

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ЦЕНТРАЛЬНЫЙ СИБИРСКИЙ БОТАНИЧЕСКИЙ САД СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

На правах рукописи

ВОРОНКОВА Мария Сергеевна

**ВТОРИЧНЫЕ МЕТАБОЛИТЫ АЗИАТСКИХ ВИДОВ РОДА *BISTORTA* (L.) SCOP.
(*POLYGONACEAE*) В СВЯЗИ С ХЕМОТАКСОНОМИЕЙ И ПРАКТИЧЕСКИМ
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ**

03.02.01. – «Ботаника»

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Научный руководитель:

д.б.н., проф.

Высочина Галина Ивановна

Новосибирск - 2016

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РОДА <i>BISTORTA</i> (L.) SCOP.....	9
1.1. Систематический обзор и краткая история изучения рода <i>Bistorta</i>	9
1.2. Таксономическое положение азиатских видов в системе рода <i>Bistorta</i> и их морфологическая характеристика.....	12
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	26
2.1. Объекты и материалы исследований.....	26
2.2. Методы биохимических исследований.....	30
2.3. Методы математической обработки результатов.....	38
ГЛАВА 3. БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА И ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА <i>BISTORTA</i>	39
3.1. Химический состав растений рода <i>Bistorta</i> (обзор литературы).....	39
3.2. Содержание основных групп БАВ в органах растений рода <i>Bistorta</i>	45
3.3. Исследование фенольных соединений (флавонолов, флавонов и фенолкарбоновых кислот) методом ВЭЖХ.....	51
3.4. Элементный состав представителей рода <i>Bistorta</i>	68
ГЛАВА 4. ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАСТЕНИЙ РОДА <i>BISTORTA</i> АЗИАТСКОЙ РОССИИ.....	72
4.1. Общее представление об изменчивости и ее формы.....	72
4.2. Динамика содержания фенольных соединений в надземных органах растений <i>B. officinalis</i> и <i>B. attenuata</i> в разные фенологические фазы.....	75
4.3. Индивидуальная изменчивость содержания фенольных соединений в органах растений <i>B. attenuata</i> , <i>B. officinalis</i> и <i>B. vivipara</i>	80

4.4. Географическая изменчивость состава фенольных соединений <i>B. officinalis</i> , <i>B. alopecuroides</i> и <i>B. elliptica</i>	87
ГЛАВА 5. ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ О СОСТАВЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СИСТЕМАТИКЕ АЗИАТСКИХ ВИДОВ РОДА <i>BISTORTA</i>	96
5.1. Хемотаксономия как метод изучения систематики высших растений.....	96
5.2. Хемотаксономический анализ состава фенольных соединений у представителей рода <i>Bistorta</i>	98
5.3. Видоспецифичность состава фенольных соединений гидролизированных экстрактов близкородственных видов <i>B. elliptica</i> и <i>B. plumosa</i>	103
ГЛАВА 6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА <i>BISTORTA</i>	109
6.1. Возможности использования растений рода <i>Bistorta</i> и оценка антиоксидантной активности экстрактов из надземных органов растений <i>B. officinalis</i>	109
6.2. Применение экстракта корневища <i>B. officinalis</i> при лечении гингивита.....	115
6.3. Оценка антимикотического действия экстракта корневища <i>B. officinalis</i> относительно возбудителя кандидозов <i>Candida albicans</i>	119
ВЫВОДЫ.....	122
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	124
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	142

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследований. Несмотря на успехи в области синтеза органических лекарственных препаратов, использование растений в качестве лекарственного сырья и пищевых продуктов профилактического назначения приобретает все большее значение. Разнообразие и богатство химического состава растений позволяет рассматривать их важным источником биологически активных веществ.

Виды рода *Bistorta* (L.) Scop. содержат разнообразные флавоноиды (антоцианы, катехины, флавоны, флавонолы), фенолкарбоновые кислоты, тритерпеноиды, стероиды. Они используются как декоративные, пищевые, кормовые и медоносные растения (Растительные ресурсы СССР..., 1985; Растительные ресурсы России..., 2008).

