отдаленных друг от друга долготных секторах.

Ключевые слова: локальные и региональные флоры, широтные группы, широтные фракции, спектры широтной структуры флор, зональные и подзональные границы, Азиатская Арктика.

ANALYSIS OF SPECTRA OF LATITUDINAL GEOGRAPHICAL STRUCTURE OF LOCAL AND REGIONAL FLORAS OF THE ASIAN ARCTIC

T.M. Koroleva¹, A.A. Zverev², V.V. Petrovsky¹, I.N. Pospelov^{3,4},
E.B. Pospelova^{4,5}, O.V. Rebristaya¹, O.V. Khitun¹, S.V. Chinenko¹

¹Komarov Botanical Institute RAS, 197376, Saint-Petersburg, Popova str., 2, e-mail: korolevatm@gmail.com

²Tomsk State University, 634050, Tomsk, Lenina str., 36, e-mail: ibiss@rambler.ru

³A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution RAS, 119071, Moscow, Leninskyi prosp., 33, e-mail: taimyr@orc.ru

⁴Zapovedniki Taymyra, 663305, Norilsk, Talnakhskaya str., 22, e-mail: taimyr@orc.ru

⁵Moscow State University, 119991, Moscow, Leninskie gory, 1, e-mail: parnassia@mail.ru

At the base of the Russian Arctic biodiversity monitoring network comparative study of latitudinal structure spectra of 137 local and 6 regional floras from 3 sectors of Asian Arctic was performed. Levels of similarity latitudinal structure spectra by groups and by fractions were calculated, territories with similar spectra were shown at the schematic maps and compared with existing subzonal division of tundra zone. 3 latitudinal types of local floras (arctic, boreal, hypoarctic) and within the arctic type 3 subtypes (high arctic, proper arctic, hypoarctic) were distinguished. Comparison of latitudinal structure of regional floras, calculated in 2 different ways: ratios obtained from total lists of species for each subprovince and ratios obtained after normalizing the lists by frequencies of species in local floras in given subprovince. The latter is shown to be more correct. Most similar to each other are regional floras with similar sets of subzonal units, though they may be located in different longitudinal sectors.

Key words: local and regional flora, latitudinal geographical groups and fractions, spectra of latitudinal structure of flora, zonal and subzonal borders, Asian Arctic.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящей статье продолжена публикация коллективом авторов (Юрцев и др., 2001, 2002, 2004; Королева и др., 2008а, 2011; и др.) результатов многолетних исследований флоры Крайнего Севера России на базе сети локальных флор – пунктов мониторинга биоразнообразия Российской Арктики (Юрцев, 1997). В предыдущей работе (Королева и др., 2012) мы привели унифицированную систему из семи широтных групп и трех фракций, рассмотрели особенности изменений численности видов и доли (%) каждой группы и фракции по территории трех

секторов Азиатской Арктики (Ямало-Гыданского, Таймырского и Чукотского), проанализировали их связь с подзональными границами тундровой зоны, выявили наиболее чуткие к смене подзональных выделов группы и фракции. Настоящая статья завершает анализ широтной структуры локальных (ЛФ) и региональных флор этой территории, в ней проводятся сравнение широтных спектров ЛФ и построенных на их основе дендрограмм сходства, типология локальных флор по спектрам широтных фракций.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для работы послужили списки 137 локальных флор из 3 секторов (6 флористических подпровинций) Азиатской Арктики. Сходство спектров (по долям в %) широтных групп и фракций ЛФ оценено с помощью коэффициента Сьеренсена–Чекановского для весовых множеств (Юрцев, Семкин, 1980). По коэффициентам сходства построены (в про-

грамме Statistica 8.0) дендрограммы методом взвешенного попарного усреднения (WPGMA), на основании которых ЛФ сгруппированы по принадлежности к выделенным кластерам, рассчитаны статистические показатели участия групп и фракций в спектрах ЛФ соответствующих кластеров (табл. 1). Кластеры в табл. 1 расположены по уменьшению долей аркти-

Таблица 1

Усредненные по кластерам показатели долевого участия (%) широтных групп и фракций в 137 локальных флорах Азиатской Арктики

Широтная группа	Кластеры, выделенные по сходству спектров широтных групп (в скобках указано число ЛФ в кластере)							
	1А (2)	1Ба (9)	1Б61 (14)	1Б62 (38)	2Аа (32)	2Аб (24)	2Бб (16)	2Ба (2)
Арктическая (I)	25.4 ¹ ± 2.8 ² (22.6–28.3) ³	25.2 ± 0.7 (22.8–29.8)	16.9 ± 0.9 (10.3–22.0)	10.7 ± 0.4 (6.0–16.8)	8.6 ± 0.7 (2.0–16.3)	4.9 ± 0.3 (2.4–8.2)	3.2 ± 0.3 (1.3–5.3)	3.0 ± 1.1 (1.9–4.1)
Метаарктическая (I)	34.0 ± 1.4 (32.6–35.5)	30.0 ± 0.6 (26.4–32.1)	34.4 ± 0.6 (30.7–38.2)	30.0 ± 0.4 (25.3–36.0)	26.1 ± 0.5 (19.8–31.6)	22.1 ± 0.5 (16.8–26.9)	14.2 ± 0.8 (7.7–18.8)	8.0 ± 3.0 (5.0–10.9)
Аркто-альпийская (I)	31.3 ± 0.9 (30.4–32.3)	20.0 ± 0.6 (17.5–22.3)	26.7 ± 0.9 (20.8–32.5)	23.5 ± 0.3 (20.9–28.0)	20.8 ± 0.3 (16.7–25.6)	19.5 ± 0.2 (18.0–22.7)	16.7 ± 0.6 (13.7–20.3)	8.8 ± 0.2 (8.6–9.1)
Гипоарктическая (II)	0.8 ± 0.8 (0.0–1.6)	8.4 ± 0.5 (6.4–11.6)	7.2 ± 0.2 (5.9–8.6)	9.8 ± 0.2 (6.9–11.6)	12.3 ± 0.4 (8.0–18.6)	13.1 ± 0.3 (9.9–17.7)	12.8 ± 0.7 (9.2–18.5)	13.1 ± 3.1 (10.0–16.3)
Гипоаркто-монтанная (II)	4.3 ± 2.1 (2.2–6.5)	8.1 ± 0.4 (6.0–9.7)	8.1 ± 0.6 (4.9–12.1)	13.7 ± 0.3 (6.7–18.2)	15.8 ± 0.3 (12.2–18.9)	17.2 ± 0.3 (14.5–19.7)	18.8 ± 0.5 (16.4–24.2)	16.5 ± 1.2 (15.3–17.6)
Аркто-бореальная (III)	4.1 ± 2.5 (1.6–6.5)	8.1 ± 0.3 (6.9–9.2)	6.6 ± 0.3 (4.9–8.8)	10.7 ± 0.3 (6.5–14.8)	13.6 ± 0.3 (11.3–17.7)	15.6 ± 0.2 (13.5–18.3)	16.9 ± 0.4 (13.9–19.5)	17.1 ± 0.8 (16.3–17.8)
Бореальная (III)	0.0 ± 0.0 (0.0–0.0)	0.3 ± 0.1 (0.0–0.6)	0.0 ± 0.0 (0.0–0.0)	1.7 ± 0.2 (0.0–4.2)	2.8 ± 0.3 (0.7–6.3)	7.5 ± 0.4 (3.6–11.3)	17.4 ± 0.9 (12.4–25.7)	33.6 ± 4.9 (28.8–38.5)
Широтная фракция	Кластеры, выделенные по сходству спектров широтных фракций (в скобках указано число ЛФ в кластере)							
	1Аа (2)	1Аб (24)	1Ба (35)	1Бб (59)	2Б (11)	2А (6)		
I Арктическая	90.8 ± 0.5 (90.3–91.3)	76.7 ± 0.7 (71.6–84.3)	64.2 ± 0.4 (60.7–69.9)	51.7 ± 0.7 (41.2–60.1)	35.3 ± 0.9 (30.4–39.4)	26.0 ± 2.1 (17.6–29.8)		
II Гипоарктическая	5.1 ± 2.9 (2.2–8.1)	15.8 ± 0.5 (10.8–18.7)	23.6 ± 0.3 (18.8–26.6)	28.9 ± 0.3 (23.1–34.4)	32.1 ± 0.7 (29.0–36.1)	30.3 ± 0.9 (27.6–33.5)		
III Бореальная	4.1 ± 2.5 (1.6–6.5)	7.4 ± 0.3 (4.9–10.7)	12.2 ± 0.3 (6.8–16.1)	19.4 ± 0.5 (12.8–28.9)	32.7 ± 0.6 (29.9–36.1)	43.7 ± 2.5 (38.7–54.8)		

Примечание. Обозначения кластеров соответствуют дендрограммам на рис. 2 и 4. В скобках указана фракция, к которой относится эта группа.

¹ Средняя арифметическая доля (выделена полужирным шрифтом) фракции или группы в локальных флорах кластера.

² Стандартная ошибка.

³ Минимальная и максимальная доли фракции или группы в ЛФ кластера.

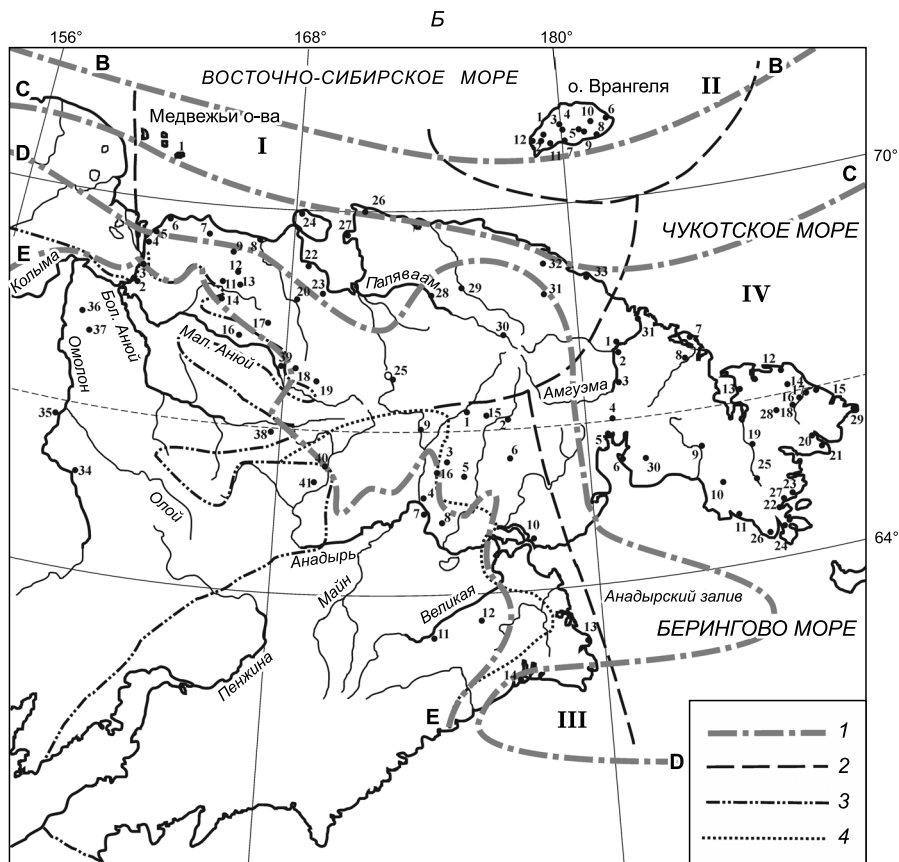
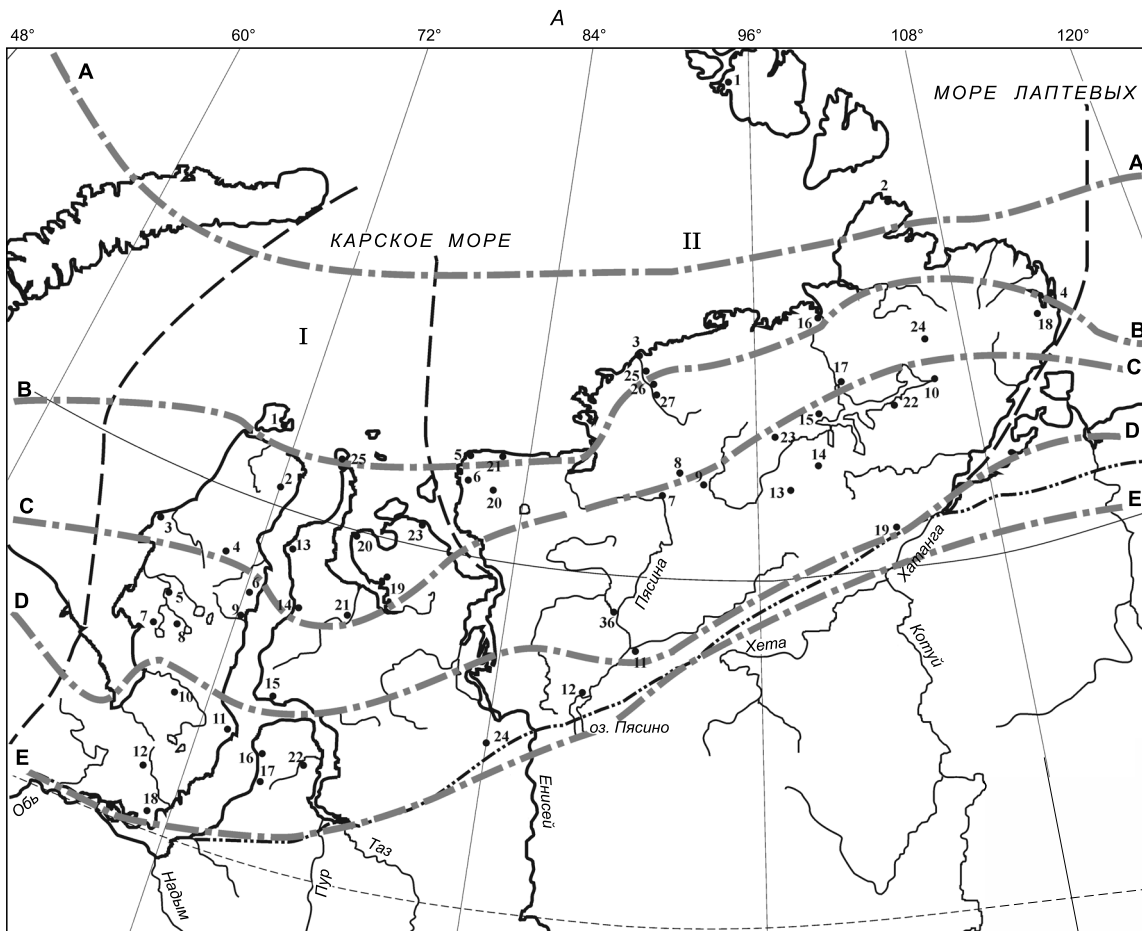


