УДК 582.734.2:577.13

МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ И БИОХИМИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАСТЕНИЙ РОДА *SPIRAEA* L. СЕКЦИИ *CALOSPIRA* C. KOCH. В РОССИЙСКОЙ ЧАСТИ АРЕАЛА

В.А. Костикова[1], *Т.А. Полякова*[2]

Приведены результаты исследования спирей секции *Calospira* C. Koch. по комплексу морфологических и биохимических признаков из 24 природных ценопопуляций. В водно-этанольных экстрактах из листьев близких видов *Spiraea betulifolia* Pall. и *S. beauverdiana* Schneid. методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) идентифицированы коричная, хлорогеновая, эллаговая и *п*-кумаровая кислоты, кверцетин, кемпферол, гиперозид, рутин, авикулярин, астрагалин и таксифолин. Изучаемые виды очень близки по составу фенольных соединений в листьях, но в то же время имеются специфические соединения, отличающие эти виды. Выявлены морфологические и биохимические адаптации исследуемых видов к различным фитоценозам. Произрастающая в южных районах Дальнего Востока России *S. betulifolia* более изменчива как по вариабельности морфологических признаков, так и по содержанию фенольных соединений. Растения *S. betulifolia*, имеющие сравнительно мелкие листовые пластинки и соцветия и отличающиеся более высоким содержанием фенольных соединений (14,58–15,75 мг/г), приурочены к фитоценозам с преобладанием хвойных пород и зарослям бамбучника (*Sasa kurilensis* (Rupr.) Makino). В ценопопуляциях, произрастающих в фитоценозах с преобладанием лиственных и широколиственных пород, в смешанных лесах, а также на разнотравных приморских лугах, растения имеют сравнительно более крупные размеры листовых пластинок и соцветий, тогда как содержание фенольных соединений меньше (5,44–11,37 мг/г). Адаптационные признаки *S. beauverdiana*: густое опушение органов, тенденция к общему сокращению размеров органов, более высокое содержание фенольных соединений (12,77–24,52 мг/г) способствовали распространению этого вида в северные районы азиатской части России. Наибольшее содержание фенольных соединений выявлено в популяциях, произрастающих в лиственных, смешанных и хвойных лесах.

Ключевые слова: *S. betulifolia*, *S. beauverdiana*, морфологические признаки, метод ВЭЖХ, фенольные соединения, хемотаксономия, разнообразие.

Исследование морфологического и биохимического разнообразия близкородственных видов растений помогает решить вопросы их систематики, микроэволюции, возможные пути их адаптации к климатическим условиям, а также выявить более перспективные формы для выполнения интродукционных и селекционных работ и сохранения их в условиях *ex situ* и *in situ* (Банаев, 2009). Исследование продолжает ранее начатую работу (Костикова, Полякова, 2014) по изучению комплекса близких видов рода *Spiraea* L. секции *Calospira* C. Koch. – спиреи березолистной (*S. betulifolia* Pall.) и спиреи Бовера (*S. beauverdiana* Schneid.).

Представители секции *Calospira* отличаются от остальных растений рода *Spiraea* соцветиями – цветки собраны в широкие сложные щитковидные или овальные метелки. Полиморфную группу секции *Calospira* некоторые авторы рассматривают как один вид – *S. betulifolia* (Недолужко, 1995). Другие авторы приводят для этой секции от 2 до 4 видов (Пояркова, 1939; Воробьев, 1968; Положий, 1988; Якубов, 1996). Н.Н. Цвелев (2008) в пределах секции указывает 3 вида и 2 нотовида гибридогенного происхождения. Для растений *S. betulifolia* и *S. beauverdiana*, произрастающих на территории Дальнего Востока России (ДВР), характерна высокая пластичность морфологических признаков (Serebryakova, Polyakova, 2010; Костикова, Полякова, 2014). В местах совместного произрастания в Хабаровском крае, на Сахалине и в Республике Саха (Якутия) эти спиреи обра-

---

[1] Костикова Вера Андреевна – сотр. Центрального сибирского ботанического сада СО РАН, канд. биол. наук (serebryakova-va@yandex.ru); [2] Полякова Татьяна Александровна – сотр. Института общей генетики имени Н.И. Вавилова РАН, канд. биол. наук (tat-polyakova@yandex.ru).

зуют ряд переходных форм (Пояркова, 1939). За пределами России ареал *S. betulifolia* продолжается в Китай и Японию, а *S. beauverdiana* – в Китай, Корею и Северную Америку (Коропачинский, Встовская, 2002).

В последнее десятилетие проводится изучение генетической изменчивости и филогении видов рода *Spiraea* (Potter et al., 2007; Huh et al., 2008; Huh, 2012), однако в исследования включены преимущественно североамериканские, китайские и корейские виды. Упоминается *S. betulifolia* (Huh, 2012), генетическая изменчивость *S. beauverdiana* ранее не изучалась. Филогенетические исследования российских видов *Spiraea* начаты нами недавно (Polyakova, 2014; Полякова, Шатохина, 2015; Полякова, 2017).

Ранее нами была дана оценка морфологических и биохимических признаков спирей с точки зрения таксономии (Костикова, Полякова, 2014). При изучении изменчивости морфологических признаков подтверждено, что *S. beauverdiana* отличается от *S. betulifolia* густым опушением цветоножек и листовок, изогнутым положением носика листовки. Видоспецифичен также качественный состав фенольных соединений в водно-этанольных экстрактах из листьев спирей, выявленный методом бумажной хроматографии. По количественным морфологическим признакам два исследуемых вида спиреи секции *Calospira* не различимы. Однако не рассмотрено разнообразие спирей по этим признакам внутри отдельного таксона, а также возможные пути адаптации спирей к различным эколого-географическим условиям. Применение новых биохимических методов, в частности высокоточного и чувствительного метода ВЭЖХ, позволяет изучить не только качественный состав фенольных соединений в растениях, но и разнообразие растений по количественному содержанию веществ.

Цель исследования – выявление адаптивных морфологических и биохимических признаков к различным фитоценозам у растений рода *Spiraea* секции *Calospira* в российской части ареала.

Материалы и методы

На территории ДВР популяционный материал собран в 2003–2017 гг. в Амурской, Магаданской, Сахалинской и Камчатской областях, в Еврейской автономной области (ЕАО), в Хабаровском и Приморском краях, в Якутии и на Курильских островах (рис. 1). Для выявления специфических различий как морфологических, так и биохимических в исследование включены особи, строго попадающие под определение *S. betulifolia* и *S. beauverdiana*. Особи и выборки со спорным таксономическим статусом, а также особи гибридного происхождения в исследование не включены. Каждая из изученных 24 выборок *S. betulifolia* (популяции № 1–17, рис. 1) и *S. beauverdiana* (популяции № 18–24) представлена не менее чем 30 экз. По сравнению с предыдущей работой 2014 г., объем исследованного материала был расширен за счет добавления выборок из новых географических регионов (Курильские острова и Якутия). Все сборы проводились в июле–августе, во время созревания листовок.

Для исследования морфологической изменчивости нами отобраны диагностические качественные (опушение осей соцветия, опушение листовок, положение носика листовки) и морфометрические признаки, характеризующие форму листовой пластинки и соцветия: длина листовой пластинки (A, мм); ширина листовой пластинки (B, мм); расстояние от основания листовой пластинки до самой широкой ее части (D, мм); верхний угол листа (W, град); нижний угол листа (H, град); длина черешка (I, мм); длина почки (P, мм); длина соцветия (F , мм); ширина соцветия (G, мм); длина листовки (L, мм). Анализировали средние листья с генеративных побегов, так как они обладают наименьшей индивидуальной изменчивостью (Полякова, 2004). Форму листовой пластинки определяли по разработанным ранее критериям (Федоров и др., 1956).

Для хроматографического исследования фенольных соединений использовали этанольные (40%) извлечения из сырья, полученные экстракцией на водяной бане (Костикова, 2017). Для анализа проб применяли аналитическую ВЭЖХ-систему, состоящую из жидкостного хроматографа «Agilent 1200» с диодноматричным детектором и системы для сбора и обработки хроматографических данных «ChemStation». Разделение проводили на колонке «Zorbax SB-C18» размером 4,6×150 мм, с диаметром частиц 5 мкм, при градиентном режиме элюирования (Храмова, Комаревцева, 2008). Для приготовления стандартных образцов хлорогеновой, *п*-кумаровой, эллаговой и коричной кислот, кверцетина, кемпферола, дигидрокверцетина, гиперозида, рутина, авикулярина и астрагалина применяли препараты фирмы «Fluka» и «Sigma». Вещества идентифицировали методом сравнения времени удерживания пиков веществ на хроматограммах анализируемых образцов с временем удерживания пиков стандартных образцов и УФ-спектров. Количественное определение индивидуальных компонентов в образцах