Известны противовоспалительные, противоопухолевые и антибактериальные свойства растений рода *Bistorta* (Hartwell, 1970; Niikawa et al., 1995; Duwiejua et al., 1999; Intisar et al., 2013). В народной медицине России эти растения применяют как кровоостанавливающее и вяжущее средство (Растительные ресурсы СССР..., 1985). В Китае они используются народной медициной для лечения дизентерии, диареи, острой респираторной инфекции, карбункул, носового и геморроидального кровотечения и пр. (Liu et al., 2006a).

Исследование состава фенольных соединений растений с применением современных физико-химических методов помогает внести ясность в систематику спорных таксонов и выявить перспективные растения для использования в медицине.

Виды рода *Bistorta* весьма полиморфны, их морфологические расы слабо обособлены и имеют ряд переходных форм. Трудности в идентификации близкородственных видов состоят в том, что морфологические различия между ними незначительны, поэтому ведущим фактором часто выступает экологическая приуроченность сборов. В подобных случаях становится особенно важной возможность использования

химического состава в целях уточнения таксономической принадлежности растений.

Несмотря на длительный период изучения растений рода *Bistorta*, азиатские виды изучены недостаточно, до сих пор не решены некоторые вопросы их систематики. Хемотаксономические исследования с учетом изменчивости биохимических признаков и изучение состава и содержания биологически активных веществ растений этого рода остаются актуальными.

Цель и задачи исследований.

Цель работы – изучить состав и содержание вторичных метаболитов представителей рода *Bistorta* Азиатской России и использовать полученные данные в его систематике; дать рекомендации по практическому применению.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Исследовать состав и содержание вторичных метаболитов (фенольных соединений, пектиновых веществ, каротиноидов, сапонинов) азиатских представителей рода *Bistorta*;
2. Изучить индивидуальную и географическую изменчивость фенольных соединений (флавонолов, катехинов, танинов) и динамику содержания фенольных соединений в различные фенологические фазы;
3. Оценить возможность использования фенольных соединений в качестве хемотаксономических маркеров;
4. С помощью химических признаков протестировать существующую систему рода *Bistorta* и дать заключение о таксономическом статусе изученных таксонов;
5. Определить биологическую активность экстрактов отдельных органов растений *B. officinalis* и предложить возможные способы их использования.

Защищаемые положения:

1. Состав фенольных соединений растений рода *Bistorta* Азиатской России является хемотаксономическим маркером на уровне видов и

может быть использован для решения спорных вопросов систематики. Морфологически близкие таксоны *B. attenuata*, *B. elliptica* и *B. plumosa* характеризуются специфичностью химического состава, подтверждающего их видовой статус. Наличие мирицетина в надземных органах *B. vivipara* свидетельствует о целесообразности его выделения в отдельную секцию.

2. Признак «содержание флавонолов, катехинов и танинов» не может быть использован в качестве хемотаксономического маркера в связи с высокой изменчивостью.
3. Водно-этанольный экстракт корневища *B. officinalis* обладает выраженной антимикотической активностью и эффективен при лечении гингивита.

Научная новизна. Впервые современными методами высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) проведено хемосистематическое исследование растений рода *Bistorta* Азиатской России на основе фенольных соединений и сделано заключение о значимости качественных признаков как таксономических маркеров. На основании состава фенольных соединений подтверждена самостоятельность видов *B. attenuata*, *B. elliptica* и *B. plumosa* и целесообразность выделения *B. vivipara* в отдельную секцию. Выявлены диагностические химические признаки для *B. elliptica*, *B. officinalis* и *B. alopecuroides*. Проведены исследования на содержание вторичных метаболитов представителей 8 азиатских видов рода *Bistorta*. Впервые исследована индивидуальная и географическая изменчивость состава и содержания фенольных соединений и динамика накопления фенольных соединений в разные фенологические фазы. Методом атомно-абсорбционной спектроскопии изучены состав и содержание макро- и микроэлементов растений двух видов – *B. attenuata* и *B. officinalis*. Впервые проведена оценка антиоксидантной активности экстрактов из надземных органов растений *B. officinalis* оперативным амперометрическим методом. Установлена

антимикотическая активность экстракта из корневища *B. officinalis* и эффективность его применения при лечении гингивита.

Теоретическая и практическая значимость. Материалы диссертации могут быть использованы в таксономии рода *Bistorta* для уточнения спорных вопросов разграничения близких видов и для точной идентификации сборов. Данные по изменчивости содержания фенольных соединений следует использовать для выявления органов растений с высоким содержанием биологически активных веществ (БАВ) и для определения оптимальных сроков заготовки растительного сырья. Водно-этанольный экстракт из корневища *B. officinalis* эффективен при использовании в стоматологической практике, так как обладает противовоспалительными и антимикотическими свойствами.