Рис. 1. Границы биоклиматических подзон А–Е тундровой зоны (по: САУМ, 2003) на территории Ямало-Гыданского и Таймырского (А) и Чукотского (Б) секторов. Точками с номерами обозначены пункты локальных флор.

Границы на картосхемах (М 1:9 500 000): 1 – южных подзон А–Е, 2 – флористических подпровинций Арктической флористической области (Юрцев и др., 1978), 3 – лесной зоны, 4 – подзоны крупных стлаников.

Римскими цифрами здесь и на рис. 7 обозначены:

на картосхеме А: I – Ямало-Гыданская подпровинция Европейско-Западносибирской провинции, II – Таймырская подпровинция Восточно-Сибирской провинции;

на картосхеме Б: подпровинции Чукотской провинции: I – Континентально-Чукотская, II – Врангелевская, III – Южно-Чукотская, IV – Берингско-Чукотская.

ческих (и, соответственно, увеличению бореальных) групп и фракций, что согласуется с плавным изменением доли отдельных групп и фракций, зафиксированных на большей части территории исследованных секторов тундровой зоны (Королева и др., 2012). Отметим, что низкие значения стандартных ошибок подчеркивают достоверность усреднения значений.

Типология ЛФ по широтной структуре проведена на основе преобладающего участия той или иной фракции, с уточнением диапазона данных в кластерах соответствующей дендрограммы сходства.

Локальные флоры, относящиеся к разным кластерам и типам широтной структуры, обозначены на картосхемах. Границы, проводимые на картосхемах между локальными флорами, относящимися к разным кластерам и типам, могут расцениваться как флористические рубежи разного ранга, причем, чем выше уровень сходства кластеров, тем ниже ранг рубежа между ними, что можно обозначить на картосхеме в числовом выражении. Полученные таким образом границы были сопоставлены с принятыми подзональными границами. Распределение широтных типов и кластеров более всего соответствует (но тоже не совпадает полностью) схеме САУМ (рис. 1), которая и была принята (как и в предыдущей статье) для сопоставления границ подзон тундровой зоны и рубежей, выделяемых по особенностям широтной структуры.

Для более точного понимания характера подзональных выделов по САУМ, обозначенных литерами, приводим сопоставление зональных схем (1 – по: Юрцев и др., 1978, и 2 – по: Матвеева, 1998) из пояснительного текста к этой карте (САУМ, 2003):

А – подзона высокоарктических тундр (1) или зона полярных пустынь (2);

В – северный вариант подзоны арктических тундр (1), подзона арктических тундр (2);

С – южный вариант подзоны арктических тундр (1), подзона типичных тундр (2);

Д – подзона северных гипоарктических тундр (1), подзона типичных тундр (2);

Е – подзона южных гипоарктических тундр (1), подзона южных тундр (2).

Региональные флоры (=флоры подпровинций) составлены в результате объединения списков входящих в подпровинцию ЛФ. Сравнение их широтных спектров проведено двумя способами: по спектрам, полученным по сводным спискам видов (учитывается только присутствие видов), и по спектрам, взвешенным по встречаемости видов в локальных флорах подпровинций.

База данных локальных и региональных флор создана в информационной системе IBIS (Зверев, 2007), в ней же составлены широтные спектры флор и рассчитаны коэффициенты сходства.

1. ШИРОТНАЯ СТРУКТУРА ЛОКАЛЬНЫХ ФЛОР

1.1. Сравнение спектров широтной структуры локальных флор

В дендрограмме, построенной по сходству спектров широтных групп (рис. 2), все ЛФ на самом низком уровне сходства (56 %) разделились на два крупных блока: 1 – более северные (Северный Ямал, Северный и Центральный Таймыр, о-ва Врангеля и Четырехстолбовой, северное побережье Чукотки, Чукотский п-ов) и 2 – все те, что южнее, причем спектры флор из разных блоков четко различаются: в первом преобладают (в среднем 60 % и более) виды арктических групп, а во втором их всегда меньше половины (см. табл. 1). Довольно резко отделяются от всех остальных (сходство 82 %) две флоры (кластер 1А): мыса Ватутина на о. Октябрьской Революции (ta01) и мыса Челюскина (ta02) на п-ове Таймыр (рис. 3, А), что объяснимо их географическим положением в зоне поляр-

ных пустынь. Особенности спектров этих ЛФ четко прослеживаются по данным табл. 1: для них характерны самое высокое участие видов арктической, метаарктической и аркто-альпийской групп и полное отсутствие видов бореальной группы. Кластер 1Б разделяется на несколько тесно связанных кластеров более высокого уровня сходства: девять островных ЛФ (Врангеля и Четырехстолбового) соединились в компактный кластер 1Ба (см. рис. 3, Б). Кластер 1Бб на уровне сходства 85 % подразделяется на два: компактный 1Бб1 (4 врангелевских и 10 северотаймырских флор) и более рыхлый 1Бб2, включающий 38 ЛФ крайнего севера Ямало-Гыданского сектора, Центрального Таймыра, северного побережья Чукотки и Чукотского п-ова. Флоры кластера 1Бб1 отличаются от таковых кластера 1Бб2 отсутствием видов бореальной группы. Несмотря на различия спектров, ЛФ кластеров 1Ба и

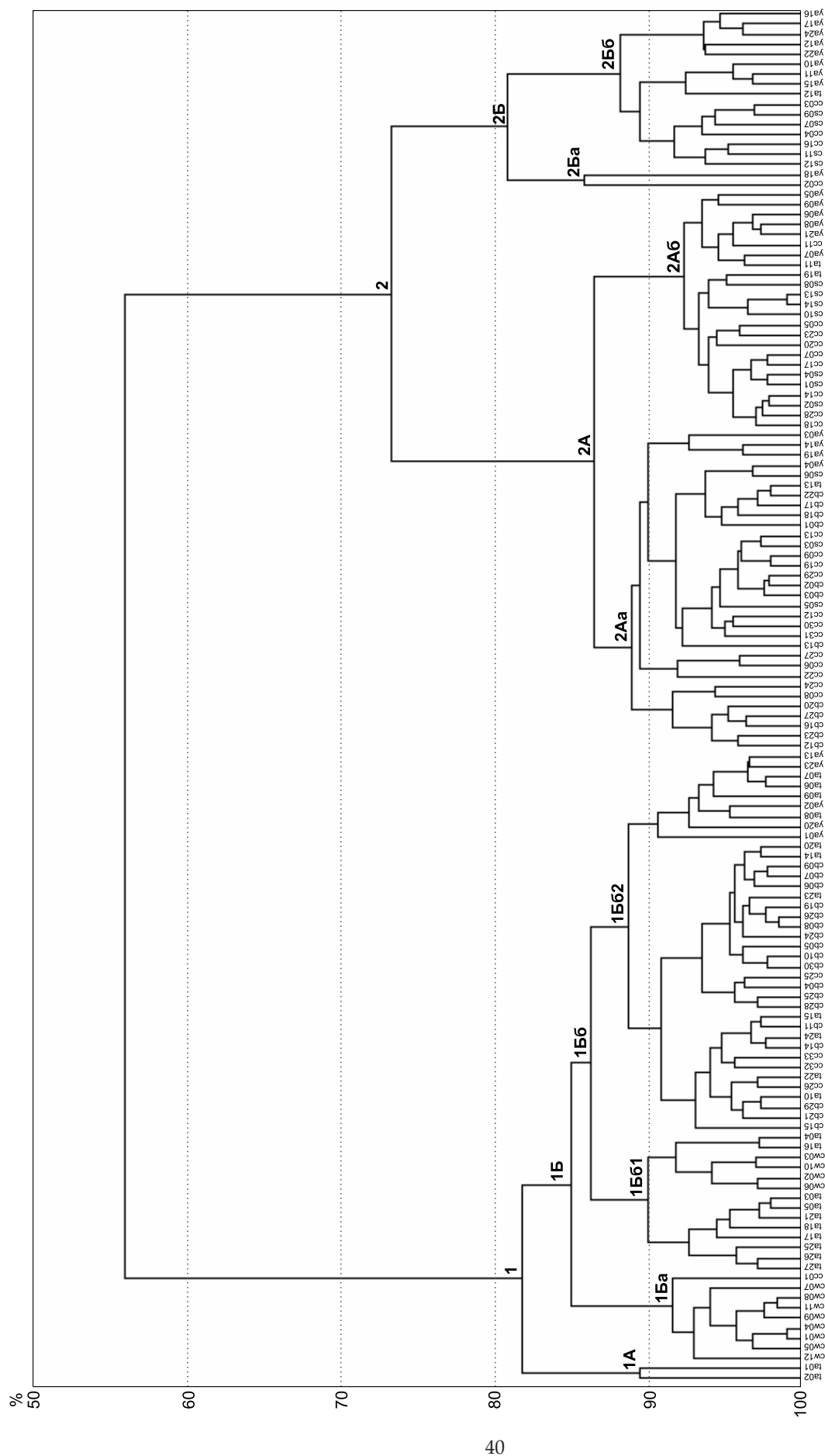


Рис. 2. Дендрограмма сходства по спектрам широтных групп 137 локальных флор из 6 флористических подпровинций Азиатской Арктики. Мера сходства – коэффициент Сьеренсена–Чекановского для весовых множеств, метод WPGMA (взвешенного попарного усреднения). Здесь и на рис. 4 обозначения принадлежности принадлежности локальных флор: уа – флоры Ямало-Гыданской подпровинции, та – Таймырской, сс – Континентально-Чукотской, св – Врангелевской, сб – Южно-Чукотской, сб – Берингийско-Чукотской. Номера локальных флор в дендрограмме соответствуют номерам флор на картосхемах (см. рис. 3, 5, 6). Цифрами и буквами на дендрограмме обозначены кластеры, под которыми они приводятся на рис. 3.