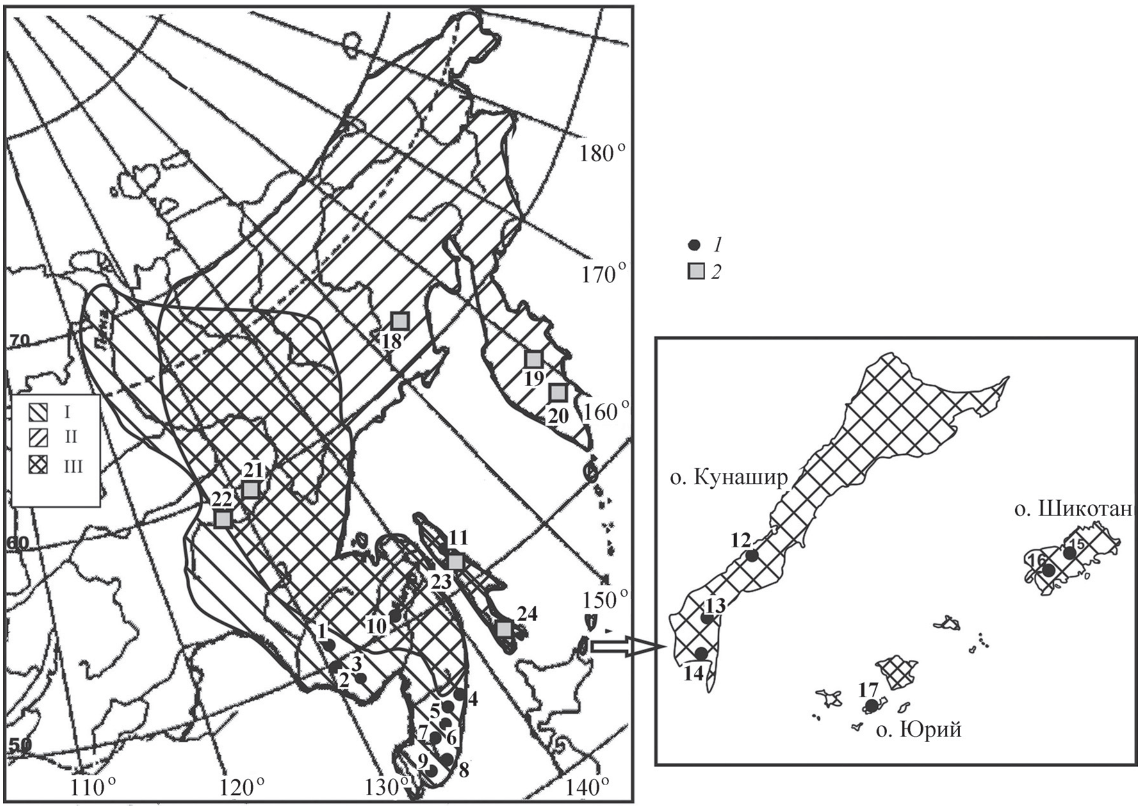

Рис. 1. Распространение спирей секции *Calospira* в Азиатской России (Положий, 1988; Якубов, 1996; Коропачинский, Встовская, 2002) и место сбора материала: I – *S. betulifolia* (*1*); II – *S. beauverdiana* (*2*); III – места совместного произрастания двух видов. Ценопопуляция (выборка): 1 – Амурская; 2 – Буреинская; 3 – Облученская; 4 – Тернейская; 5 – Дальнегорская; 6 – Ольгинская; 7 – Чугуевская; 8 – Лазовская; 9 – Шкотовская; 10 – Комсомольская; 11 – Сахалинская–Ногликская; 12 – Кунаширская; 13 – Курильская; 14 – Головнинская; 15 – Анамская; 16 – Шикотанская; 17 – Юрьевская; 18 – Магаданская; 19 – Быстринская; 20 – Елизовская; 21 – Нимнырская; 22 – Беркакитская; 23 – Ногликская; 24 – Сахалинская

растений проводили по методу внешнего стандарта (Beek, 2002).

Содержание индивидуальных компонентов (C_x) вычисляли по формуле (мг/г от массы воздушно-сухого сырья) в пересчете на гиперозид:

$$C_x = C_{\text{ст.}}\cdot S_1\cdot V_1\cdot V_2 / S_2\cdot M\cdot V_3\cdot 1000,$$

где $C_{\text{ст.}}$ – концентрация соответствующего стандартного вещества (мкг/мл); S_1 – площадь пика соединения в анализируемой пробе (е.о.п.); S_2 – площадь пика стандартного вещества (е.о.п.); V_1 – объем элюата после вымывания соединения с концентрирующего патрона (мл); V_2 – общий объем экстракта (мл); V_3 – объем экстракта, взятый на анализ; M – масса навески (г); 1000 – коэффициент пересчета.

Математический анализ данных выполнен с помощью программы Statistica 10 (StatSoft Inc., 2011). Для проверки нормальности распределения признаков использовали тесты Колмогорова–Смирнова, Лиллифорса и W-тест Шапиро–Уилка. Условие равенства дисперсий выборок проверялось по критерию Левена. Для оценки скоррелированности признаков использовали ранговый коэффициент корреляции Спирмена, а в качестве характеристик внутрипопуляционной изменчивости – медиану, межквартильный размах и пределы (min и max). Для проверки гипотез применяли однофакторный дисперсионный анализ (1-way ANOVA) с посттестом Тьюки и непараметрический критерий Краскела–Уоллеса с последующим тестом Данна, а также критерий Манна–Уитни (Гланц, 1998; Гржибовский, 2008). Изучение популяционной структуры спирей по количественным морфологическим признакам проводили методом главных компонент (PCA) (Калинина, Соловьев, 2003).

Результаты и обсуждение

При проведении анализа на нормальность распределения морфологических признаков у исследуемых видов спирей тесты Колмогорова–Смирнова и Лиллифорса, а также W-тест Шапиро–Уилка ($p << 0,05$) показали, что распределение всех анализируемых признаков отличается от нормального. Критерий Левена показал неравенство дисперсий практически у всех исследуемых количественных признаков. Высокая положительная корреляционная связь при высокой статистической значимости ($p << 0{,}05$) отмечена между некоторыми признаками. Коэффициент корреляции Спирмена между длиной (A) и шириной (B) листовой пластинки составляет 0,86–0,94, а между длиной (F) и шириной (G) соцветия – 0,87. Межпопуляционное варьирование практически всех количественных морфологических признаков оказалось выше в популяциях *S. betulifolia*, чем в популяциях *S. beauverdiana*. При применении дисперсионного анализа с использованием критериев Фишера и Краскела–Уоллеса установлено достоверное влияние фактора «тип фитоценоза» на все исследуемые количественные признаки у *S. betulifolia* при $p << 0{,}001$. Достоверное влияние фактора «тип фитоценоза» подтвердилось для всех признаков *S. beauverdiana* при $p < 0{,}01$, кроме признака «нижний угол листа».

У растений *S. betulifolia* наблюдается фенотипическая изменчивость морфологических признаков. Наиболее крупнолистные формы *S. betulifolia* произрастают (в скобках указан номер выборки) в Приморском, Хабаровском краях и в ЕАО – в Облученской (№ 3), Тернейской (№ 4), Дальнегорской (№ 5), Ольгинской (№ 6), Лазовской (8) Шкотовской (№ 9) и Комсомольской (№ 10) ценопопуляциях, а также на Курильских островах – в Кунаширской (№ 12), Курильской (№ 13) и Шикотанской (№ 16) ценопопуляциях в более южных районах распространения вида (рис. 2, 3). Дисперсионный анализ показал, что наибольшие значения признаков «длина листовой пластинки» и «ширина листовой пластинки» выявлены у растений из популяций, произрастающих в фитоценозах с преобладанием лиственных пород – в березово-осиновых лесах, разнотравных березняках (листовые пластинки шириной 24–41 мм и длиной 33–73 мм), широколиственных пород – в дубняках рододендро-во-леспедецеевых и дубово-лещиновых, в березово-дубовых лесах (13–55×23–92 мм соответственно), а также в смешанных лесах – лиственнично-березовых и березово-елово-лиственничных (16–52×30–71 мм) и на открытых разнотравных лугах приморской террасы (15–48×27–70 мм) (рис. 4). Образцы из этих ценопопуляций собраны на высоте до 326 м над ур. моря, кроме Шкотовской ценопопуляции, произрастающей на высоте 1260 м над ур. моря и Лазовской ценопопуляции (1601 м над ур. моря). По размерам листовой пластинки значительно выделяются растения из Ольгинской ценопопуляции (выборка № 6), в которой нижний предел значения таких признаков, как длина и ширина листовой пластинки, находится на уровне верхних значений у растений из Амурской (№ 1), Буреинской (№ 2), Чугуевской (№ 7), Сахалинской–Ногликской (№ 11), Головнинской (№ 14), Анамской (№ 15) и Юрьевской (№ 17) ценопопуляций. Эти мелколистные ценопопуляции произрастают в фитоценозах с преобладанием хвойных пород – в еловых, лиственничных лесах и в стланиковых зарослях (листовые пластинки шириной 9–30 мм и длиной 16–50 мм), а также в зарослях бамбучника – *Sasa kurilensis* (Rupr.) Makino (14–34×19–53 мм соответственно) (рис. 2–4). При этом Амурская и Чугуевская ценопопуляции произрастают на значительной высоте – между 668 и 1631 м над ур. моря, а все остальные выборки – на высоте до 293 м над ур. моря.

Очевидно, что тип фитоценоза влияет на величину листьев и соцветий *S. betulifolia*, что характеризует адаптацию этих растений к условиям произрастания. В местах с преобладанием лиственных и широколиственных пород в фитоценозе, а также в смешанных лесах и на открытых разнотравных лугах приморской террасы (первая гомогенная группа) у спиреи березолистной наблюдаются более крупные размеры большинства морфометрических признаков (листовые пластинки шириной 13–55 мм и длиной 23–92 мм; соцветия шириной 15–90 мм и длиной 10–85 мм), характеризующих фенотип растения. В фитоценозах с преобладанием хвойных пород и в зарослях бамбучника (вторая гомогенная группа) произрастают растения с более мелкими соцветиями (ширина 10–60 мм, длина 8–38 мм) и листовыми пластинками (ширина 9–34 мм, длина 16–53 мм).