Методология и методы. Для исследования растений рода *Bistorta* применен комплексный экспериментальный подход, включающий интродукцию растений, сравнение растительных образцов в культуре и естественных местообитаниях, изучение химического состава растений с привлечением современных методов исследования - высокоэффективной жидкостной хроматографии, спектрофотометрии и атомно-абсорбционной спектрометрии.

Апробация работы. Результаты работы представлены на 5 международных конференциях: «Актуальные проблемы ботанического ресурсоведения», Алматы, 2010 г.; «Проблемы изучения растительного покрова Сибири», Томск, 2010 г.; «Лекарственные растения. Фундаментальные и прикладные проблемы», Новосибирск, 2013 г., 2015 г.; «Сохранение разнообразия растительного мира в ботанических садах: традиции, современность, перспективы», Новосибирск, 2016 г. и 6 всероссийских конференциях: «Ботанические сады и актуальные проблемы интродукции растений на современном этапе», Томск, 2010 г.; «Перспективы развития и проблемы современной ботаники», Новосибирск, 2010 г., 2014 г.; «Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья», Барнаул, 2014 г.; «От

растения к препарату: традиции и современность», Москва, 2014 г.; «Молодые ученые и фармацевция XXI века», Москва, 2014 г.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 20 печатных работ в отечественных изданиях, из них 7 статей (6 из перечня ВАК РФ).

Структура и объем работы.

Диссертация состоит из введения, 6 глав, выводов, списка литературы и приложения. Текст работы изложен на 151 странице, иллюстрирован 27 рисунками и 23 таблицами. Список литературы содержит 182 наименований, в том числе 87 на иностранных языках.

Благодарности. Автор выражает глубокую признательность научному руководителю д.б.н., профессору Г. И. Высочиной за помощь и поддержку при выполнении работы, считает приятным долгом поблагодарить коллектив сотрудников лаборатории фитохимии за содействие в экспериментальных исследованиях.

Отдельная благодарность коллегам, которые сотрудничали с нами и предоставили материал для химических исследований: академику РАН, д.б.н. П. Г. Горовому, к.б.н. О. А. Мочаловой, к.б.н. Е. А. Андрияновой, д.б.н. В. Н. Старченко, к.б.н. Н. В. Степанцовой, к.б.н. С. Г. Казановскому, Г. Ф. Дарман, к.б.н. Е. Г. Зибзееву, д.б.н. М. Ю. Телятникову, к.б.н. И. В. Шеховцовой, к.б.н. В. А. Костиковой, Ю. Н. Починчик, к.б.н. А. В. Шатохиной, к.б.н. Н. П. Миронычевой-Токаревой, к.б.н. Н. П. Косых, к.х.н. А. Ф. Маркову и О. Б. Марковой и др.

Выражаю признательность моим родным и близким, оказавшим помощь и поддержку на всех этапах выполнения работы.

ГЛАВА 1. СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ОБЗОР И МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РОДА *BISTORTA* (L.) SCOP.

1.1. Систематический обзор и краткая история изучения

рода *Bistorta*

Род *Bistorta* (L.) Scop. – Змеевик был описан К. Линнеем в 1742 г. в работе «Genera plantarum». Название *Bistorta* в переводе с латинского означает «дважды изогнутый» и связано с внешним видом корневища растений (Брем, 2004). В «Gardenes dictionary» P. Miller (1735) переводит слово «*bistorta*» как «snake-weed» – змеиная трава и отмечает, что на территории Англии встречается 3 или 5 разновидностей этого растения, но дает описание только одному, часто используемому в медицине, виду *Bistorta officinalis* Delarbre. Ранее род *Bistorta* часто рассматривался как секция рода *Polygonum* L. или *Persicaria* Mill. В пятом издании «Genera Plantarum» (1754) К. Линней понимал род *Polygonum* в широком смысле, с секциями *Persicaria*, *Fagopyrum* Mill. и *Bistorta*, которые ранее он считал самостоятельными родами. J. A. Scopoli (1754) в работе «Methodus Plantarum» признает самостоятельность рода *Bistorta*. M. Adanson (1763) в работе «Familles des plantes» также разделил широко распространенный род *Polygonum* s. l. на более естественные таксоны ранга рода, в том числе выделил род *Bistorta*.