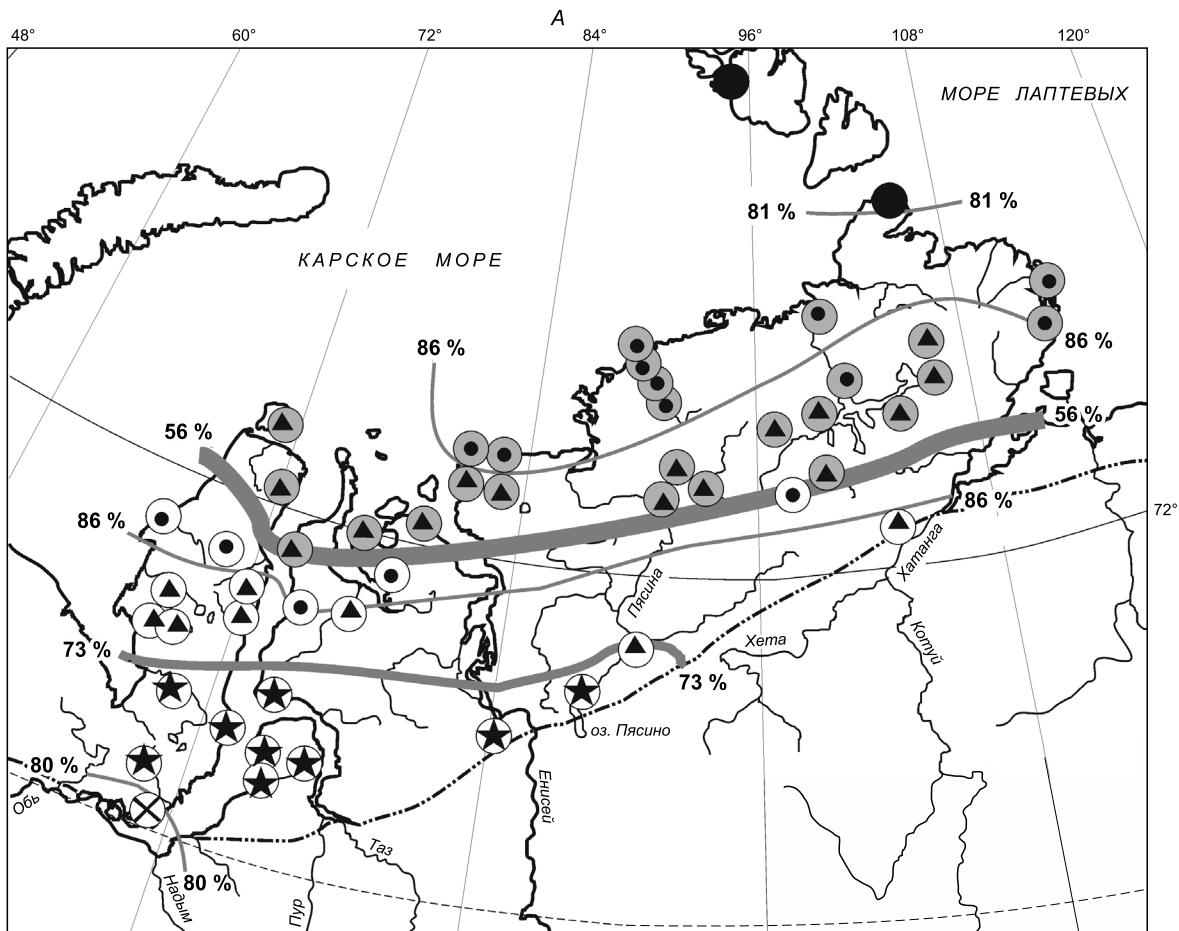
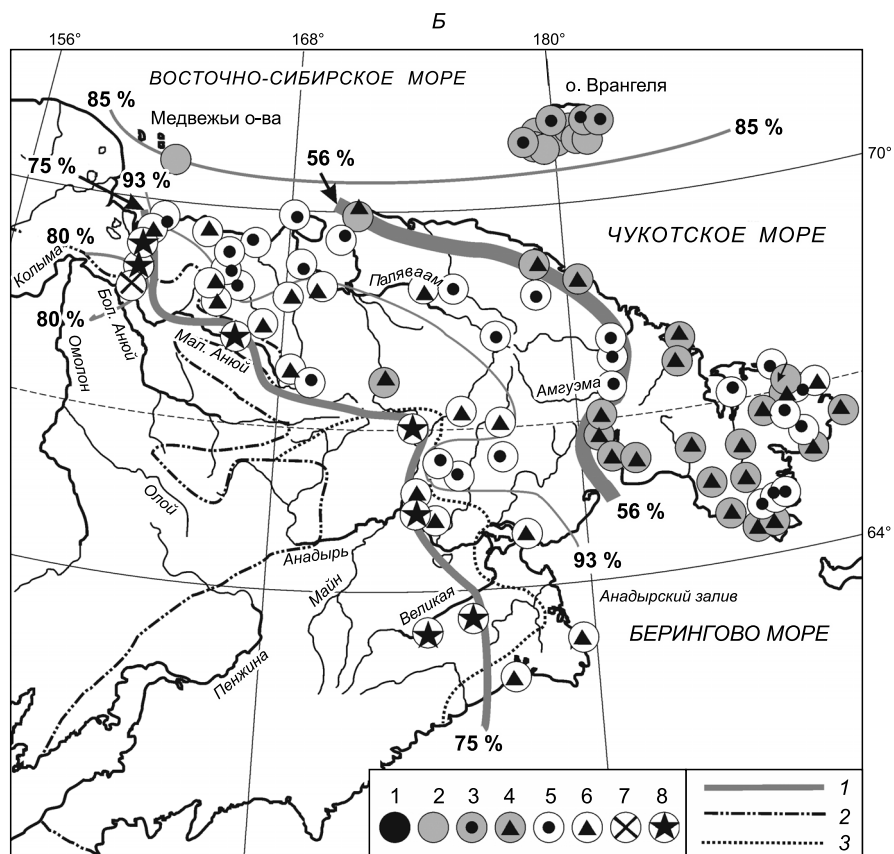


Рис. 3. Расположение локальных флор с указанием кластеров, к которым они относятся по сходству спектров широтных групп, и границ между ними на территории Ямало-Гыданского, Таймырского (А) и Чукотского (Б) секторов.

Здесь и на рис. 5, 6 цифрами обозначены границы: 1 – между территориями, локальные флоры которых относятся к разным кластерам, возле линий обозначен уровень сходства между соседними кластерами, % (более толстые линии границ проведены между наименее сходными кластерами), 2 – таежной зоны (лиственный лес); 3 – подзоны крупных стлаников (*Pinus putilla*). Обозначения кластеров соответствуют цифрам и буквам, указанным на рис. 2. Значками обозначены кластеры: 1 – 1А, 2 – 1Ба, 3 – 1Бб1, 4 – 1Бб2, 5 – 2Аа, 6 – 2Аб, 7 – 2Ба, 8 – 2Бб.



1Бб1 оказались в одной зональной полосе – подзоне В (см. рис. 1, 3).

Блок кластеров 2 на довольно высоком уровне сходства (73 %) подразделяется на 2А и 2Б, причем первый расходится далее на два еще более близких по структуре кластера (2Аа и 2Аб), различающихся в основном по содержанию видов арктической и бореальной групп. Кластер 2Аа включает 27 ЛФ из материковой Чукотки и 5 ЛФ из западных секторов (Ямало-Гыданского и Таймырского). Эти флоры расположены несколько южнее флор кластера 1Бб2, преимущественно в подзоне Д и даже Е на Чукотке, на Таймыре единственная ЛФ (та14, р. Малая Логата) из этого кластера расположена в подзоне Д, а в Ямало-Гыданском секторе – более северно, в подзоне С (см. рис. 3). Иными словами, подзональная приуроченность территорий ЛФ этого кластера различается в разных секторах.

Кластер 2Аб объединяет 16 ЛФ из Континентальной и Южной Чукотки и 8 – из западных секторов, также расположенных в подзонах Д (в Ямало-Гыданском и Таймырском секторах) и Е, а также в подзоне стлаников (на Чукотке). Для флор этого кластера характерно небольшое увеличение доли видов бореальной, гипоаркто-монтанной групп и снижение доли видов арктических групп.

Флоры кластера 2Б отличаются по широтной структуре не только от всех остальных, но и между собой, разделяясь на уровне сходства 81 % на 2Ба и 2Бб. В первый вошли лишь две флоры на южной границе подзоны Е, фактически за ее пределами – из полосы северных редколесий (пос. Черский, сс02) и полосы северной лесотундры (пос. Сюнай-Сале, уа18), характеризующиеся самой высокой долей видов бореальной группы, высоким участием аркто-бореальной и гипоаркто-монтанной групп. Для 16 ЛФ, входящих в кластер 2Бб, характерно несколько меньшее участие видов бореальной группы, такое же – аркто-бореальной и более высокое – гипоаркто-монтанной и аркто-альпийской. В целом же флорам этого кластера присуща почти равная суммарная представленность – примерно по одной трети видового состава флоры – групп из всех трех фракций. Территории этих ЛФ четко расположены в пределах подзоны Е на Ямале, Тазовском п-ове и на Таймыре, а на Чукотке многие из них находятся фактически за пределами южной границы этой подзоны (и тундровой зоны в целом) (см. рис. 1, 3).

Таким образом, каждому кластеру присущ свой спектр широтных групп, заметно отличающийся от других, и именно сходство этих спектров – признак, по которому ЛФ объединились в кластеры. Самый резкий рубеж (выделен толстой линией на картосхемах) разделяет флоры двух самых крупных блоков, демонстрируя границу самого высокого ранга между всеми сравниваемыми флорами. Этот рубеж почти

совпадает с южной границей подзоны С в западных секторах (кроме участка возле оз. Таймыр, где подзональная граница проведена севернее озера, а флоры и южного его побережья относятся к этому же кластеру) и частично – с северо-восточной границей подзоны Д на востоке Чукотского сектора (западнее Чукотского п-ова) (см. рис. 3).

Второй рубеж, но более низкого ранга (сходство 73–75 %), на Ямале, Гыдане и юго-западе Таймыра практически совпадает с южной границей подзоны Д, но восточнее слишком отклоняется на север, а на Чукотке проходит примерно по границе леса и подзоны стлаников, почти повторяя юго-западную границу подзоны Е (см. рис. 1, 3). На картосхеме нанесены и более мелкие рубежи (самые тонкие линии со сходством между кластерами 80–86 %), также в основном хорошо совпадающие с границами подзон в западных секторах, и значительно хуже – в Чукотском секторе.

В отличие от рассмотренной выше, на дендрограмме сходства спектров широтных фракций (рис. 4) на самом низком уровне сходства (56 %) от всего массива (блок кластеров 1) отделились только самые южные флоры (блок кластеров 2) из Ямало-Гыданской подпровинции и западных и южных районов Чукотки (рис. 5). Последний на уровне сходства 82 % разделен на кластеры 2А и 2Б, объединяющие соответственно 6 ЛФ из лесотундровых районов и 11 ЛФ из подзон южных тундр и стлаников.

В пределах обширного блока кластеров 1 на уровне сходства 74 % отделяются (в кластер 1А) ЛФ самых северных районов Таймыра, включающего ЛФ зоны полярных пустынь (1Аа) и ЛФ арктических островов (Белый, Октябрьской Революции, Четырехстолбовой, Врангеля – 1Аб). Уже на высоком уровне сходства – около 85 % (кластер 1Б) (см. рис. 4), все остальные флоры из разных подпровинций образуют два крупных блока: 1Ба, включающий 35 ЛФ более северных тундровых районов Ямало-Гыданского и Таймырского и более восточных районов Чукотского сектора, и 1Бб – самый многочисленный, делящийся далее на несколько мелких с очень высоким уровнем сходства – 95 % и выше, объединяющий 59 ЛФ из более южных тундровых (но не самых южных) районов всех секторов (рис. 5).