Тест Краскела–Уоллеса показал, что медианы исследованных морфологических признаков при группировке по фитоценозам достоверно отличаются при $p << 0{,}001$ (рис. 4). Постхок-тесты Тьюки и Дана и критерий Манна–Уитни показали, что две гомогенные группы достоверно различаются между собой практически по всем исследованным признакам: «длина и ширина листовой пластинки», «длина черешка», «длина пазушной почки», «длина соцветия», а также по относительным признакам «расстояние от основания листовой пластинки до самой широкой ее части», «отношение длины пазушной почки к длине черешка», «отношение длины соцветия к его ширине» при $p << 0{,}001$. По признаку «ширина соцветия» две группы достоверно отличаются при $p < 0{,}05$. Многомерный анализ количественных данных для *S. betulifolia*

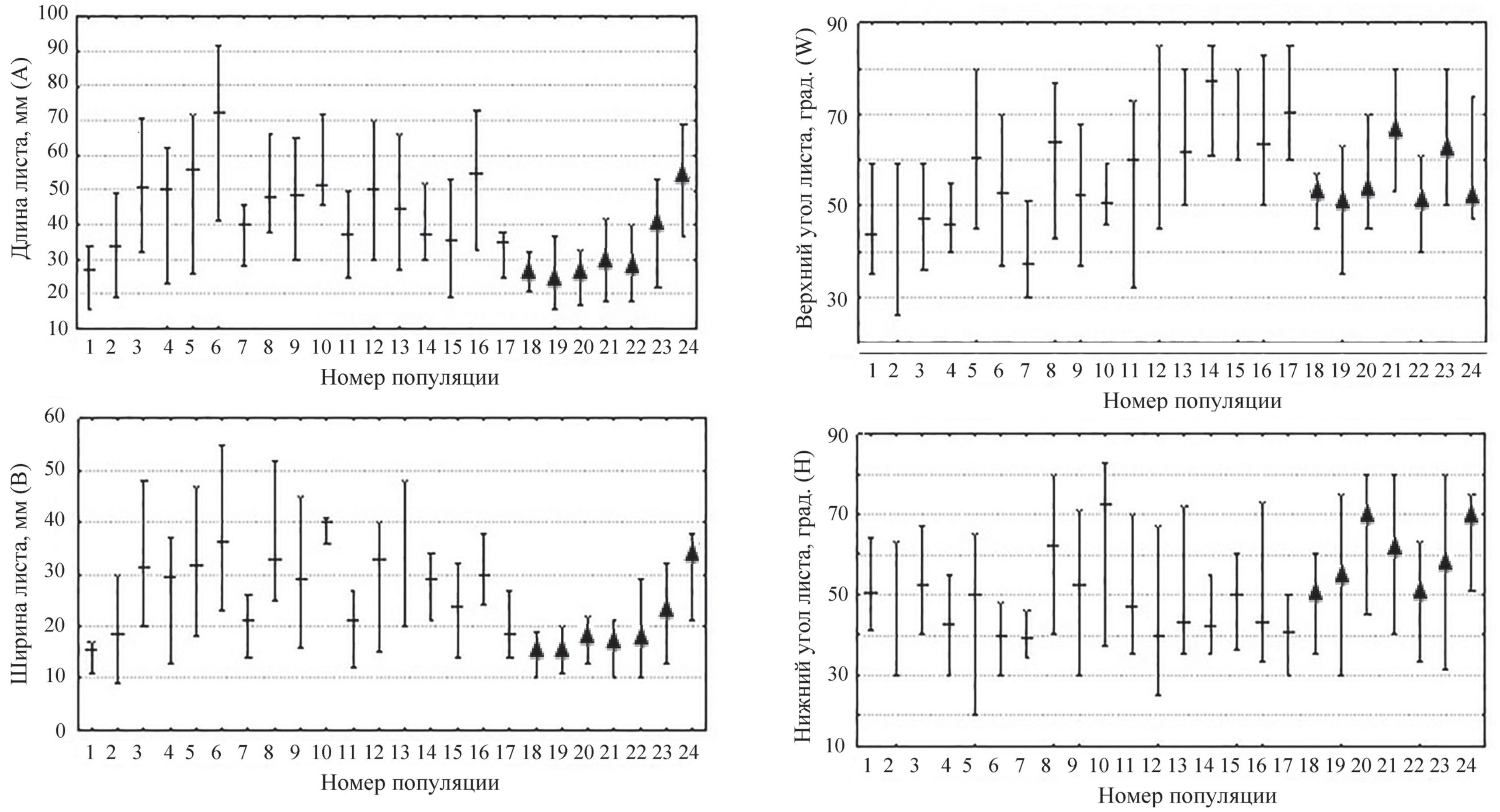

Рис 2. Амплитуда индивидуальной изменчивости ширины и длины листа, а также верхнего и нижнего углов листа спирей (min, max, медиана) *S. betulifolia* для популяций: 1 – Амурская, 2 – Буреинская, 3 – Облученская, 4 – Тернейская, 5 – Дальнегорская, 6 – Ольгинская, 7 – Чугуевская, 8 – Лазовская, 9 – Шкотовская, 10 – Комсомольская, 11 – Сахалинская–Ногликская, 12 – Кунаширская, 13 – Курильская, 14 – Головнинская, 15 – Анамская, 16 – Шикотанская, 17 – Юрьевская; *S. beauverdiana*: 18 – Магаданская, 19 – Быстринская, 20 – Елизовская, 21 – Нимнырская, 22 – Беркакитская, 23 – Ногликская, 24 – Сахалинская

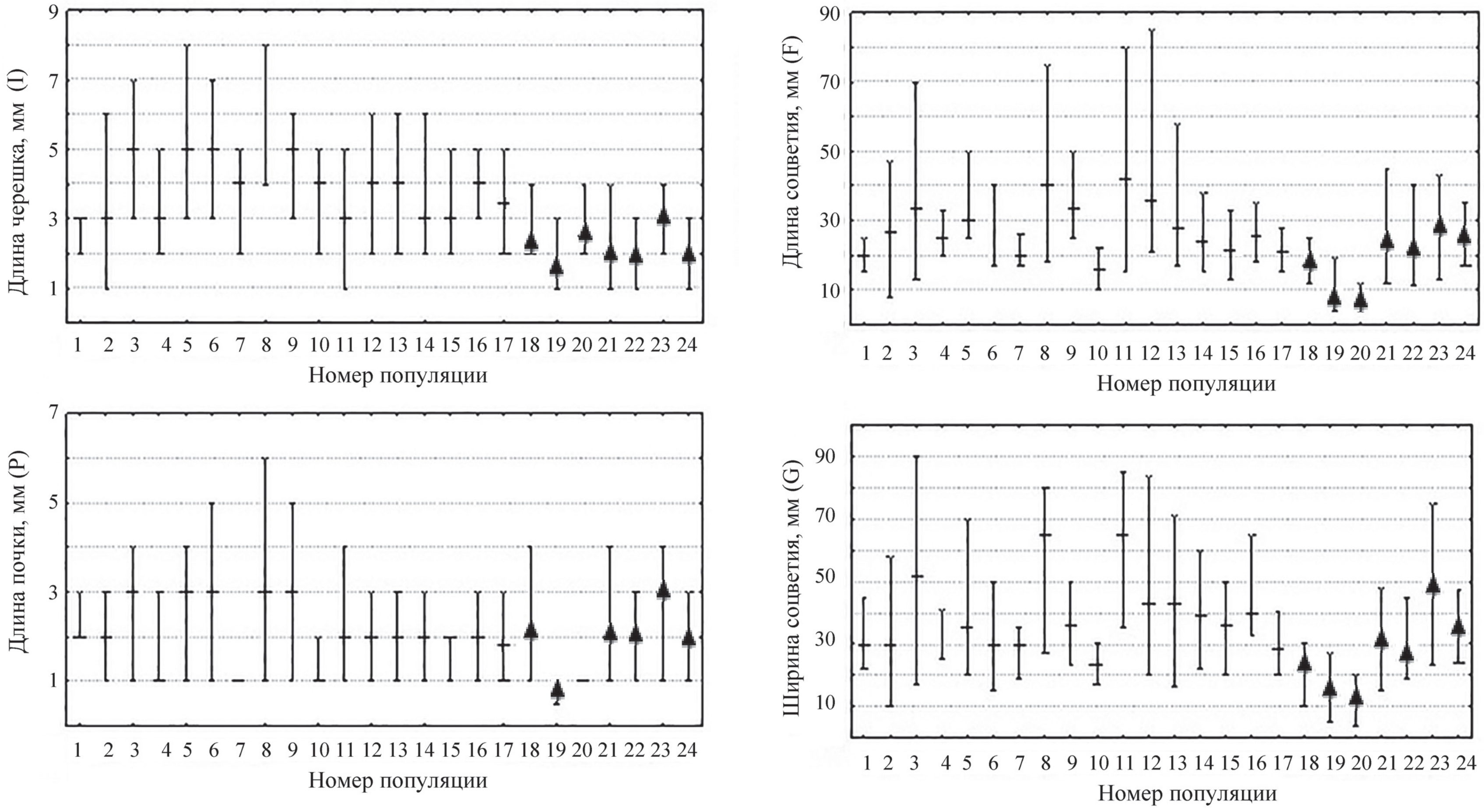

Рис 3. Амплитуда индивидуальной изменчивости длины черешка и почки, длины и ширины соцветия (min, max, медиана) *S. betulifolia* для популяций 1–24 (обозначения см. в подписи к рис. 2)