C. F. Meisner (1826) подразделил *Polygonum* s. l. на 7 секций: *Bistorta* (8 видов), *Aconogonon* (Meissn.) Reichenb., *Tiniaria* Meisn., *Avicularia* Meisn., *Persicaria*, *Fagopyrum* и *Amblygonon* Meisn. Позднее C. F. Meisner (1857) отделил *Fagopyrum* и *Polygonella* Meisn. как самостоятельные таксоны, а секцию *Bistorta* (10 видов) оставил в составе рода *Polygonum*. C. F. Ledebour во «Flora Rossica» (1847-1849) секцию *Bistorta* (5 видов) включил в состав сборного рода *Polygonum*. G. Bentham и J. D. Hooker (1880) также широко понимали род *Polygonum*.

На основании морфологии и особенностей пыльцевых зерен Н. Gross (1913) разделил род *Polygonum* на 7 родов и признал самостоятельность рода *Bistorta*. R. Jaretzky (1925) не согласился с выводами Н. Gross (1913), так как виды секции *Bistorta* имеют сходный тип пыльцы и морфологию соцветия с видами секции *Persicaria*. В. Н. Danser (1927) и А. N. Steward (1930) также оставили секцию *Bistorta* в составе рода *Polygonum*. В дальнейшем О. Hedberg (1946) разделил род *Polygonum* на 7 родов, в том числе на основании морфологии пыльцы доказал самостоятельность рода *Bistorta*. А. Löve и D. Löve (1956) отметили, что кариологические и палинологические исследования показывают сборный характер рода *Polygonum*.

Последующие авторы неоднозначно относились к таксономии сложного рода *Polygonum*. Так, D. A. Webb и А. О. Chater (1963) посчитали, что пока лучше присоединить *Bistorta* к роду *Polygonum* в связи с недостаточностью накопленного материала по азиатским видам.

А. R. Clapham с соавторами, (1962) во «Флоре Британских островов», а также G. Roberty и S. Vautier (1964) включают *Bistorta* в состав рода *Polygonum* в качестве секции. S. A. Graham и С. E. Wood (1965) не признавали самостоятельность таксона *Bistorta*, а его виды включили в секцию *Persicaria* без статуса, в составе рода *Polygonum*. Н. Hara (1966), базируясь на морфологических характеристиках растений, разделил род *Polygonum* на 8 родов, признавая род *Bistorta*.

Во «Флоре СССР» В. Л. Комаров (1936) понимал род *Polygonum* в широком смысле, в составе рода выделил 8 секций. Секция *Bistorta* (16 видов) поделена на 2 ряда: *Apterae* Ком. и *Bistortiformes* Ком. Ранее В. Л. Комаров (1926) отмечал, что центром разнообразия видов секции *Bistorta* является Азия, где имеется большое разнообразие вполне устойчивых резко отграниченных форм. В связи с этим он сделал заключение, что *Bistorta* имеет особый азиатский тип ареала, и можно признать его родом, как это сделал М. Adanson (1763).

В. А. Петров (1928), работая с гербарием Главного ботанического сада (г. Москва), отметил, что все виды рода *Bistorta* разбиваются на три морфологически хорошо очерченные группы и выделил 3 подрода: *Eubistorta* m., *Pseudobistorta* m., *Bistortella* m. М. Г. Попов (1959) во «Флоре Средней Сибири» понимал род *Polygonum* в широком смысле.

К. Haraldson (1978) на основании анатомо-морфологических особенностей черешка и стебля, с учетом данных других авторов, заключила, что род *Bistorta* входит в трибу *Persicarieae* Dum. L.-P. R. Decraene, J. R. Akeroyd (1988) согласны с R. Jaretzky (1925) и считают, что род *Bistorta* следует включить в состав рода *Persicaria* в статусе секции. Они указывают, что различия в морфологии пыльцевых зерен, обнаруженные О. Hedberg (1946), не являются основанием для придания секции *Bistorta* родового ранга.