Распределение ЛФ по кластерам хорошо коррелирует с участием в них видов арктической фракции, причем пороговым значением оказывается доля этих видов 40 %. В кластер 1 входят ЛФ с долей этой фракции всегда более 41 % (см. табл. 1), в кластер 2 – ЛФ с меньшими (17–39 %) значениями, что учтено нами при разработке типологии флор (см. ниже). Эта корреляция в большинстве случаев хорошо видна и при распределении ЛФ по более мелким кластерам. Постепенное снижение доли арктической и возрастание гипоарктической и бореальной фракций соответствует широтному распределению кластеров при их про-

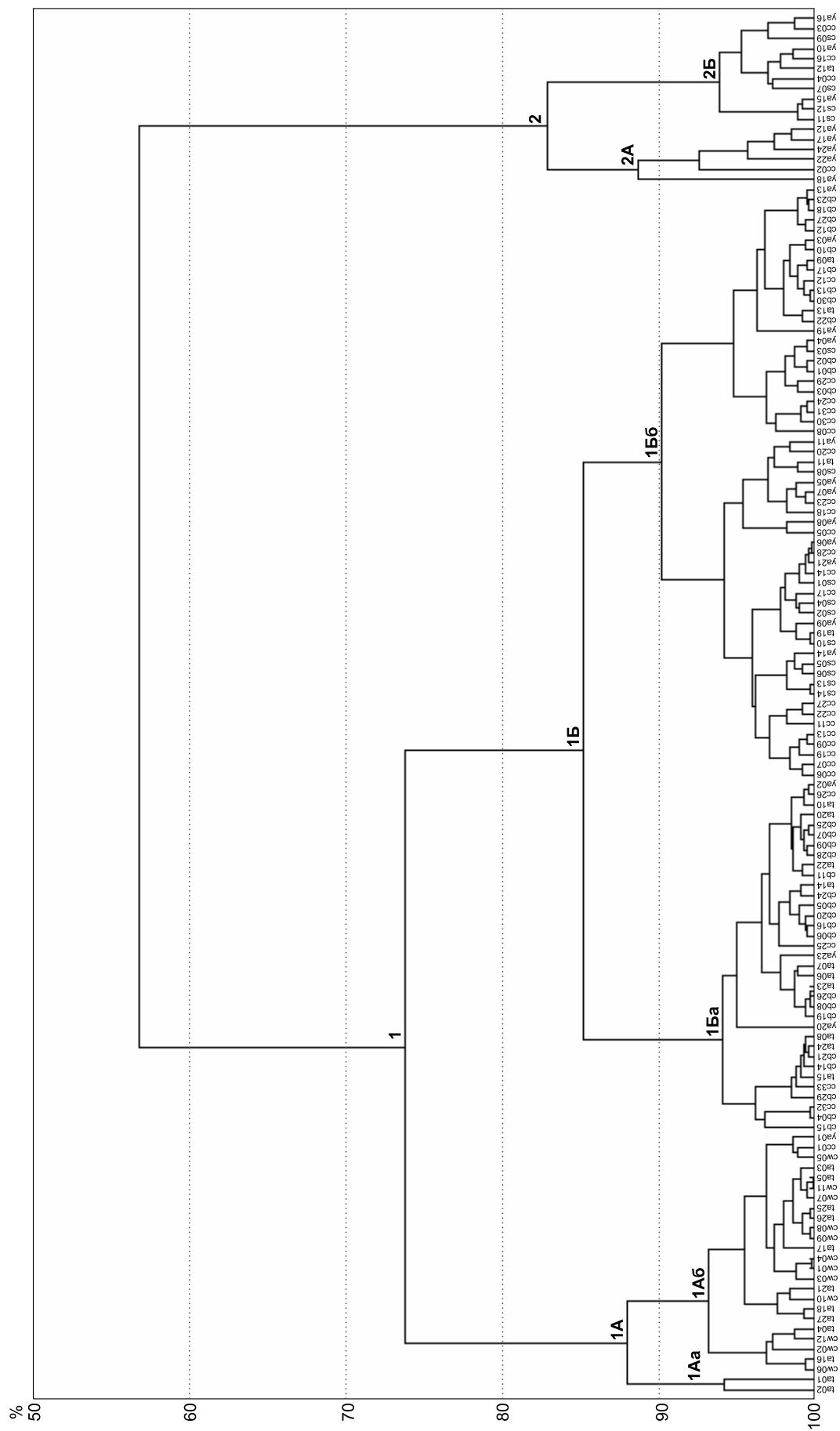


Рис. 4. Дендрограмма сходства по спектру широтных фракций 137 локальных флор из 6 флористических подпровинций Азиатской Арктики.

Мера сходства – коэффициент Сьерсенсена – Чекановского для весовых множеств, метод WPGMA (взвешенного попарного усреднения). Номера локальных флор в дендрограмме соответствуют номерам флор на картах (см. рис. 3, 5, 6). Цифрами и буквами на дендрограмме обозначены кластеры, под которыми они приводятся на рис. 5.

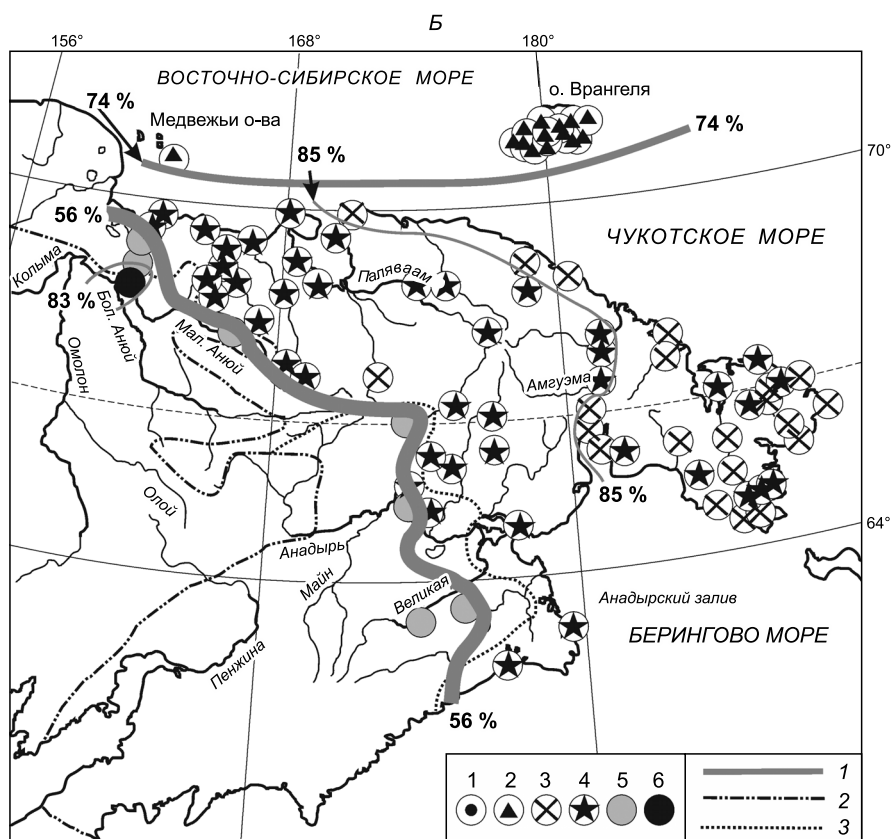
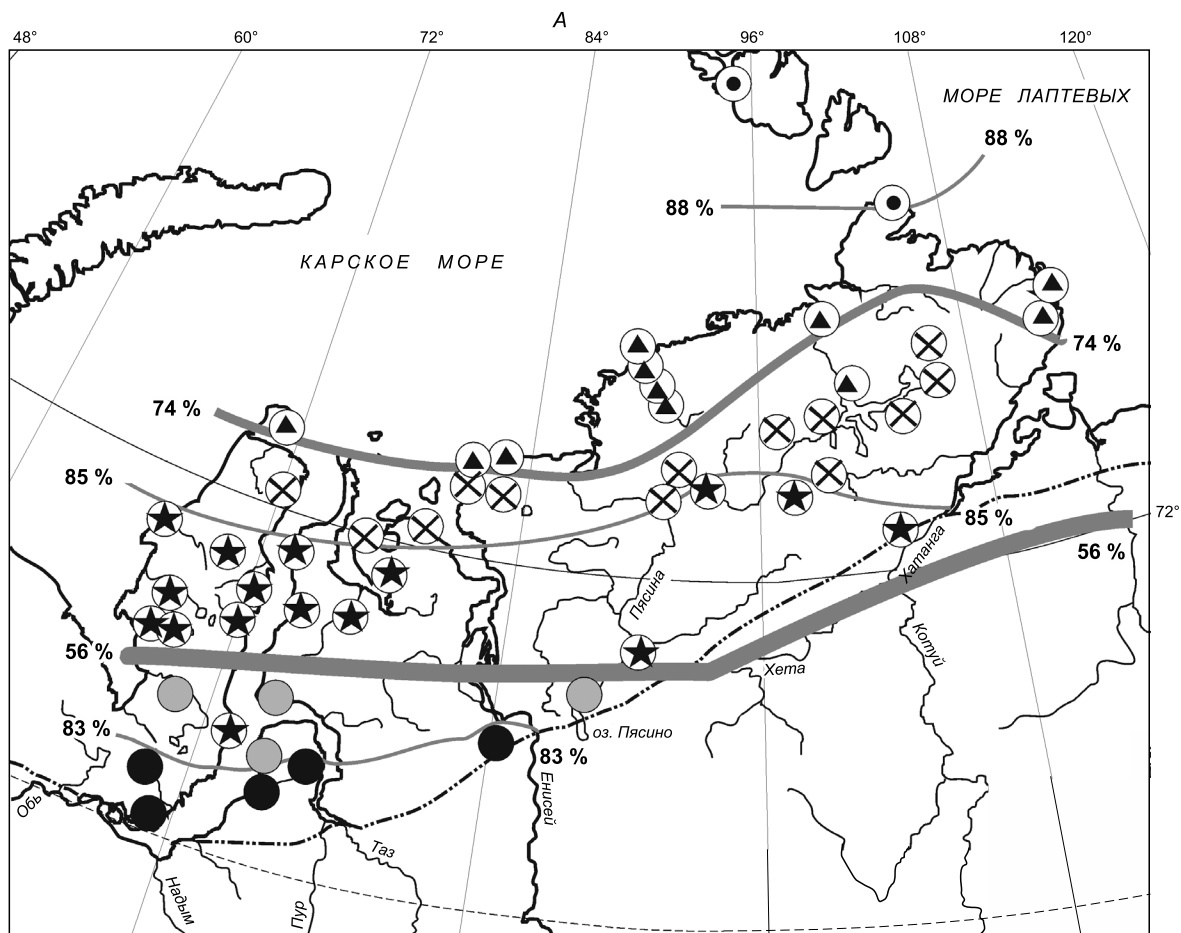


Рис. 5. Расположение локальных флор с указанием кластеров, к которым они относятся по сходству спектров широтных фракций, и границ между ними на территории Ямало-Гыданского, Таймырского (А) и Чукотского (Б) секторов.

Границы 1–3 см. на рис. 3.

Обозначения кластеров соответствуют цифрам и буквам, указанным на рис. 4. Значками обозначены кластеры: 1 – 1Аа, 2 – 1Аб, 3 – 1Ба, 4 – 1Бб, 5 – 2А, 6 – 2Б.

ецировании на карту. В Ямало-Гыданском и Таймырском секторах они четко распределены полосами широтного простираания, а на Чукотке ложатся как полосами, так и крупными контурами, сменяющимися друг друга по направлению с юго-запада на северо-восток, но не совпадающими с границами подпровинций (см. рис. 5), за исключением границы с северотаежной зоной (лесотундрой и лесом) и подзоной стлаников.