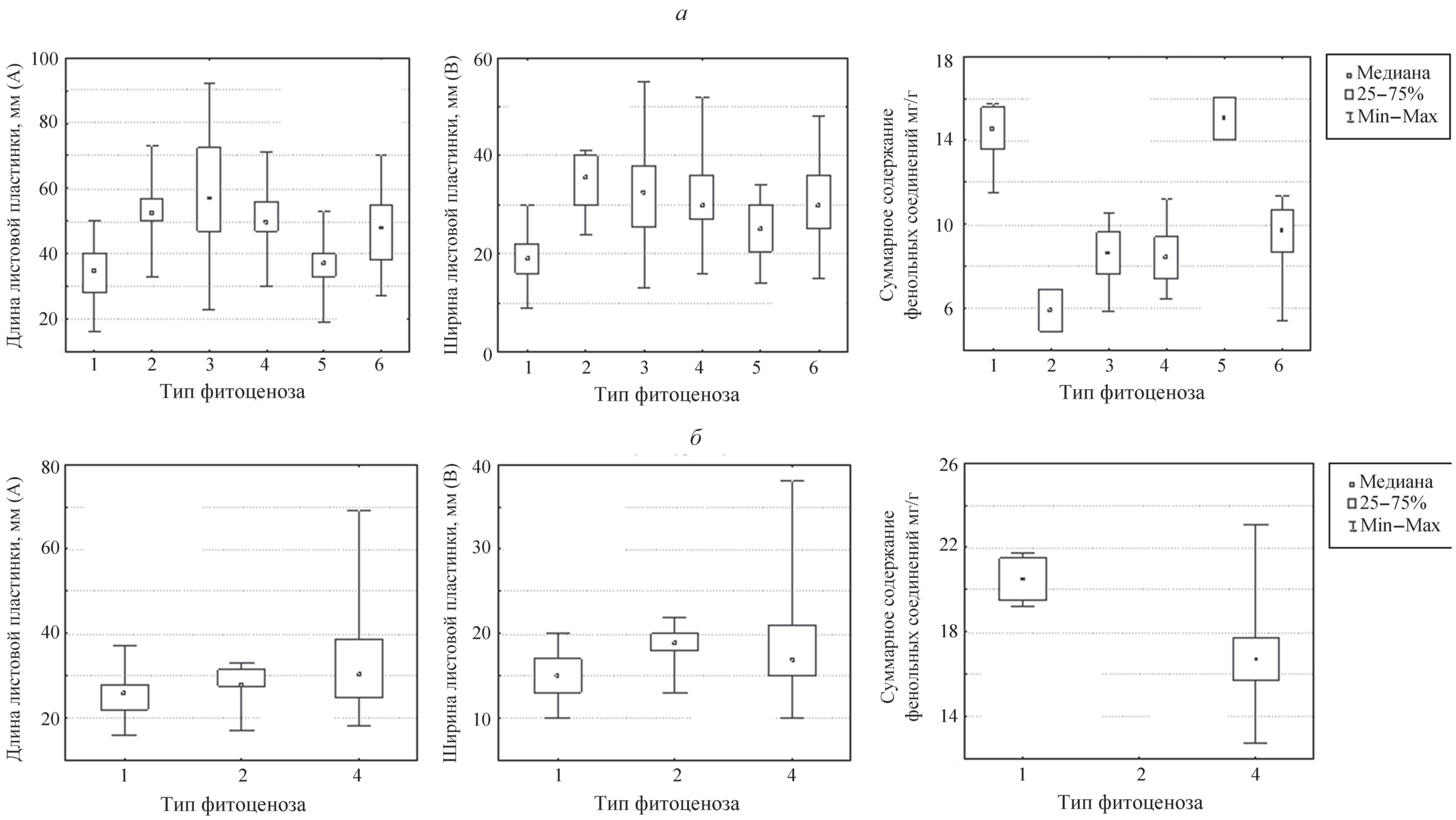

Рис. 4. Дисперсионный анализ зависимости некоторых морфологических и биохимических признаков спиреи *S. betulifolia* (*а*) и *S. beauverdiana* (*б*) от типа фитоценоза: 1 – хвойный лес; 2 – лиственный лес; 3 – широколиственный лес; 4 – смешанный лес; 5 – заросли бамбучника; 6 – разнотравный приморский луг

в зависимости от типа фитоценоза показал, что вид представляет собой единое целое облако на рис. 5. Ни одна популяция спиреи березолистной не отделяется от других по количественным морфологическим признакам, чтобы придать ей ранг отдельного таксона. На рис. 5 также видно, что популяции из первой гомогенной группы сконцентрированы в правой части облака, а популяции из второй гомогенной группы хвойных лесов и бамбучниковых зарослей – в левой.

Другой фенотип имеют растения из Комсомольской и Тернейской ценопопуляций, которые характеризуются крупнолистностью, но при этом имеют мелкие соцветия, короткие черешки и почки, сравнимые с таковыми у растений из популяций с более мелкими листовыми пла-

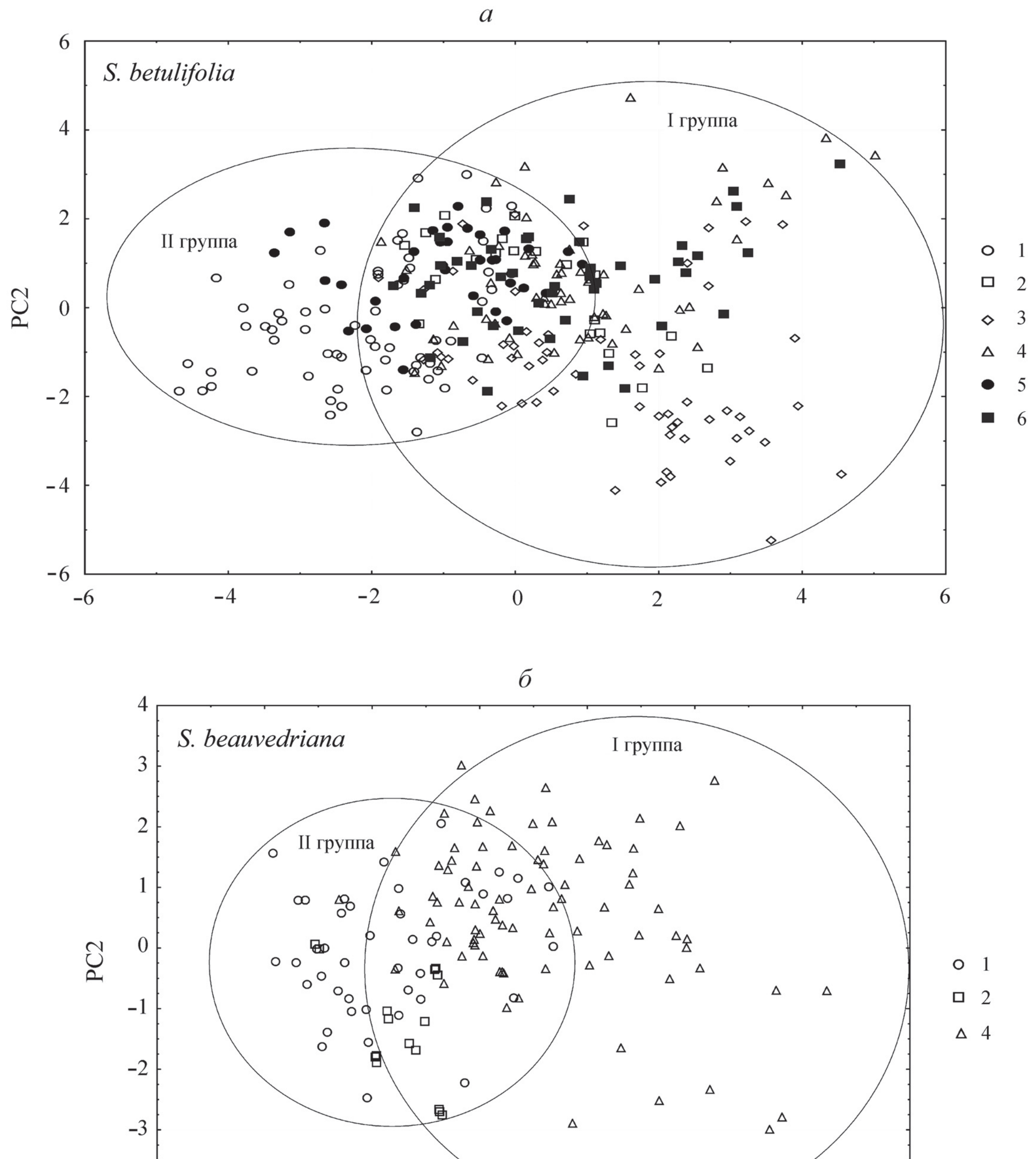

Рис. 5. Распределение исследованных растений в пространстве двух первых главных компонент по данным морфологических измерений: *а* – *S. betulifolia, б* – *S. beauverdiana* (тип фитоценоза: 1 – хвойный лес; 2 – лиственный лес; 3 – широколиственный лес; 4 – смешанный лес; 5 – заросли бамбучника; 6 – разнотравный приморский луг)

стинками (рис. 2, 3). Растения из Сахалинской–Ногликской (№ 11) ценопопуляции, наоборот, отличаются сравнительно некрупными листовыми пластинками, но практически самыми большими соцветиями. Растения на о. Кунашир: ценопопуляции Кунаширская (№ 12), Курильская (№ 13), Головнинская (№ 14), о. Шикотан: ценопопуляции Шикотанская (№ 15), Анамская (№ 16) и о. Юрий – ценопопуляция Юрьевская (№ 17) отличаются высокими значениями верхнего угла листовой пластинки, тогда как нижний угол имеет сравнительно средние значения, т.е. растения здесь характеризуются лопатчатой формой листовой пластинки – листовая пластинка имеет закругленную верхушку и зауженное основание (рис. 6). Растения из Ольгинской ценопопуляции (№ 6) отличаются наиболее крупными размерами листьев, а верхний и нижний углы относительно небольшие, поэтому растения имеют листовую пластинку ромбовидной формы с зауженной верхушкой и основанием. Во всех остальных популяциях форма листовой пластинки у растений яйцевидная или эллиптическая (рис. 6).

S. beauverdiana менее изменчива по морфологическим признакам. Растения на о. Сахалин из Ногликской (№ 23) и Сахалинской ценопопуляций (№ 24) характеризуются самыми крупными листовыми пластинками и соцветиями, что приближает их к *S. betulifolia* с крупными листовыми пластинками (рис. 2, 3). Растения из остальных популяций имеют более или менее схожие размеры листовых пластинок и длины черешка. Можно отметить общую тенденцию к сокращению размеров большинства морфологических признаков у спиреи Бовера. Ценопопуляции спиреи Бовера, произрастающие на п-ове Камчатка, – Быстринская (№ 19) и Елизовская (№ 20) – заметно отличаются маленькими размерами соцветий и самой маленькой длиной почек. Листовые пластинки *S. beauverdiana* имеют достаточно округлую листовую форму, так как верхний и нижний углы листовой пластинки имеют такие же размеры, как и у *S. betulifolia*, несмотря на мелкие размеры листовых пластинок (рис. 6). Дисперсионный анализ показал, что наиболее крупнолистные формы (ширина 10–38 мм и длина 18–69 мм) с более крупными соцветиями (ширина 15–75 мм, длина 11–45 мм) спиреи Бовера встречаются в смешанных лесах – в лиственничных лесах с подлеском из кустарниковых ив и берез и в лиственнично-березовых лесах (первая гомогенная группа) (рис. 2–4). В хвойных лесах – в лиственничных лесах и стланиковых зарослях, а также в лиственных лесах – каменноберезниках (вторая гомогенная группа) произрастают растения с более мелкими размерами листовой пластинки (ширина 10–22 мм, длина 16–37 мм) и соцветий (ширина 4–30 мм, длина 4–25 мм).

Тест Краскела–Уоллеса показал, что медианы исследованных морфологических признаков *S. beauverdiana* при группировке по фитоценозам достоверно отличаются при $p << 0{,}001$ (рис. 4). Постхок-тесты Тьюки и Дана и критерий Манна–Уитни показали, что две гомогенные группы достоверно различаются между собой практически по всем исследованным признакам: «длина и ширина листовой пластинки», «верхний угол», «длина пазушной почки», «ширина и длина соцветия», «длина листовки», а также по относительным признакам при $p < 0{,}01$. Многомерный анализ количественных данных для *S. beauverdiana* в зависимости от типа фитоценоза показал, что вид представляет собой единое облако (рис. 5). Ни одна популяция спиреи Бовера, так же, как и другого вида, не отделяется от других по количественным морфологическим признакам, чтобы придать ей ранг отдельного таксона. На рис. 5 также видно, что растения из популяций первой гомогенной группы смешанных лесов сконцентрированы в правой части облака, а популяции из второй гомогенной группы хвойных лесов и каменноберезников – в левой.

Изучаемые виды очень близки по составу фенольных соединений в листьях, однако выявлены специфические соединения для каждого вида. Соединение № 3, рутин, авикулярин и эллаговая кислота присутствуют практически во всех образцах *S. betulifolia*, тогда как в образцах *S. beauverdiana* отсутствуют соединение № 3 и эллаговая кислота; рутин выявлен только в растениях из Магаданской ценопопуляции, а авикулярин – только в растениях из Беркакитской. В экстрактах из листьев *S. beauverdiana* присутствуют дополнительные соединения № 1 ($\lambda_{\text{макс}} = 230, 320$ нм) и № 18 ($\lambda_{\text{макс}} = 225, 300, 315$ нм), которые отсутствуют у *S. betulifolia* (таблица, рис. 7).

Исследование *S. betulifolia* показало неоднородность растений по составу фенольных соединений в водно-этанольных экстрактах из листьев. Выявленные различия в составе фенольных соединений не зависят от исследуемых морфологических признаков *S. betulifolia*, а также от места обитания растения. Можно выделить по крайне мере две хеморасы спиреи березолистной. Одну хеморасу объединяют ценопопуляции, произрастающие на материковой части России – Амурская (№ 1), Бурейская (№ 2), Облученская (№ 3), Дальнегорская (№ 5), Ольгинская (№ 6),

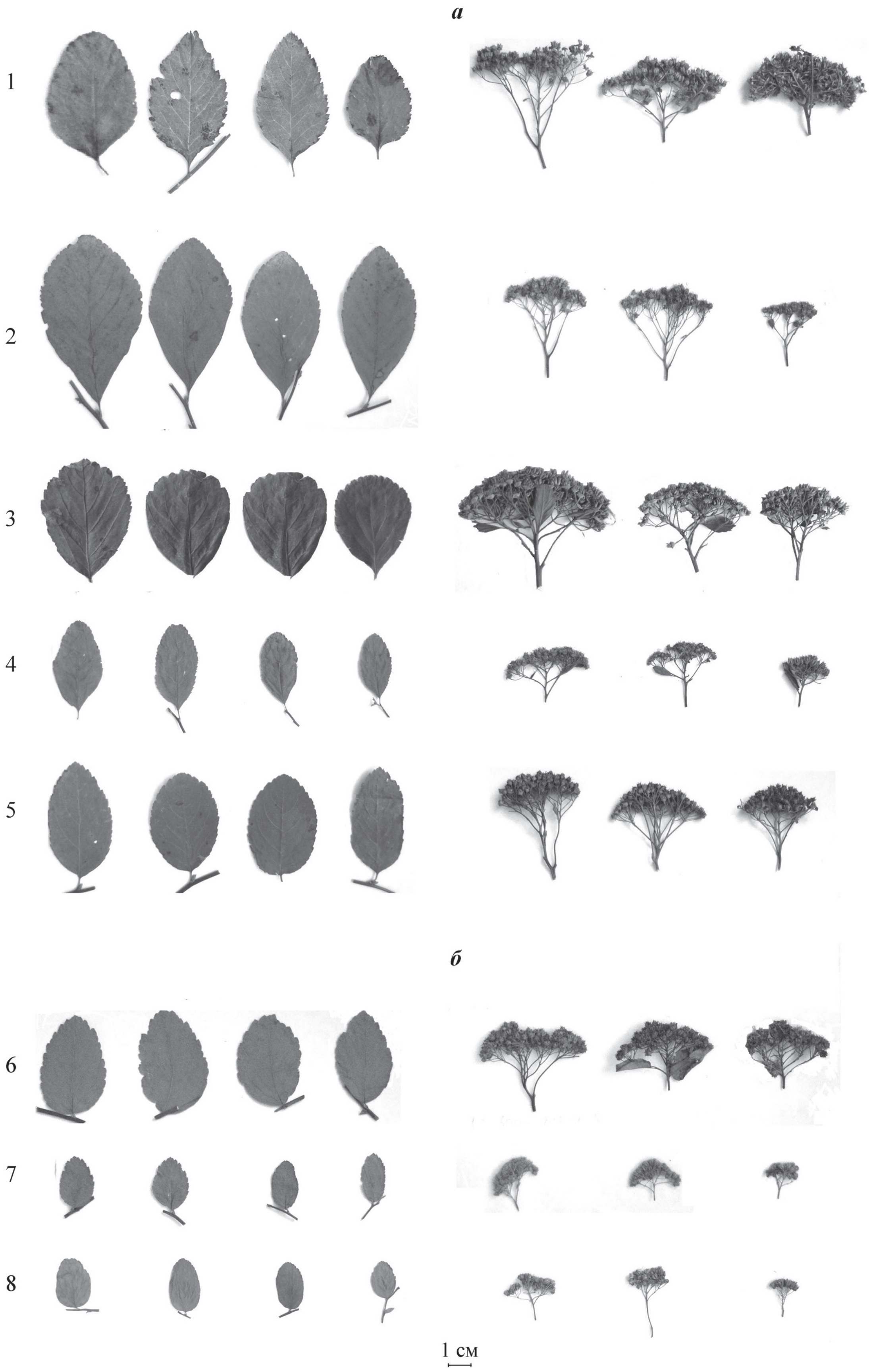

Рис. 6. Разнообразие листовой пластинки и соцветий *S. betulifolia* (*а*) и *S. beauverdiana* (*б*) в популяции: 1 – Облученская, 2 – Ольгинская, 3 – Головнинская, 4 – Чугуевская, 5 – Шкотовская, 6 – Сахалинская, 7 – Беркакитская, 8 – Быстринская

Содержание фенольных соединений в растениях рода *Spiraea* секции *Calospira*
(мг/г от массы воздушно-сухого сырья)

№	Популяция	Номер вещества (время выхода вещества, мин)																								
		1 (2,3)	2 (3,2)	3 (5,9)	4 (7,9)	5 (8,5)	6 (15,2)	7 (18,0)	8 (20,0)	9 (22,0)	10 (23,8)	11 (28,0)	12 (32,5)	13 (34,2)	14 (35,9)	15 (37,8)	16 (38,1)	17 (40,6)	18 (41,5)	19 (42,0)	20 (43,1)	21 (44,0)	22 (45,7)	23 (46,9)	24 (48,3)	Суммарное содержание
	S. betulifolia																									
1	Амурская	0	0,32	0,1	0,52	0,31	0,59	0,95	**1,21**	0,22	0,42	0,88	0,63	0	0,4	0,21	**1,2**	**1,06**	0	**1,27**	0,83	0,51	**1,72**	0,5	0,7	14,55
2	Бурейская	0	0,26	0,07	0,59	0,27	0,52	0,98	**1,07**	0	0,35	0,58	0,39	0	0,15	0,27	**1,44**	0,84	0	**3,2**	**1,84**	0,44	**1,76**	0,23	0,5	15,75
3	Облученская	0	0,17	0,09	0,22	0,23	0,3	**1,35**	0,67	0	0,26	0,49	0,46	0	0,13	0,45	0,13	0,31	0	**1,36**	0	0,2	0,86	0,37	0,37	8,42
4	Тернейская	0	0,44	0,09	0,33	0	0,89	0,99	**3,53**	0,21	0,27	**1,49**	0,68	0,28	0,17	0,18	0,36	0,25	0	0,22	0,19	0	0	0	0	10,57
5	Дальнегорская	0	0,16	0,04	0,1	0,1	0,17	0,53	0,65	0,12	0,24	**1,31**	0,82	0	0	0,13	0,18	0,15	0	0,17	0,18	0,2	0,27	0,18	0,14	5,84
6	Ольгинская	0	0,41	0,1	0,2	0,23	0,44	0,56	**1,91**	0,41	0,37	**1,52**	0,64	0,13	0,12	0,15	0,34	0,23	0	0,33	0,21	0,15	0,12	0,05	0	8,62
7	Чугуевская	0	0,52	0,28	0,04	0,34	0,06	0,37	0,68	0	0,36	0,47	0,36	0	0,39	0,5	0,8	**1,04**	0	**2,39**	0,64	**1,18**	**3,78**	0,33	0,05	14,58
8	Лазовская	0	0,4	0,16	0,27	0,14	0,72	0,78	**4,03**	0,11	0,32	**2,61**	0,29	0,55	0,22	0,16	0,23	0,1	0	0,08	0,07	0	0	0	0	11,24
9	Шкотовская	0	0,08	0,08	0	0	0,16	0,17	**0,52**	0,21	0,25	0,53	0,29	0	0,16	0,29	0,34	0,25	0	0,39	0,28	0,66	**1,67**	0,05	0,06	6,44
10	Комсомольская	0	0,26	0,07	0,11	0,14	0,26	0,17	**1,9**	0,39	0,35	**1,09**	0,66	0	0,07	0,2	0,28	0,13	0	0	0	0	0	0	0	6,08
11	Сахалинская-Н	0	0,27	0,08	0,42	0,27	**1,19**	**1,55**	**4,38**	1,01	0,98	0,28	0,27	0,29	0,1	0,07	0,28	0,03	0	0,07	0	0	0	0	0	11,54
12	Кунаширская	0	0,04	0	0,77	0	0,98	**1,2**	**4,46**	0,16	0,72	**1,61**	0,41	0,46	0,09	0,16	0,09	0,11	0	0,11	0	0	0	0	0	11,37
13	Курильская	0	0	0	0,13	0	0,36	0,13	**1,63**	0,22	0,19	**1,83**	0,44	0	0,19	0	0,14	0,13	0	0,05	0	0	0	0	0	5,44
14	Головнинская	0	0,44	0	0,2	0,25	0,65	0,54	**2,35**	0,44	0,61	**3,05**	0,89	0,24	0,17	**1,35**	0,26	0,37	0	**2,72**	0,24	0	0,17	0	0	14,94
15	Анамская	0	0,31	0,12	0,25	0,32	0,61	0,69	**6,93**	0	**1,24**	**1,13**	0,6	0,98	0,07	0,71	0,11	0,17	0	0,79	0,1	0	0	0	0	15,13
16	Шикотанская	0	0	0	0,05	0	0,28	0,17	**1,97**	0,26	0,23	**1,5**	0,55	0	0,14	0,08	0,07	0,17	0	0,07	0	0	0,21	0	0	5,75
17	Юрьевская	0	0,1	0	0,43	0,19	0,59	0,36	**4,41**	0	0,69	0,86	0,31	0,66	0,07	0,48	0,13	0,1	0	0,21	0,11	0	0	0	0	9,7
	S. beauverdiana																									
18	Магаданская	0,15	0,97	0	**1,58**	0,63	0,89	**1,6**	0,47	0	**3,63**	0	0,89	0,43	0,21	0,25	**1,54**	**2,47**	0,4	0,21	**1,34**	0,67	0,17	0,44	0,29	19,23
19	Быстринская	0	0,32	0	0,89	0	**1,33**	**1,42**	0	0	**3,17**	0	**2,45**	0	0	0,61	**2,22**	**4,54**	0,49	0	**2,74**	0,41	0,57	0,57	0	21,73
20	Елизовская	0	0,44	0	0,97	0	**1,63**	**2,14**	0	0	**2,24**	0	**2,37**	0	0	**1,22**	**2,78**	**4,88**	0,61	0	**3,38**	0,91	0,11	0,84	0	24,52
21	Нимнырская	0,14	0,32	0	0,29	0,29	0,63	**1,42**	0	0	**2,27**	0	**1,21**	0,62	0,19	0,27	0,54	**2,27**	0,1	0,1	**1,05**	0,21	0,37	0,22	0,26	12,77
22	Беркакитская	0,07	0,05	0	0,35	0	**1,24**	**4,3**	0	0	**3,08**	0,25	**1,19**	0,23	0,18	0,45	**1,47**	**3,08**	0,32	0,47	**1,67**	0,25	0,77	0,46	0,44	20,32
23	Ноглинская	0	0,16	0	0,3	0	0,66	**1,03**	0	0	**1,12**	0	**1,12**	0	0	0,56	**1,78**	**2,28**	0,5	**1,3**	0	0,36	0,48	0,66	0,86	13,17
24	Сахалинская	0	0,65	0	0,74	0	**1,45**	**3,58**	0	0	**2,53**	0	**1,95**	0,91	0,78	**1,31**	**2,53**	**2,53**	0,98	0	**1,91**	0,28	0,59	0,34	0	23,06