1.2. Типология локальных флор

Очень важна роль широтных фракций и для разработки типологии северных флор. Именно долевого участие во флоре видов арктической фракции – самый важный показатель для выявления так называемых “критических рубежей”, к которым приурочено более или менее резкое преобразование флор (Толмачев, 1964). Это согласуется с тем, что, как было показано в предыдущей статье (Королева и др., 2012), доля видов арктической фракции – наиболее чувствительный к подзональным изменениям флористический параметр по сравнению с другими фракциями. В южных подзонах тундровой зоны и при переходе за ее пределы значимыми характеристиками становятся также доли бореальной фракции и группы, а гипоарктическая фракция малочувствительна к подзональным изменениям на большей части рассматриваемой территории (кроме самого севера). Как известно, А.И. Толмачев (1932, 1941, 1964) выделял три основных типа флор Арктики: гипоарктические, арктические и высокоарктические. К высокоарктическим (позднее “высококриофитным”) (Юрцев, 1981) относили флоры, в которых виды арктической фракции занимают >65 % от всего состава флоры. Собственно арктическими было принято считать флоры, в которых эти виды занимают преобладающее положение (Толмачев, 1941, 1952; Ребристая, 1977; Юрцев и др., 1978; Петровский, Королева, 1979) и составляют не менее 45–55 % видового состава (Петровский, Заславская (Королева), 1981; Юрцев, 1981); некоторые данные приведены в более поздних работах (Секретарева, 2010; Поспелова, Поспелов, 2013; и др.). Ранее предлагалось флоры с содержанием арктической фракции от 46 до 54 % относить к гипоарктическому типу (Петровский, Заславская (Королева), 1981), а флоры, в которых бореальная фракция составляет 45 % и более, – к бореальному. Однако большой массив локальных флор, включенных нами в анализ, и широкий охват ими территории Азиатской Арктики и Субарктики позволили более точно установить пороговые значения долевого участия всех фракций (см. табл. 1). С учетом этих данных и на основе преобладающей роли той или иной фракции, можно выделить следующие широтные типы и подтипы локальных флор:

1. Тип арктический – преобладают (всегда более 40 %) виды арктической фракции, а представители гипоарктической и бореальной составляют не более

20–30 % каждая. К этому типу относится подавляющее большинство изученных ЛФ (рис. 6), в которых отмечается наиболее широкий диапазон (40–90 %) значений доли арктической фракции, что позволяет подразделить флоры этого типа на подтипы:

1а. Подтип высокоарктический – доля видов арктической фракции – более 70 %, остальные фракции представлены незначительно: гипоарктическая – 2–20 %; бореальная – 1–11 %. К этому подтипу относятся 27 ЛФ, расположенных на самых северных окраинах материка и островах в западных секторах (см. рис. 6, А) и на островах в Чукотском секторе (см. рис. 6, Б). Наши данные показали, что к этому подтипу следует относить ЛФ с более высоким участием видов арктической фракции, чем предлагалось А.И. Толмачевым (1964) – >65 %. Возможно, флоры с содержанием видов этой фракции более 90 % тоже заслуживают выделения в отдельный подтип, но пока таких флор в нашей выборке недостаточно (всего две ЛФ) для обоснования этого выделения.

1б. Подтип собственно арктический или среднеарктический – арктическая фракция составляет 61–70 % (ранее сюда относили и ЛФ с участием в 56–60 %, но, как показал кластерный анализ, доля арктических видов в ЛФ этого подтипа должна быть повышена), гипоарктическая – 20–28 % и бореальная – 10–16 %. К этому подтипу относятся большинство локальных флор (53 ЛФ) из подзоны С, а на Чукотке также почти все флоры Берингийской Чукотки (подзона D) и несколько ЛФ материковой Чукотки из подзоны Е, территория которых расположена на абсолютных высотах не ниже 500 м.

1в. Подтип низкоарктический – арктическая фракция (40–60 %), гипоарктическая (30% и менее) и бореальная (не более 25 %). Ранее флоры этого подтипа относили к гипоарктическому типу, но, как показал результат сравнительного анализа спектров, они объединяются с флорами арктического типа. Кроме того, гипоарктические флоры могут быть расположены не только в тундровой зоне и полосе лесотундры, но и в северотаежной – в отличие от низкоарктических, встречающихся только в пределах тундровой зоны и редко в пределах подзоны стланика. К этому подтипу относится 41 ЛФ, расположенные южнее среднеарктических в западных секторах, а на Чукотке эти ЛФ маркируют широкую изогнутую полосу между арктическими и гипоарктическими флорами.

2. Тип бореальный – во флорах преобладают виды бореальной фракции, их всегда более 40 %, виды арктической составляют 17–29 %, гипоарктической – 27–33 %. Этот тип, несомненно, также имеет несколько вариантов, однако, из-за небольшого числа этих ЛФ в наших материалах (всего 5, к тому же представляющих самый северный вариант бореальных флор), мы ограничиваемся только типовыми показателями. Флоры этого типа занимают самые южные позиции в Ямало-Гыданском секторе, отсутствуют в нашей вы-

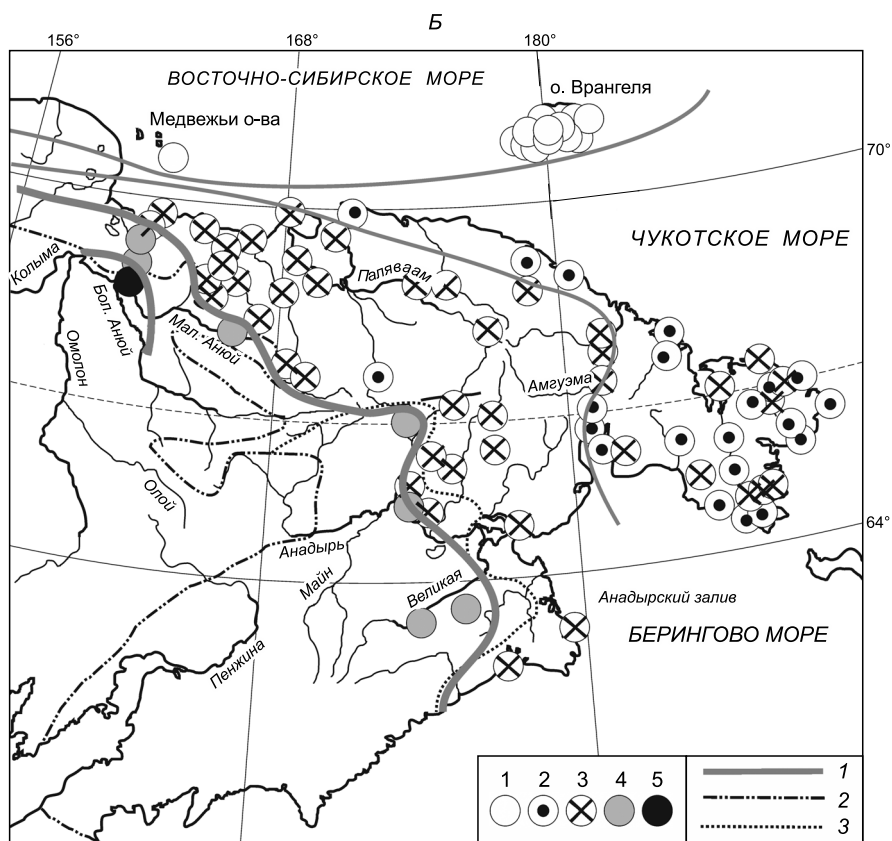
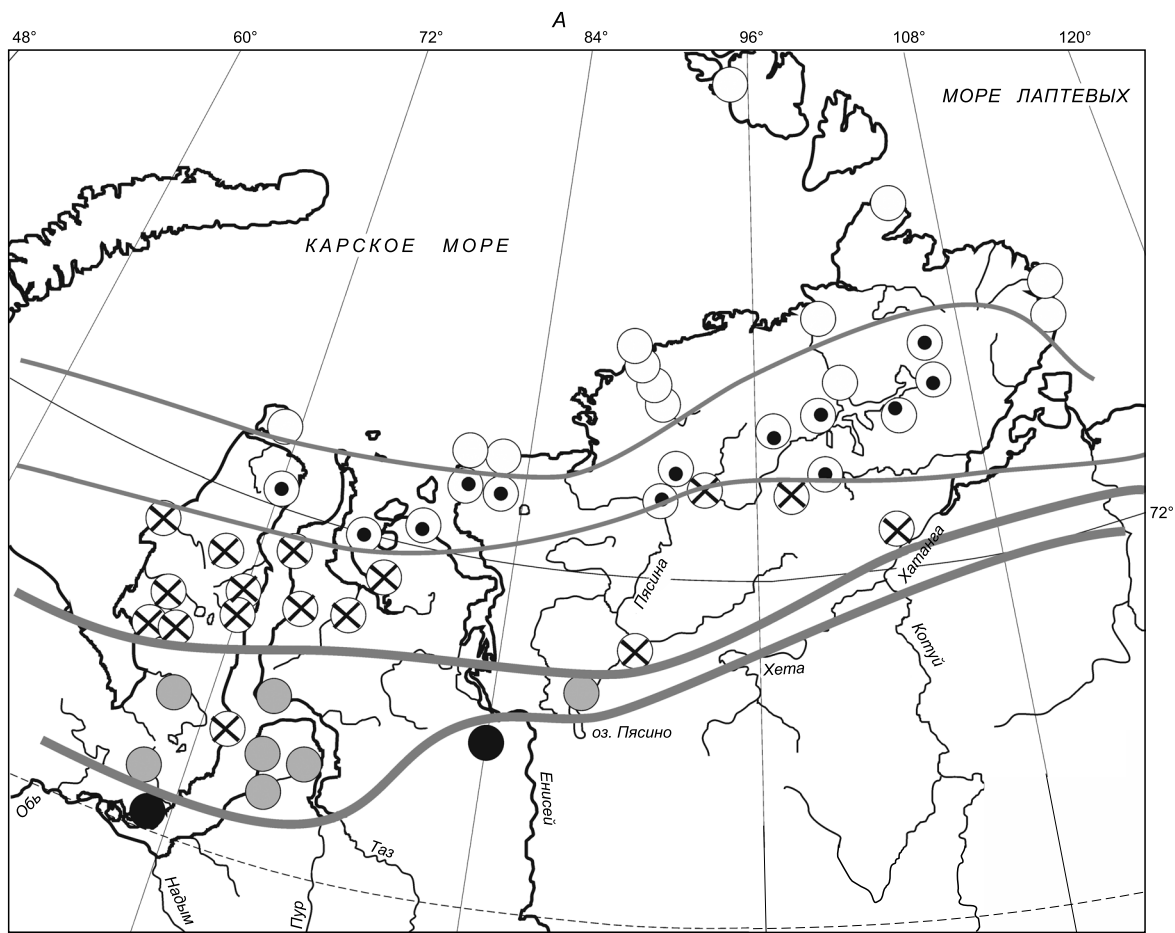


Рис. 6. Расположение локальных флор, относящихся к различным типам широтной структуры, и границ между ними на территории Ямало-Гыданского, Таймырского (А) и Чукотского (Б) секторов.

Границы: 1 – между территориями, локальные флоры которых относятся к разным типам (более толстые линии) и подтипам (тонкие линии) одного типа, 2 – лесной зоны, 3 – подзоны крупных стлаников.

Значками обозначены: 1–3 – А – арктический тип с подтипами: 1 – ВА – высокоарктическим, 2 – СА – собственно или среднеарктическим, 3 – НА – низкоарктическим; 4 – ГА – гипоарктический тип; 5 – Б – бореальный тип. Пояснения см. в тексте.

борке флор по Таймырскому сектору и единично представлены на Чукотке.

3. Тип гипоарктический – несомненно, заслуживает выделения, хотя такой зоны нет, а доля видов гипоарктической фракции ни в одной флоре из 137 не преобладает. Он включает флоры, в которых доля видов арктической фракции составляет всегда менее 40 %, гипоарктической – 26–36 % и бореальной – менее 40 %, или все фракции представлены примерно поровну (30–36 %), как и указывалось для классической гипоарктической флоры (Толмачев, 1964). Локальные флоры с такой структурой, хотя и нечасто, встречаются во всех изученных секторах, преимущественно в подзоне южных тундр, лесотундре и подзоне стлаников (подзона Е и южнее). От прежних определений флор гипоарктического типа наша трактовка отличается более низким диапазоном участия видов арктической фракции. К этому типу относятся 11 ЛФ (см. рис. 6).

Анализируя совпадение подзональных границ с линиями, разделяющими территории распространения ЛФ определенного типа (см. рис. 1, 6), можно отметить, что только южная граница подзоны В совпадает или проходит очень близко с границей размещения флор высокоарктического подтипа (флоры подзоны А также относятся к этому подтипу, хотя, как отмечено выше, возможно, их следует выделить в отдельный подтип). В Ямало-Гыданском секторе южная граница подзоны С отделяет территории распространения флор арктического подтипа, а на Таймыре она проходит внутри таковых. В Чукотском секторе граница подзоны С сближается, но не совпадает (особенно на востоке) с южной границей распространения флор арктического подтипа. Граница подзоны D очерчивает с юга территории с распространением флор низкоарктического подтипа в Ямало-Гыданском и Таймырском секторах, а на Чукотке граница этих территорий совпадает уже с южной границей подзоны Е, и лишь южнее ее все ЛФ относятся к гипоарктическому типу.

1.3. Анализ совпадения подзональных границ и границ, выделенных по трем характеристикам широтной структуры локальных флор

Для сопоставления с границами подзон по САУМ на картосхемы (рис. 7) нанесены обобщенные границы, полученные по трем характеристикам (по кластерам групп и фракций и по типам). Оказалось, что большая часть границ почти полностью или большей частью совпадает, но на некоторых участках выявлены расхождения, и еще реже соответствия не наблюдалось. В целом в западных секторах совпадение границ выражено лучше, чем на Чукотке, что вполне естественно, учитывая равнинность территорий первых и искажение зональности из-за влияния двух океанов и горных поднятий во втором. В табл. 2 представлено

распределение ЛФ разных кластеров и типов по подзонам в изученных секторах.