Примечание: жирным шрифтом выделены основные вещества в растениях; номер вещества соответствует нумерации на рис. 7.

Чугуевская (№ 7) и Шкотовская (№ 9). Растения из этих выборок отличаются наибольшим разнообразием веществ (от 19 до 21 соединения) в экстрактах из листьев. Группа объединяет выборки спиреи березолистной с разным фенотипом: растения с крупными листовыми пластинками и соцветиями, которые произрастают в фитоценозах с преобладанием лиственных, широколиственных пород и в смешанных лесах, а также растения с мелкими листовыми пластинками и соцветиями, произрастающие в фитоценозах с преобладанием хвойных пород.

Другая группа включает растения из популяций, произрастающих на островной части России – на о. Кунашир – популяции Кунаширская (№ 12), Курильская (№ 13), Головнинская (№ 14), на о. Шикотан – популяции Анамская (№ 15), Шикотанская (№ 16) и о. Юрий – Юрьевская (№ 17) популяция, а также на п-ове Сахалин – Сахалинская–Ногликская (№ 11). В эту же хеморасу входят еще некоторые ценопопуляции, произрастающие на материковой части России, – Тернейская (№ 4), Комсомольская (№ 10) и Лазовская (№ 8). Они отличаются меньшим разнообразием фенольных соединений в водно-этанольных экстрактах (12–18 соединений). В листьях этих растений не обнаружены кемпферол, соединения № 21–24, а в некоторых растениях – № 2, 3, 5, 13 и 20 (таблица). Вторая группа, также как и первая, объединяет выборки спиреи березолистной, имеющей разный фенотип.

S. beauverdiana также разделяется по составу фенольных соединений на две группы – хеморасы. Одна группа объединяет Быстринскую (№ 19) и Елизовскую (№ 20) ценопопуляции, произрастающие на п-ове Камчатка, а также Ногликскую (№ 23) и Сахалинскую (№ 24) ценопопуляции, произрастающую на о. Сахалин. У растений из этой группы в водно-этанольных экстрактах из листьев содержится меньше соединений (14–16 веществ). В листьях не обнаружены дигидрокверцетин, рутин, авикулярин, соединения № 1, 13, 14, 19 и 24 (таблица). Растения из Камчатских ценопопуляций (Быстринская и Елизовская) одинаковы по составу веществ. Другую группу образуют Беркакитская (№ 22), Ногликская (№ 23) и Магаданская (№ 18) ценопопуляции, произрастающие на материковой части России. Растения этой группы отличаются большим разнообразием веществ (20–21 соединение). В Магаданской выборке обнаружен рутин, а в Беркакитской – авикулярин, отсутствующие в других образцах спиреи Бовера.

Сумма фенольных соединений в листьях спиреи березолистной, выявленная методом ВЭЖХ, составила от 5,44 до 15,75 мг/г (таблица). Дисперсионный анализ показал, что наибольшее их содержание отмечено в растениях с мелкой листовой пластинкой и мелкими соцветиями из Амурской, Бурейской, Чугуевской и Сахалинской–Ногликской ценопопуляций (11,54–15,75 мг/г), произрастающих в еловых, лиственничных лесах и стланиковых зарослях (рис. 4). Более высокими показателями суммы фенольных соединений в листьях характеризуются и растения спиреи березолистной, произрастающие в зарослях бамбучника из Головнинской и Анамской ценопопуляций (14,94–15,13 мг/г). Но в ценопопуляциях, произрастающих в фитоценозах с преобладанием лиственных (5,75–6,08 мг/г) и широколиственных пород (5,84–10,57 мг/г), а также в смешанных лесах (6,44–11,24 мг/г) и на разнотравных приморских лугах (5,44–11,37 мг/г) содержание веществ меньше. Растения из этих популяций имеют сравнительно крупные листовые пластинки и соцветия. Тест Краскела–Уоллеса показал, что медианы признака «содержание суммы фенольных соединений» у *S. betulifolia* при группировке по фитоценозам достоверно отличаются при $p << 0,05$.

Межпопуляционная изменчивость содержания суммы фенольных соединений в листьях у спиреи березолистной высокая и составляет 35,65%. В листьях спиреи березолистной, в отличие от спиреи Бовера, преобладает рутин. Содержание его колеблется от 0,52 до 6,93 мг/г, тогда как у спиреи Бовера он обнаружен только в листьях растений из Магаданской популяции (0,47 мг/г). Содержание авикулярина в большинстве растений спиреи березолистной преобладает и достигает 3,05 мг/г, тогда как в листьях спиреи Бовера содержится только в растениях из Беркакитской популяции (0,25 мг/г). Эллаговая кислота обнаружена только в листьях *S. betulifolia* и содержится в небольшом количестве (0,12–1,01 мг/г). В ценопопуляциях, произрастающих в хвойных лесах, выявлено самое высокое содержание практически всех основных веществ – хлорогеновой кислоты (до 0,52 мг/г), дигидрокверцетина (до 0,34 мг/г), эллаговой кислоты (до 1,01 мг/г), гиперозида (до 1,55 мг/г), коричной кислоты (до 0,4 мг/г), кверцетина (до 1,06 мг/г), кемпферола (до 0,5 мг/г), соединений № 19 (до 3,2 мг/г) и № 22 (3,78 мг/г). В растениях из популяций, произрастающих в зарослях бамбучника, установлено повышенное содержание других основных веществ – рутина (до