В подзоне А расположены только две таймырские флоры высокоарктического подтипа, обособленные по структуре групп и фракций в наиболее северные кластеры (см. табл. 2); возможно, как было упомянуто выше, следует выделить их в особый подтип или даже тип флоры. Остальные флоры высокоарктического подтипа распространены в пределах подзоны В, ее южную границу также подтверждают и рубежи, полученные по кластерам групп и фракций.

Южнее подзоны В соответствие границ подзон, типов флор и рубежей, выделенных по широтной структуре, в западных секторах и на Чукотке различается (см. табл. 2). На Ямале, Гыдане и Таймыре южная граница подзоны С примерно соответствует границе распространения флор среднеарктического подтипа, но есть и расхождения: на Таймыре первая проходит севернее второй (по разные стороны оз. Таймыр), а на Ямале и Гыдане – наоборот (см. рис. 7, А). Это, возможно, связано с тем, что сходство флор здесь очень высокое и по разным параметрам происходят небольшие перегруппировки, однако принципиально то, что все рубежи носят субширотный характер и близки к принимаемой подзональной границе. В Чукотском секторе подзона С на материке слабо выражена, и поэтому в сети локальных флор представлена единичными ЛФ: 1 – высокоарктического типа в архипелаге Медвежьих о-вов и 1 – среднеарктического подтипа с северного побережья Центральной Чукотки. Существенное расхождение границ выявлено на Восточной Чукотке, все флоры которой относятся к арктическому подтипу (см. табл. 2), и по широтной структуре флор эта территория ближе к подзоне С, а не D.

В западных секторах подзона D примерно соответствует территории распространения флор низкоарктического подтипа, причем рубежи по всем трем характеристикам широтной структуры практически совпадают с ее южной границей. А на Чукотке четкого соответствия подзональных границ растительности и выявленных по широтной структуре рубежей нет, но они расположены довольно близко и подтверждают сложную конфигурацию подзон на востоке Чукотки. Подзона D на западе Чукотки включает северную часть территории распространения флор низкоарктического типа, а положение ее южной границы не имеет соответствия по характеристикам широтной структуры флор. На Чукотском п-ове в этой подзоне расположены флоры среднеарктического подтипа, что существенно отличает его от более западных территорий: по широтной структуре эти флоры ближе к флорам подзоны С (южной полосы подзоны арктических тундр) других секторов. Наличие на Чукотском полуострове ЛФ низкоарктического подтипа на фоне доминирования ЛФ среднеарктического типа, возможно,

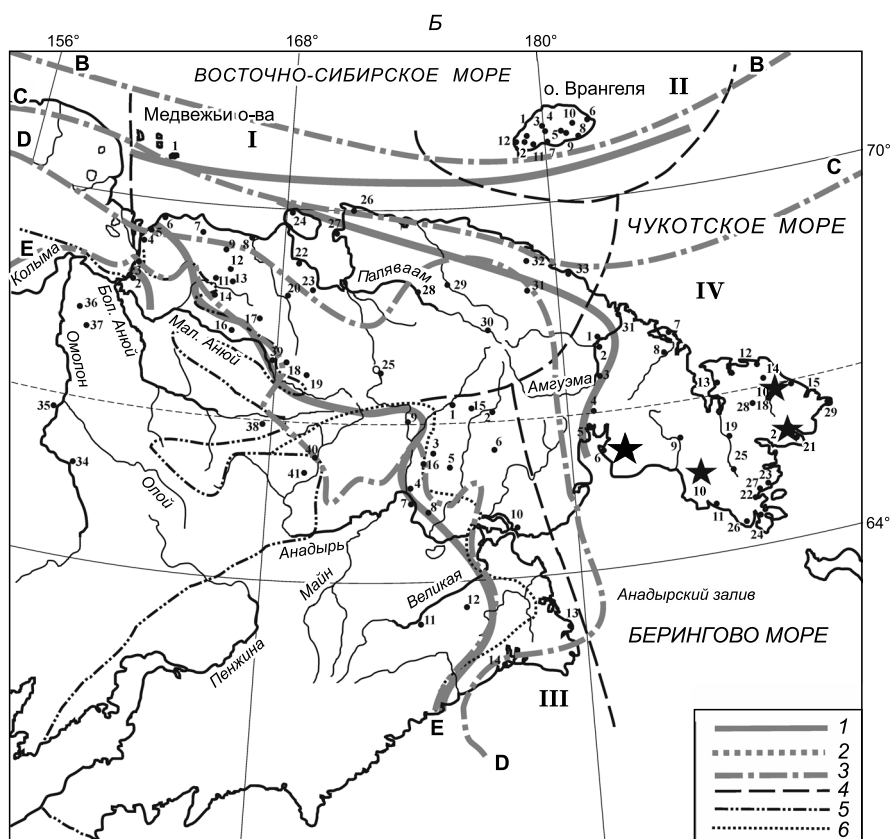
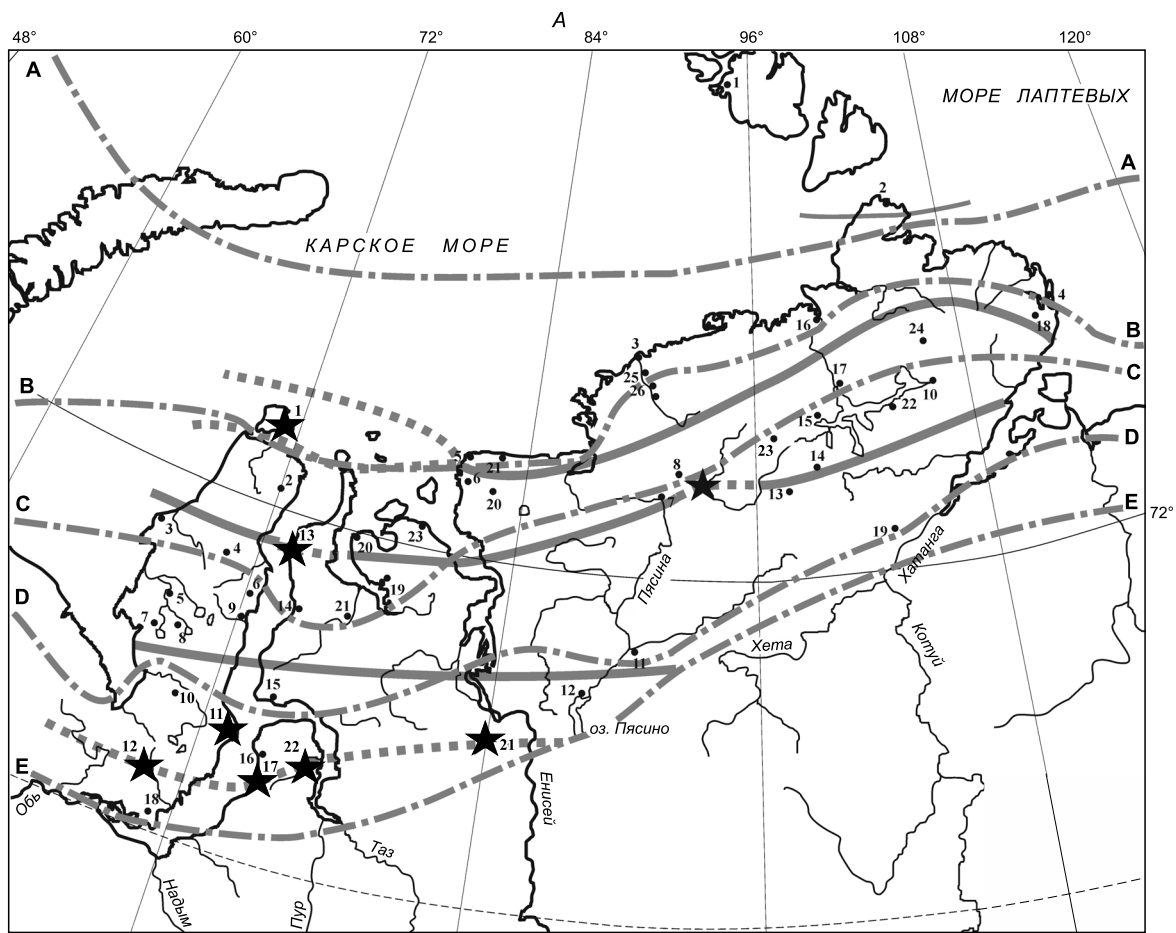


Рис. 7. Совмещение границ по трем характеристикам широтной географической структуры локальных флор на территории Ямало-Гыданского, Таймырского (А) и Чукотского (Б) секторов:

1 – границы по трем (толстые линии) или двум (тонкие) характеристикам (спектры фракций, спектры групп, типы) при их полном совпадении; 2 – участки этих границ при их небольшом расхождении по разным характеристикам; 3 – границы подзон (по: САУМ, 2003), 4 – флористических подпровинций (Юрцев и др., 1978); 5 – лесной зоны, 6 – подзоны крупных стлаников. Точками с номерами обозначены пункты локальных флор, звездочками – пункты локальных флор, относящихся к территориально разным кластерам по составу широтных групп и фракций.

Распределение по растительным подзонам кластеров по широтным группам и фракциям и типам широтной структуры локальных флор в секторах Азиатской Арктики

Подзона (по: CAVM, 2003)	Сектор							
	Ямальский	Гыданский	Таймырский		Чукотский			
			западный	центральный + восточный	Колыма, низовья	западный	центральный	восточный
	Кластеры по широтным группам							
A	–	–	–	1A	–	–	–	–
B	1B62	?	1B61	1B61	–	–	1Ba, 1B61	–
C	(1B62), 2Aa	1B62, 2Aa, (2A6)	1B62	1B61, 1B62	1Ba	–	(1B62)	–
D	2A6	(2B6)	(2A6)	1B62, (2Aa, 2A6)	2Aa, 2A6	2Aa, 2A6	1B62, (2Aa)	1B62, 2Aa, (2A6)
E	2B6, (2Ba)	2B6	(2B6)	?	2B6	2Aa, 2A6	(1B62), 2Aa, 2A6, (2B6)	–
Южнее E	?	?	?	?	2Ba	2B6	2A6, 2B6	–
	Кластеры по широтным фракциям							
A	–	–	–	1Aa	–	–	–	–
B	1A6	?	1A6	1A6	–	–	1A6	–
C	1Ba, 1B6	1B6	1Ba	1A6, 1Ba	1A6	–	(1Ba)	–
D	1B6	(2A)	(1B6)	1Ba, 1B6	1B6	1B6	1Ba, (1B6)	1Ba, 1B6
E	(1B6), 2A, 2B	(2A), 2B	(2A)	?	2A	1B6	(1Ba), 1B6, (2A)	–
Южнее E	?	?	?	?	2B	2A	1B6, 2A	–
	Широтные типы флор							
A	–	–	–	вA	–	–	–	–
B	вA	?	вA	вA	–	–	вA	–
C	сA, нA	сA, нA	сA	вA, (сA)	вA	–	сA	–
D	нA	(ГA)	(нA)	сA, нA	нA	нA	сA, (нA)	сA, нA
E	(нA), ГA, Б	ГA, Б	(ГA)	?	ГA	нA	(A), нA, (ГA)	–
Южнее E	?	?	?	?	ГA, Б	ГA	нA, ГA	–

Примечание. Обозначения кластеров соответствуют рис. 2, 3 (широтные группы) и рис. 4, 5 (широтные фракции); обозначения типов см. в тексте; в скобках – единичные флоры данного кластера или типа в данной подзоне; прочерк – подзона отсутствует в данном секторе; знак вопроса – нет данных (нет локальных флор в данной подзоне сектора).

Полужирным шрифтом выделены повторяющиеся кластеры в разных секторах в пределах одной подзоны.

соответствует наличию на нем анклавов растительности подзоны **E** в пределах подзоны **D** (Razzhivin, 1999).

В подзоне **E** в западных секторах распространены флоры в основном гипоарктического и даже бореального типа, а на Чукотке – низкоарктического подтипа, причем южная граница этой подзоны на Чукотке (кроме крайнего запада – правобережья р. Колымы) примерно соответствует южной границе распространения флор арктического типа. Гипоарктические и бореальные флоры на Чукотке появляются только южнее подзоны **E** (т. е. южнее тундровых подзон по CAVM).

Расхождение положения рубежей по широтной структуре флор и границ по растительным подзонам вполне естественно, поскольку известно, что флористическое и геоботаническое районирования часто близки, но не совпадают (Толмачев, 1974). В то же время, поскольку флора и растительность отражают собой единый природный объект – растительный покров, случаи резкого расхождения флористических

и геоботанических границ могут служить поводом для их пересмотра и, возможно, корректировки. В целом, как и предполагалось в заключении к предыдущей статье (Королева и др., 2012), широтная структура ЛФ имеет отчетливую зональную приуроченность и может служить подспорьем для уточнения положения некоторых границ подзон, а случаи значительного расхождения со схемой подзональных выделов требуют дополнительного изучения.

Отмеченные выше несоответствия территорий с распространением типов и подтипов локальных флор и границ подзональных выделов отражают масштабную широтную инверсию, особенно в Чукотском секторе. Как известно, Чукотка – это территория взаимного проникновения двух глобальных областей атмосферной циркуляции – Атлантической и Тихоокеанской муссонной, что, в сочетании со среднегорным рельефом, определяет сложную мезоциркуляцию воздушных масс, к тому же существенно различающуюся между сезонами.

2. ШИРОТНАЯ СТРУКТУРА РЕГИОНАЛЬНЫХ ФЛОР

Сравнение региональных флор подпровинций проведено по невзвешенным спектрам, учитывающим только наличие видов в подпровинции, и по взвешенным по встречаемости в локальных флорах подпровинции. Количественные характеристики широтной структуры региональных флор приведены в табл. 3.

Ямало-Гыданская подпровинция характеризуется примерно равным распределением всех фракций с небольшим преобладанием во взвешенном спектре арктической (44 %). Видов арктической группы немного, доминируют метаарктическая и аркто-альпийская; в гипоарктической – гипоаркто-монтанная. Наиболее высока по сравнению с другими подпровинциями доля бореальной фракции, а в ее составе – бореальной группы (24 % в невзвешенном спектре, 12 % во взвешенном – самое высокое значение среди всех региональных флор). Локальные флоры арктического типа в этой подпровинции присутствуют в центральной и северной частях Ямала и Гыдана, большинство их относится к низкоарктическому подтипу, а к высокоарктическому – единственная ЛФ о. Белый. В южной трети Ямала и Гыдана распространены флоры

гипоарктического типа, а самые южные относятся к бореальному типу, несмотря на то, что это территории современной тундровой зоны, а древесная растительность на ней в недалеком прошлом деградировала под воздействием, вероятно, антропогенного фактора (Хитун, 1994; Ребристая, 2013).

В региональной флоре Таймырской подпровинции арктическая фракция существенно выше остальных (особенно во взвешенном спектре – 64 %), в ее составе преобладают метаарктическая и аркто-альпийская группы. Видов бореальной фракции значительно меньше (13 %), и она представлена в основном аркто-бореальной группой. Доля гипоарктической фракции имеет промежуточное значение, в ее составе гипоаркто-монтанная группа почти вдвое превышает гипоарктическую. На территории подпровинции доминируют флоры арктического типа. В северной части полуострова (северное и северо-восточное побережье), а также на островах Северной Земли все ЛФ относятся к высокоарктическому подтипу. Флоры центральной части (горы и предгорья Бырранга и расположенная южнее равнина) принадлежат собственно арктическому подтипу, и только самые юж-

Таблица 3

Широтная географическая структура региональных флор шести флористических подпровинций Азиатской Арктики

Широтная группа и фракция	Подпровинция																	
	Ямало-Гыданская (24 ЛФ)			Таймырская (27 ЛФ)			Континентально-Чукотская (30 ЛФ)			Врангелевская (12 ЛФ)			Южно-Чукотская (14 ЛФ)			Берингийско-Чукотская (30 ЛФ)		
	Число видов ¹	Доля		Число видов	Доля		Число видов	Доля		Число видов	Доля		Число видов	Доля		Число видов	Доля	
		% нВзв ²	% Взв ³		% нВзв	% Взв ³		% нВзв	% Взв ³		% нВзв	% Взв ³		% нВзв	% Взв ³		% нВзв	% Взв ³
Широтная группа:																		
А ⁴ (I) ⁵	33	7.4	6.6	64	12.9	11.7	91	12.4	5.6	123	30.1	24.4	58	8.0	4.2	127	17.9	10.9
МА (I)	73	16.5	17.4	108	21.7	28.7	151	20.5	24.5	108	26.5	31.6	147	20.2	22.5	163	23.0	29.0
А-Ал (I)	63	14.2	19.8	80	16.1	24.0	92	12.5	19.4	64	15.7	20.3	96	13.2	19.2	103	14.5	21.4
ГА (II)	47	10.6	11.1	54	10.9	8.8	110	15.0	13.9	38	9.3	7.8	113	15.5	13.1	83	11.7	10.4
ГА-М (II)	66	14.9	17.3	72	14.5	13.8	89	12.1	16.1	36	8.8	8.0	91	12.5	16.4	89	12.5	14.5
А-Б (III)	57	12.9	15.5	59	11.9	10.3	84	11.4	14.8	35	8.6	7.7	88	12.0	15.1	85	12.0	11.5
Б (III)	104	23.5	12.3	60	12.1	2.7	118	16.1	5.8	4	1.0	0.2	135	18.5	9.5	60	8.5	2.4
Всего видов	443	100.0	100.0	497	100.0	100.0	735	100.0	100.0	408	100.0	100.0	728	100.0	100.0	710	100.0	100.0
Широтная фракция:																		
I Афр	169	38.2	43.8	252	50.7	64.4	334	45.4	49.4	295	72.3	76.3	301	41.3	45.9	393	55.4	61.3
II ГАфр	113	25.5	28.4	126	25.4	22.6	199	27.1	30.0	74	18.1	15.8	204	28.1	29.5	172	24.2	24.9
III Бфр	161	36.3	27.8	119	23.9	13.0	202	27.5	20.6	39	9.6	7.9	223	30.6	24.6	145	20.4	13.8
Всего видов	443	100.0	100.0	497	100.0	100.0	735	100.0	100.0	408	100.0	100.0	728	100.0	100.0	710	100.0	100.0

¹ Суммарное число видов и подвидов во флорах.

² Невзвешенная доля групп и фракций – только по присутствию во флорах.

³ Взвешенная доля групп и фракций – с учетом встречаемости в локальных флорах подпровинции.

⁴ Широтные группы и фракции: А – арктическая, МА – метаарктическая, А-Ал – аркто-альпийская, ГА – гипоарктическая, ГА-М – гипоаркто-монтанная, А-Б – аркто-бореальная, Б – бореальная группы; Афр – арктическая, ГАфр – гипоарктическая, Бфр – бореальная фракции.

⁵ После обозначений широтных групп в скобках приводятся номера широтных фракций, к которым они относятся.

ные ЛФ, расположенные уже в подзоне южных тундр и на границе с лесотундрой, – к низкоарктическому. Только одну ЛФ (истоки р. Пясины) из подзоны лесотундры на юго-западе Таймыра можно отнести к гипоарктическому типу. Бореальные флоры в этом секторе пока в сети не представлены.

Континентально-Чукотская подпровинция по соотношению широтных фракций довольно близка к Ямало-Гыданской, но здесь большинство ЛФ принадлежат арктическому типу. Для подпровинции в целом отмечается небольшое преобладание видов арктической фракции (45 % в невзвешенном спектре, 49 % во взвешенном) на фоне близких значений остальных, но гипоарктическая во взвешенном спектре все же более многочисленна, чем бореальная (см. табл. 3). В составе арктической фракции отчетливо преобладают метаарктические виды, а в составе бореальной – аркто-бореальные. Основной подтип ЛФ – низкоарктический, и лишь ЛФ побережья и территорий с абсолютными высотами более 500 м (оз. Эльгыгытгын, верховья рек Вернитакайедем, Паляваам) относятся к собственно арктическому. Только на западе (правобережье р. Колымы) и юге подпровинции встречаются ЛФ гипоарктического и даже (на Колыме) одна ЛФ бореального типа.

Врангелевская подпровинция выделяется среди других самой высокой долей видов арктической фракции (76 %) и арктической группы (24 %), хотя метаарктических видов и в ней все же больше (32 %). Доля бореальной фракции наименьшая среди сравниваемых флор, а бореальная группа занимает 0.2 %. Неве-

лика и ниже, чем в других подпровинциях, и доля гипоарктической фракции. Все ЛФ этой подпровинции относятся к высокоарктическому подтипу арктического типа.

Южно-Чукотская подпровинция по соотношению широтных фракций довольно близка к Континентально-Чукотской – небольшое преобладание арктической (46 %) и почти равные доли гипоарктической и бореальной фракций. Сходны также соотношения широтных групп в пределах фракций. Почти все ЛФ этой подпровинции относятся к низкоарктическому подтипу (он же преобладает в Континентально-Чукотской) и лишь несколько в подзоне стланика – к гипоарктическому типу. Флоры бореального типа не отмечены.

В региональной флоре Берингийско-Чукотской подпровинции соотношения широтных групп и фракций близки к таковому в Таймырской: высока доля арктической фракции (61 %) с преобладанием в ней метаарктической группы; бореальная фракция (с преобладанием аркто-бореальной группы) составляет 14 %, доля гипоарктической, как и на Таймыре, около 25 %, и в ее составе больше гипоаркто-монтанных видов. Но в отличие от Таймырской подпровинции здесь нет ЛФ гипоарктического типа и высокоарктического подтипа.

При сравнении региональных флор (объединенных флор подпровинций) по спектрам широтных групп и фракций наблюдается связывание в одни кластеры флор западных и восточных подпровинций (рис. 8). На всех дендрограммах в один кластер связы-

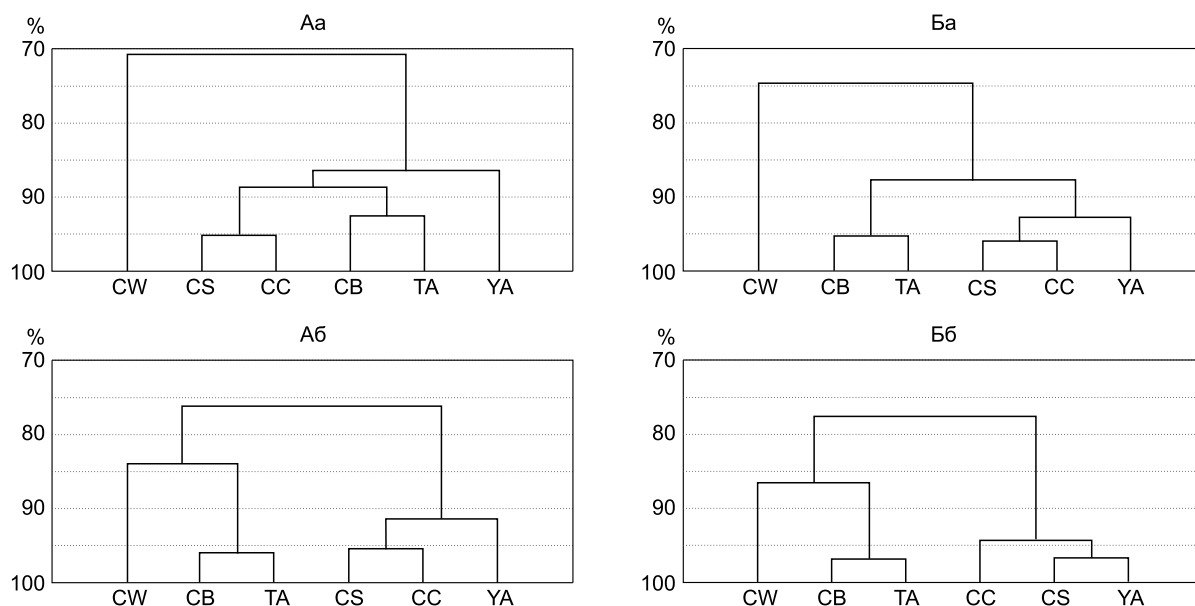


Рис. 8. Дендрограммы сходства по спектрам широтных фракций и широтных групп региональных флор (флор подпровинций), рассчитанные двумя способами:

а – по сводному списку флоры; б – взвешенные абсолютной встречаемостью видов в локальных флорах своей подпровинции. Мера сходства – коэффициент Сьеренсена–Чекановского для весовых множеств, метод WPGMA (взвешенного попарного усреднения).