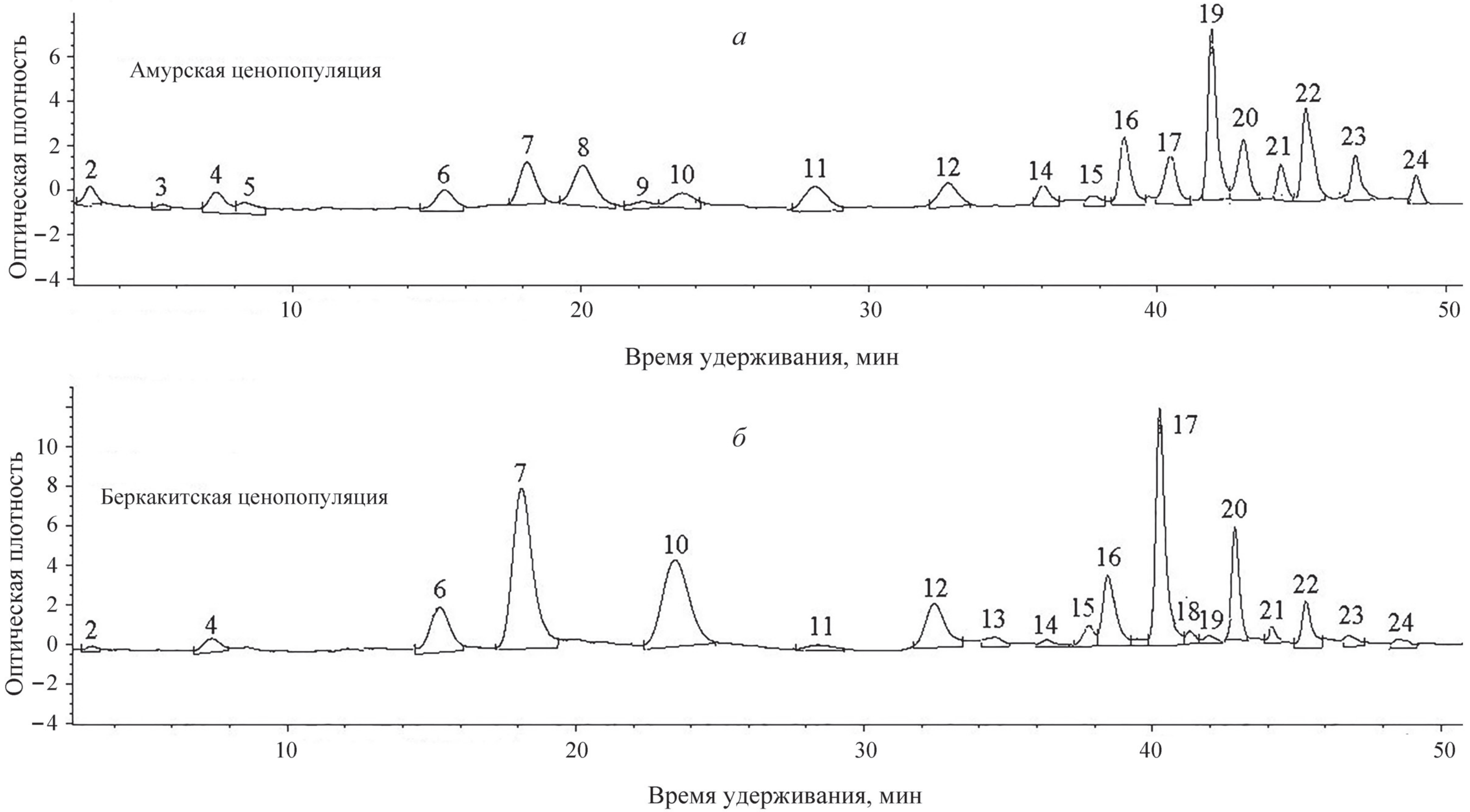

Рис. 7. Хроматограммы 40%-х водно-этанольных экстрактов из листьев растений *S. betulifolia* (*а*) и *S. beauverdiana* (*б*) при 360 нм: *2* – хлорогеновая кислота (t_R = 3,2 мин), *4* – *n*-кумаровая (t_R = 7,9 мин), *5* – дигидрокверцетин (t_R = 8,5 мин), *7* – гиперозид (t_R = 18,1 мин), *8* – рутин (t_R = 20,0 мин), *9* – эллаговая кислота (t_R = 22,0 мин), *11* – авикулярин (t_R = 28,4 мин), *12* – астрагалин (t_R = 32,5 мин), *14* – коричная кислота (t_R = 35,9 мин), *17* – кверцетин (t_R = 40,6 мин), *23* – кемпферол (46,9 мин), остальные вещества – неидентифицированные компоненты

6,93 мг/г) и авикулярина (до 3,05 мг/г). В растениях из популяций, произрастающих на разнотравных приморских лугах, выявлено самое высокое содержание *п*-кумаровой кислоты (до 0,77 мг/г); кроме того, эти растения отличаются высоким содержанием рутина (до 4,46 мг/г). Самое высокое содержание астрагалина (до 0,82 мг/г) определено в растениях, произрастающих в широколиственных лесах.

Сумма фенольных соединений в листьях спиреи Бовера значительно выше – от 12,77 до 24,52 мг/г (таблица). Наибольшее содержание фенольных соединений характерно для растений из ценопопуляций, произрастающих в лиственных лесах (каменноберезниках) из Елизовской популяции (24,52 мг/г); в растениях, произрастающих в смешанных (12,77–23,06 мг/г) и хвойных (19,23–21,73 мг/г) лесах, их содержание незначительно меньше. Тест Краскела–Уоллеса показал, что медианы признака «содержание суммы фенольных соединений» *S. beauverdiana* при группировке по фитоценозам достоверно не различаются при $p << 0{,}05$, т.е. содержание веществ практически одинаково во всех выборках (рис. 4). В листьях спиреи Бовера содержание гиперозида и кверцетина, а также соединений № 6, 10, 16 и 20 выше, чем у спиреи березолистной. В листьях *S. beauverdiana* содержится от 1,03 до 4,30 мг/г гиперозида, тогда как у *S. betulifolia* – от 0,13 до 1,55 мг/г (таблица). Листья *S. beauverdiana* отличаются также высоким содержанием кверцетина (от 2,47 до 4,88 мг/г), тогда как у *S. betulifolia* его содержание достигает только 1,06 мг/г. В Елизовской ценопопуляции спиреи Бовера, произрастающей в каменноберезниках, выявлено самое высокое содержание (мг/г) основных веществ в экстрактах из листьев: кверцетина (4,88), кемпферола (0,84), соединения № 6 (1,63), соединений № 16 (2,78) и № 20 (3,38). В растениях спиреи Бовера из ценопопуляций, произрастающих в смешанных лесах, обнаружено самое высокое содержание гиперозида (до 4,3 мг/г) и коричной кислоты (до 0,78 мг/г). В растениях из популяций, произрастающих в хвойных лесах, выявлено самое высокое содержание (мг/г) хлорогеновой (до 0,97) и *п*-кумаровой (до 1,58) кислот, дигидрокверцетина (до 0,63), астрагалина (до 2,45) и соединения № 10 (до 3,63).

Фенольные соединения играют большую роль в приспособлении растений к неблагоприятным факторам среды, так как повышают их экологическую пластичность. В первую очередь они способствуют предохранению от УФ-излучения (Запрометов, 1993; Высочина, 2004). *S. beauverdiana* растет на открытых участках горных склонов и подвергается постоянному действию УФ-излучения, к тому же распространена она преимущественно в северных районах азиатской части России. Совокупность этих факторов способствует более высокому накоплению защитных веществ у *S. beauverdiana*, в данном случае – фенольных соединений. *S. betulifolia* распространена в более южных районах Азиатской России и содержит сравнительно меньше фенольных соединений, чем *S. beauverdiana*. Межпопуляционная изменчивость содержания суммы фенольных соединений в листьях спиреи Бовера находится на высоком уровне (24,04 %), но значительно ниже, чем у спиреи березолистной.

Заключение

Изучено разнообразие *S. betulifolia* и *S. beauverdiana* по количественным морфологическим признакам и содержанию фенольных соединений в листьях из 24 природных выборок.

В водно-этанольных экстрактах из листьев растений рода *Spiraea* секции *Calospira* методом ВЭЖХ обнаружено 24 фенольных соединения. Из них идентифицированы кислоты (коричная, хлорогеновая, *п*-кумаровая, эллаговая), флавонолы (кверцетин, кемпферол, гиперозид, рутин, авикулярин, астрагалин) и дигидрофлавонол (дигигрокверцетин). Изучаемые виды очень близки по составу фенольных соединений в листьях, но в то же время в них присутствуют специфические соединения, отличающие эти виды.

Выявлены морфологические и биохимические адаптации исследуемых видов к различным фитоценозам. *S. betulifolia*, произрастающая в южных районах азиатской части России, более изменчива по морфологическим признакам, а также по содержанию фенольных соединений. Растения *S. betulifolia*, имеющие сравнительно мелкие листовые пластинки (ширина 9–34 мм, длина 16–53 мм) и соцветия (ширина 10–60 мм, длина 8–38 мм) и отличающиеся наиболее высоким содержанием фенольных соединений (14,58–15,75 мг/г), приурочены к фитоценозам с преобладанием хвойных пород – еловым, лиственничным лесам и стланиковым зарослям, а также к зарослям бамбучника на Курильских о-вах. В ценопопуляциях, произрастающих в фитоценозах с преобладанием лиственных и широколиственных пород, а также в смешанных лесах, растения имеют сравнительно более крупные размеры листовых пластинок (ширина 13–55 мм, длина 23–92 мм) и соцветий (ширина 15–90 мм, длина 10–85 мм), тогда как содержание фенольных соединений меньше (5,44–11,37 мг/г). Однако по составу фенольных соединений спирея березолистная с разными фенотипами практически не различается.

S. beauverdiana – менее изменчивый вид как по морфологическим, так и по биохимическим признакам. В процессе эволюции спирея Бовера приобрела новые признаки, повышающие ее экологическую пластичность: густое опушение органов, тенденцию к общему сокращению размеров растения, более высокое содержание фенольных соединений (12,77–24,52 мг/г), способствующие распространению этого вида в северные районы азиатской части России. Наибольшее содержание фенольных соединений установлено в популяциях, произрастающих в лиственных, смешанных и хвойных лесах.

У растений *S. betulifolia* и *S. beauverdiana*, произрастающих на островных территориях России: острова Сахалин, Кунашир, Шикотан, Юрий и п-ов Камчатка (12–18 соединений) выявлена общая тенденция к сокращению количества фенольных соединений в составе экстрактов из листьев, по сравнению с растениями, произрастающими на материковой части России, – в Магаданской и Амурской областях, Приморском и Хабаровском краях, в ЕАО (19–21 соединение).

Авторы выражают благодарность рецензенту за ознакомление с рукописью статьи и конструктивные замечания, которые существенно улучшили ее содержание.

Исследование выполнено при частичной финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научных проектов № 16-34-00106 мол_а и № 15-04-03093.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ
[REFERENCES]

Банаев Е.В. Фенотипическая изменчивость *Alnus fruticosa* Rupr. s.l. (Betulaceae) в Азиатской России // Растительный мир Азиатской России. 2009. № 1 (3). С. 44–52 [*Banaev E.V.* Fenotipicheskaya izmenchivost' *Alnus fruticosa* Rupr. s.l. (Betulaceae) v Aziatskoi Rossii // Rastitel'nyi mir Aziatskoi Rossii. 2009. № 1 (3). S. 44–52.]

Воробьев Д.П. Дикорастущие деревья и кустарники Дальнего Востока. Определитель. Л.: Наука, 1968. 278 с. [*Vorob'ev D.P.* Dikorastushchie derev'ya i kustarniki Dal'nego Vostoka. Opredelitel'. L.: Nauka, 1968. 278 c.].

Высочина Г.И. Фенольные соединения в систематике и филогении семейства гречишных. Новосибирск, 2004. 240 с. [*Vysochina G.I.* Fenol'nye soedineniya v sistematike i filogenii semeistva grechishnykh. Novosibirsk, 2004. 240 s.].