Региональные флоры: YA – Ямало-Гыданской подпровинции, TA – Таймырской, CC – Континентально-Чукотской, CW – Врангелевской, CS – Южно-Чукотской, CB – Берингийско-Чукотской.

ваются флоры Южно-Чукотской и Континентально-Чукотской подпровинций, в другой – Берингийско-Чукотской и Таймырской. На взвешенных дендрограммах сближаются подпровинции со сходным набором подзон – например, Южно-Чукотская с Ямало-Гыданской (обе территории находятся в более благоприятных климатических условиях – менее выраженная континентальность, большее количество осадков, и, как следствие, в широтной структуре этих флор преобладает гипоарктическая фракция и довольно высока доля бореальной). Таймырская подпровинция в наибольшей степени сходна с Берингийско-Чукотской, их территории характеризуются более холодным климатом, хотя и по разным причинам – первая наиболее континентальная из всех и далее всех выдвинута к северу, вторая находится под воздействием двух холодных океанов; кроме того,

основная территория обеих подпровинций значительно удалена от границы леса. Именно эти причины обусловили преобладание в широтной структуре их флор видов арктической фракции и входящих в нее групп. Обособление Врангелевской подпровинции, целиком расположенной в подзоне арктических тундр с флорами высокоарктического подтипа, проявилось на всех дендрограммах, но на взвешенных это происходит на более высоких уровнях сходства и отражено сближение с флорами Таймыра и Берингийской Чукотки, что более справедливо. Таким образом, и по широтной структуре, как и по долготной (Королева и др., 2011), результаты сравнения по взвешенным спектрам точнее отражают сходство между региональными флорами подпровинций и преобладающими типами и подтипами ЛФ, чем “невзвешенные”.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Широтное распределение кластеров на картосхемах соответствует постепенному снижению долей арктической и возрастанию бореальной фракций и соответствующих им групп (см. табл. 1). ЛФ почти всех кластеров отмечены как в западных, так и в Чукотском секторах. Границы между соответствующими ЛФ тоже проходят близко к друг другу, хотя, как правило, полностью не совпадают, и ранги сходных по расположению границ различаются. В Ямало-Гыданском и Таймырском секторах ЛФ разных кластеров расположены 6 (по фракциям) – 7 (по группам) полосами приблизительно широтного простираения, а на Чукотке – 5 (по фракциям) – 6 (по группам) изогнутыми полосами или контурами, сменяющими друг друга по направлению с юго-запада на северо-восток. Во всех секторах конфигурация границ, полученных по широтным спектрам ЛФ, близка к конфигурации принятых подзональных границ, и во многих случаях первые частично совпадают или проходят близко ко вторым.

Важнейшим отличием кластеров, выделенных по сходству спектров широтных групп, и фракций от таковых, полученных по долготным спектрам (Королева и др., 2011), является объединение в пределах большинства кластеров локальных флор из разных подпровинций на всех уровнях сходства. Очевидно, что ЛФ внутри всех подпровинций, кроме Врангелевской, различаются по спектрам широтной структуры, но при этом четко прослеживается высокое сходство структуры ЛФ из разных подпровинций в пределах одноименных подзон. В то же время проявились различия в распределении ЛФ разных кластеров и широтных типов по подзонам в разных секторах. Кроме того, нет полного соответствия границ, которые получены по параметрам широтной структуры ЛФ ни одной из известных зональных схем. Несовпадение границ подзон (CAVM, 2003) с границами широтных кластеров и типов менее всего выражено в Ямало-Гыданском секторе, сильнее – на Таймыре и Чукотке.

В Ямало-Гыданской подпровинции, равнинная территория которой является сравнительно молодым геологическим образованием, формирование флор началось относительно недавно, по сравнению с Таймыром, и шло по “классическому сценарию”, развитию которого не препятствовали покровные оледенения (Антропоген..., 1982) или наличие горных поднятий. Ландшафты здесь относительно однообразны; на юге постоянно поддерживался контакт с бореальными флорами и лесной растительностью. Отсюда – хорошо выражена зональная и подзональная дифференциация. Кроме того, благодаря сравнительно мягкому климату, во флоре сохранилось много бореальных видов – реликтов голоценового термического оптимума, когда леса продвигались в подзону нынешних типичных тундр (например, *Linnaea borealis* L., *Pyrola minor* L.), что и придает более южный характер гипоарктическим ямальским флорам.

На Таймыре, территория которого среди всех рассматриваемых секторов наиболее выдвинута к северу, существенное значение в формировании флор имело наличие горных поднятий и разнообразие ландшафтов, связанных с плейстоценовыми оледенениями. Кроме того, климат здесь резко континентальный, наиболее арктический из сравниваемых секторов. Почти все рассмотренные локальные флоры Таймыра относятся к арктическому типу. На формирование флоры Чукотского сектора также сильно влияют горный рельеф и суровый климат, и все ЛФ тундровых подзон тоже относятся к арктическому типу.

Все рассмотренные подпровинции находятся в одной Арктической флористической области (Юрцев и др., 1978; Yurtsev, 1994), но, несмотря на это, они различаются по преобладающим типам ЛФ и, как следствие, по спектрам региональных флор. Во флорах трех из них – Таймырской, Врангелевской и Берингийско-Чукотской, территории которых находятся в более суровых условиях, связанных либо с конти-

нентальностью климата (Таймыр), либо с влиянием холодного океанического климата (о. Врангеля, Чукотский п-ов), резко преобладают виды арктической фракции, и эти региональные флоры с наибольшим основанием можно считать арктическими. Особенность региональных флор остальных подпровинций

(Ямало-Гыданской, Континентально-Чукотской, Южно-Чукотской) – участие в них локальных флор гипоарктического и даже (в первой из них) бореального типа. Это связано с более мягкими климатическими условиями и более тесными связями с флорами бореальной зоны.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенной работы показали, что широтную структуру локальных флор можно использовать для индикации зональных изменений в растительном покрове тундровых территорий и, возможно, для уточнения границ зон и подзон. Показатели процентных соотношений широтных групп и фракций с большой долей вероятности могут служить маркерами подзонального и особенно зонального положения территории той или иной локальной флоры.

В предыдущих работах (Королева и др., 2008б, 2010, 2011 и др.) мы указывали, что соотношение географических групп и фракций в локальных флорах Арктики и Субарктики – один из важных показателей, отражающий положение их территорий в системах районирования. Очевидно, если параметры долготной структуры в большей степени применимы для целей флористического районирования, то широтная структура отражает широтную дифференциацию растительного покрова, т. е. соответствует или, по крайней мере, близка к растительным или ботанико-географическим широтным выделам (зонам и подзонам). Анализ показал, что широтная структура флор может служить дополнительным параметром и при проведении районирования, поскольку рассмотренные нами подпровинции различаются по спектрам региональных флор и распределению по подзонам локальных флор разных широтных типов и подтипов.

Если для районирования внутри Арктической флористической области широтная структура флор может служить лишь вспомогательным параметром,

то для ограничения этой области она является одним из основных. Большинство исследователей вслед за А.И. Толмачевым (1964) считают, что Арктическая область начинается с территорий распространения гипоарктических флор. Однако флоры гипоарктического типа, в нашем понимании, по результатам сравнения широтных спектров ближе к флорам бореального типа, а не арктического. Возможно, это связано с тем, что в наших материалах бореальные флоры представлены только небольшим количеством самых северных их вариантов, а при добавлении бореальных флор из более южных территорий (как минимум со всей северотаежной подзоны, а лучше и со средне-таежной) результаты сравнительного анализа могут быть другими. Иными словами, для корректного разделения Арктической и Бореальной флористических областей необходимо использовать более обширный материал как из тундровой, так и (особенно) из таежной зоны.

В заключение отметим, что сеть локальных флор сделала возможным многосторонний анализ большого массива данных, позволила получить важные типологические характеристики флор, с помощью которых появилась возможность уточнить границы флористических выделов, проведенные ранее на основе анализа ареалов видов, без анализа фактического материала по локальным флорам.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научных проектов № 10-04-01087-а, 13-04-01682-а.

ЛИТЕРАТУРА

- Антропоген Таймыра. М.: Наука, 1982. 181 с.
- Зверев А.А. Информационные технологии в исследованиях растительного покрова: Учеб. пособие. Томск, 2007. 304 с.
- 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: Материалы Всерос. конф. Ч. 4: Сравнительная флористика. Петрозаводск, 2008б. С. 54–56.
- Королева Т. М., Зверев А.А., Катенин А.Е. и др. Сравнительное изучение параметров локальных флор на базе сети пунктов мониторинга биоразнообразия Азиатской Арктики и Субарктики // Сравнительная флористика: Материалы Всерос. школы-семинара. Ч. 2. Рязань, 2010. С. 92–107. (Тр. Ряз. отд. Русск. ботан. о-ва; Вып. 2).
- Королева Т.М., Зверев А.А., Катенин А.Е. и др. Долготная географическая структура локальных и региональных флор Азиатской Арктики, 2 // Бот. журн. 2011. Т. 96, № 2. С. 145–169.
- Королева Т.М., Зверев А.А., Катенин А.Е. и др. Широтная географическая структура локальных флор Азиатской Арктики: анализ распространения групп и фракций // Там же. 2012. Т. 97, № 9. С. 1205–1225.
- Матвеева Н.В. Зональность в растительном покрове Арктики // Тр. БИН РАН. СПб., 1998. Вып. 21. 220 с.
- Петровский В.В., Заславская (Королева) Т.М. К флоре правобережья реки Колымы близ ее устья // Бот. журн. 1981. Т. 66, № 5. С. 662–673.

- Петровский В.В., Королева Т.М.** К флоре дельты реки Колымы // Бот. журн. 1979. Т. 64, № 1. С. 19–31.
- Поспелова Е.Б., Поспелов И.Н.** Опыт типизации локальных флор севера Средней Сибири по широтной географической структуре с использованием кластерного анализа // Раст. мир Азиатской России. 2013. № 2(12). С. 89–98.
- Ребристая О.В.** Флора востока Большеземельской тундры. Л., 1977. 334 с.
- Ребристая О.В.** Флора полуострова Ямал. Современное состояние и история формирования. СПб., 2013. 312 с.
- Секретарева Н.А.** О терминологии географических широтных элементов в Арктике // Бот. журн. 2010. Т. 95, № 4. С. 448–463.
- Толмачев А.И.** Флора центральной части Восточного Таймыра. Ч. 1 // Тр. Полярной комиссии АН СССР. Л., 1932. Вып. 8. 126 с.
- Толмачев А.И.** О количественной характеристике флор и флористических областей // Тр. Сев. базы АН СССР. М.; Л., 1941. Вып. 8. 40 с.
- Толмачев А.И.** К истории развития флор Советской Арктики // Ареал. М.; Л., 1952. Вып. 1. С. 13–19.
- Толмачев А.И.** Теоретические проблемы изучения флор Арктики // Проблемы Севера. М.; Л., 1964. Вып. 8. С. 5–18.
- Толмачев А.И.** Введение в географию растений. Л., 1974. 244 с.
- Хитун О.В.** Северная граница распространения *Larix sibirica* (Pinaceae) на Тазовском полуострове (Западная Сибирь) // Бот. журн. 1994. Т. 79, № 9. С. 70–72.
- Юрцев Б.А.** Распределение криофитов во флорах Чукотской тундры // Биологические проблемы Севера. 9-й симпозиум: Тез. докл. Ч. 1. Сыктывкар, 1981. С. 50.
- Юрцев Б.А.** Мониторинг биологического разнообразия на уровне локальных флор // Бот. журн. 1997. Т. 82, № 6. С. 60–70.
- 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 // Там же. 2001. Т. 86, № 9. С. 1–27.
- 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) // Там же. 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 (по данным сети пунктов мониторинга биоразнообразия) // Там же. 2004. Т. 89, № 11. С. 1–39.
- Юрцев Б.А., Семкин Б.И.** Изучение конкретных и парциальных флор с помощью математических методов // Там же. 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.
- CAVM Team.** Circumpolar Arctic vegetation map. Scale 1:7 500 000. U.S. Fish and Wildlife Service, Anchorage, Alaska. 2003.
- Razzhivin V.Yu.** Zonation of vegetation in the Russian Arctic // The species concept in the High North – A Panarctic flora initiative. Oslo, 1999. P. 113–130.
- Yurtsev B.A.** Floristic division of the Arctic // J. Veget. Science. 1994. V. 5, No. 6. P. 765–776.