Гланц С. Медико-биологическая статистика. М., 1998. 459 с. [*Glantz S.A.* Primer of Biostatistics. M., 1998. 459 s.].

Гржибовский А.М. Анализ трех и более независимых групп количественных данных // Экология человека. 2008. № 3. С. 50–58 [*Grzhibovskii A.M.* Analiz trekh i bolee nezavisimykh grupp kolichestvennykh dannykh // Ekologiya cheloveka. 2008. № 3. S. 50–58].

Запрометов М.Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. М., 1993. 272 с. [*Zaprometov M.N.* Fenol'nye soedineniya: rasprostranenie, metabolizm i funktsii v rasteniyakh. M., 1993. 272 s.].

Калинина В.Н., Соловьев В.И. Введение в многомерный статистический анализ. М., 2003. 66 с. [*Kalinina V.N., Solov'ev V.I.* Vvedenie v mnogomernyi statisticheskii analiz. M., 2003. 66 s.].

Коропачинский И.Ю., Встовская Т.Н. Древесные растения Азиатской России. Новосибирск, 2002. 707 с. [*Koropachinskii I.Yu., Vstovskaya T.N.* Drevesnye rasteniya Aziatskoi Rossii. Novosibirsk, 2002. 707 s.].

Костикова В.А. Определение оптимальных условий экстракции для исследования состава фенольных соединений *Spiraea betulifolia* Pall. методом ВЭЖХ // Химия растительного сырья. 2017. № 1. С. 159–162. DOI: 10.14258/jcprm.2017011417 [*Kostikova V.A.* Opredelenie optimal'nykh uslovii ekstraktsii dlya issledovaniya sostava fenol'nykh soedinenii *Spiraea betulifolia* Pall. metodom VEZhKh // Khimiya rastitel'nogo syr'ya. 2017. № 1. S. 159–162. DOI: 10.14258/jcprm.2017011417].

Костикова В.А., Полякова Т.А. Эколого–географическая изменчивость *Spiraea betulifolia* Pall. и *S. beauverdiana* Schneid. по морфологическим и биохимическим маркерам // Сибирский экологический журнал. Новосибирск, 2014. Т. XXI. № 3. С. 413–421 [*Kostikova V.A., Polyakova T.A.* Eco-geographical variability of *Spiraea betulifolia* Pall. and *S. beauverdiana* Schneid. on the morphological and biochemical markers // Contemporary Problems of Ecology. 2014. Vol. 7. № 3. S. 315–323].

Недолужко В.А. Конспект дендрофлоры российского Дальнего Востока. Владивосток, 1995. 208 с. [*Nedoluzhko V.A.* Konspekt dendroflory Rossiiskogo Dal'nego Vostoka. Vladivostok, 1995. 208 s.].

Положий А.В. Род *Spiraea* L. – Таволга // Флора Сибири. Новосибирск, 1988. Т. 8. С. 10–20 [*Polozhii A.V.* Rod *Spiraea* L. – Tavolga // Flora Sibiri. Novosibirsk, 1988. T. 8. S. 10–20].

Полякова Т.А. Внутривидовая изменчивость дальневосточных и сибирских видов рода *Spiraea* L. Дис. … канд. биол. наук. Новосибирск, 2004. 190 с. [*Polyakova T.A.* Vnutrividovaya izmenchivost' dal'nevostochnykh i sibirskikh vidov roda *Spiraea* L. Dis. … kand. biol. nauk. Novosibirsk, 2004. 190 s.].

Полякова Т.А. Филогения российских видов рода *Spiraea* L. (Rosaceae Juss.) по морфологическим и молекулярным данным // Проблемы изучения и сохранения растительного мира Евразии: Мат-лы II Всерос. конф. с международным участием, посвященной памяти Л.В. Бардунова (1932–2008 гг.).

Иркутск, 2017. С. 33–35 [*Polyakova T.A.* Filogeniya rossiiskikh vidov roda *Spiraea* L. (Rosaceae Juss.) po morfologicheskim i molekulyarnym dannym // Problemy izucheniya i sokhraneniya rastitel’nogo mira Evrazii: Mat-ly II Vseros. konf. s mezhdunarodnym uchastiem, posvjachennoj pamyati L.V. Bardunova (1932–2008 gg.). Irkutsk, 2017. S. 33–35].

Полякова Т.А., Шатохина А.В. Филогенетические взаимоотношения российских видов рода *Spiraea* L. (Rosaceae Juss.) по морфологическим и молекулярным данным // 50 лет без К.И. Мейера: XIII Московское совещание по филогении растений. Мат-лы междунар. конф. Москва, 2015. С. 263–265 [*Polyakova T.A., Shatokhina A.V.* Filogeneticheskie vzaimootnosheniya rossiiskikh vidov roda *Spiraea* L. (Rosaceae Juss.) po morfologicheskim i molekulyarnym dannym // 50 let bez K.I. Meiera: XIII Moskovskoe soveshchanie po filogenii rastenii. Mat-ly mezhdunar. konf. Moskva, 2015. S. 263–265].

Пояркова А.И. Род Спирея – *Spiraea* L. // Флора СССР. М.; Л., 1939. Т. 9. С. 283–305 [*Poyarkova A.I.* Rod Spireya – *Spiraea* L. // Flora SSSR. M.; L., 1939. T. 9. S. 283–305].

Федоров А.А. и др. Атлас по описательной морфологии высших растений. Лист. М; Л., 1956. 312 с. [*Fedorov A.A. i dr.* Atlas po opisatel’noi morfologii vysshikh rastenii. List. M., L., 1956. 312 s.].

Храмова Е.П., Комаревцева Е.К. Изменчивость флавоноидного состава листьев *Potentilla fruticosa* (Rosaceae) разных возрастных состояний в условиях Горного Алтая // Растительные ресурсы. 2008. № 3. С. 96–102 [*Khramova E.P., Komarevtseva E.K.* Izmenchivost’ flavonoidnogo sostava list’ev *Potentilla fruticosa* (Rosaceae) raznykh vozrastnykh sostoyanii v usloviyakh Gornogo Altaya // Rastitel’nye resursy. 2008. № 3. S. 96–102].

Цвелев Н.Н. О видах спиреи (*Spiraea* L., Rosaceae) секции *Calospira* C. Koch на Дальнем Востоке России // Новости систематики высших растений. 2008. Т. 40. С. 76–83 [*Tsvelev N.N.* O vidakh spirei (*Spiraea* L., Rosaceae) sektsii *Calospira* C. Koch na Dal’nem Vostoke Rossii // Novosti sistematiki vysshikh rastenii. 2008. T. 40. S. 76–83].

Якубов В.В. Род Таволга – *Spiraea* L. // Сосудистые растения советского Дальнего Востока. СПб.: Наука, 1996. Т. 8. С. 130–136 [*Yakubov V.V.* Rod Tavolga – *Spiraea* L. // Sosudistye rasteniya Sovetskogo Dal’nego Vostoka. SPb., 1996. T. 8. S. 130–136].

Beek T.A. Chemical analysis of *Gingo biloba* leaves and extracts // J. Chromatography A. 2002. N 967. P. 21–35.

Huh M.K. Analysis of the philogenetic relationships in the genus *Spiraea* based on the nuclear ribosomal DNA ITS Region // J. Life Science. 2012. Vol. 22. N 3. P. 285–292.

Huh M.K., Huh H.W., Lee S.Y. A Taxonomic Study of the Genus *Spiraea* in Korea Using Sequences of ITS // J. Life Science. 2008. Vol. 18. N 5. P. 694–700.

Polyakova T.A. Nuclear ribosomal DNA ITS region variability in the genus *Spiraea* from Asian Russia // Molecular Phylogenetics: Contributions to the 4th Moscow International Conference «Molecular Phylogenetics». Moscow, 2014. P. 58.

Potter D., Still S.M., Grebenc T., Ballian D., Božič G., Franjiœ J., Kraigher H. 2007. Phylogenetic relationships in tribe *Spiraeeae* (Rosaceae) inferred from nucleotide sequence data // Pl. Syst. Evol. Vol. 266. P. 105–118.

Serebryakova (*Kostikova*) *V.A.*, *Polyakova T.A.* Intraspecific variability of morphological characters of *Spiraea betulifolia* Pall. in Primorski region (Far East Russia) // Ecology and diversity of forest ecosystems in the Asiatic part of Russia: proceedings of International Conference. Kostelec nad Cernymi lesy, Czech republic, 2010. P. 153–158.

Поступила в редакцию / Received 11.12.2016
Принята к публикации / Accepted 06.05.2018

MORPHOLOGICAL AND BIOCHEMICAL VARIABILITY OF SPECIES *SPIRAEA BETULIFOLIA* PALL. AND *S. BEAUVERDIANA* SCHNEID. IN THE RUSSIAN PART OF AREAL

V.A. Kostikova[1], *T.A. Poliakova*[2]

The results of interpopulation morphological variation and of the composition and content of phenolic compounds in species *Spiraea betulifolia* Pall. and *S. beauverdiana* Schneid. from 24 natural populations of the Asian part of Russia are given. The high proximity of the studied species by morphological and biochemical characteristics by the HPLC method were revealed. *S. betulifolia* growing in the southern regions of the Asian part of Russia is more variable on morphological characters, and also on the content of phenolic compounds. Dependence phenotypic parameters *S. betulifolia* and the type of phytocenosis in which the population grows is noted. Adaptation features of *S. beauverdiana*: densely pubescent branches of plants, higher content of phenolic compounds (19,23 – 24,52 mg/g) are promote distribution of this species in the northern regions of Asian part of Russia.

Key words: *S. betulifolia*, *S. beauverdiana*, morphological characteristics, HPLC, phenolic compounds, chemotaxonomy, diversity.

Acknowledgement. The reported study was funded by RFBR according to the research project №16-34-00106 мол_а и № 15-04-03093.

[1] Kostikova Vera Andreevna, Central Siberian Botanical Garden, SB RAS (serebryakova-va@yandex.ru); [2] Poliakova Tatyana Aleksandrovna, Vavilov Institute of General Genetics of RAS (tat-polyakova@yandex.ru).