Особо следует отметить монографическую обработку рода *Bistorta* для «Сосудистых растений советского Дальнего Востока» Н. Н. Цвелева (1989), где он включил род *Bistorta* в трибу *Polygoneae*. На территории Дальнего Востока произрастает 9 видов рода *Bistorta*, которые включены в две секции: *Bistorta* и *Vivipara* Tzvel. Н. Н. Тупицина (1992) также признает род *Bistorta* и приводит во «Флоре Сибири» 6 видов этого рода.

В дальнейшем L.-P. R. Decraene, S.-P. Hong и E. Smets (2000), изучая анатомические и морфологические особенности плодов некоторых триб гречишных, рассматривали род *Bistorta* в составе трибы *Persicarieae* (Qaiser, 2001). А.-J. Li с соавторами (2003) во «Флоре Китая» не признают самостоятельность рода *Bistorta*, а рассматривают его в ранге секции в составе рода *Polygonum* s. l. Авторы обработки семейства *Polygonaceae* Juss. во «Флоре Северной Америки» принимают *Bistorta* в качестве самостоятельного рода (Freeman, Hinds, 2005).

В своей работе мы принимаем точку зрения Н. Н. Цвелева (1988) который считал, что *Bistorta* является самостоятельным таксоном родового ранга.

1.2. Таксономическое положение азиатских видов в системе рода *Bistorta* и их морфологическая характеристика

Род *Bistorta* (= *Polygonum* sect. *Bistorta* Tourn.) – Змеевик представлен многолетними лугово-болотными травянистыми растениями с мясистым змеевидно изогнутым корневищем. Стебель голый прямостоячий. Прикорневые и нижние стеблевые листья от ланцетно-линейных до яйцевидных, стеблевые листья меньшего размера с длинными влагалищами на коротких черешках или почти сидячие. Цветки собраны в плотные цилиндрические колосовидные кисти. Цветки имеют 8 тычинок, пестик с 3 свободными стилодиями. Околоцветник розовый или розовато-белый. Плоды трехгранные (Комаров, 1936).

Включает около 50 видов, произрастающих в странах северного полушария, преимущественно в горных районах (Freeman, Hinds, 2005). На территории России и сопредельных государств произрастает 12 видов рода *Bistorta* (Черепанов, 1995), из них в Азиатской России отмечено 10 видов: *B. abbreviata* Kom., *B. alopecuroides* (Turcz. ex Meissn.) Kom., *B. attenuata* Kom., *B. elliptica* (Willd. ex Spreng.) Kom., *B. manshuriensis* Kom., *B. officinalis* Delarbre, *B. pacifica* (V. Petrov ex Kom.) Kom., *B. plumosa* (Small) D. Löve, *B. subauriculata* Kom., *B. vivipara* (L.) Delarbre (Цвелев, 1989; Тупицина, 1992; Никифорова, 2012).

В настоящей работе мы придерживаемся точки зрения Н. Н. Цвелева (1989) на объем рода *Bistorta* и его состав, которую он изложил в «Сосудистых растениях советского Дальнего Востока», а также автора обработки рода *Bistorta* во «Флоре Сибири» Н. Н. Тупициной (1992).

Ниже мы приводим видовой состав рода *Bistorta* Азиатской России. Для каждого вида дана морфологическая характеристика, экология, распространение в пределах Азиатской России и вне ее, а также номенклатурная цитата из источников «Сосудистые растения советского Дальнего Востока» и «Флора Сибири».

Секция 1. *Bistorta*. – соцветия цилиндрические без клубеньков.

1. *Bistorta abbreviata* Kom. 1936, Фл. СССР, 5 : 679, nom. altern.; Цвелев, 1989, Сосуд. раст. сов. Дальн. Вост., 4 : 58. – *Polygonum abbreviatum* Kom. 1936, l. c. : 679. – *B. elliptica* (Willd. ex Spreng.) Kom., Тупицина, 1992, Фл. Сиб. 5 : 111, auct. – Змеевик укороченный.

Растения 10-35 (40) см выс., с толстым, змеевидно изогнутым корневищем. Стебель обычно по всей длине одетый влагалищами и раструбами. Листовые пластинки довольно жесткие, часто с завернутыми книзу краями, снизу коротковолосистые. Прикорневые и нижние стеблевые листья от яйцевидных до продолговатых, 2-8 см дл. и 1-4 см шир., у основания как бы обрубленные или немного сердцевидные, но немного низбегающие на черешок, у средних и верхних стеблевых листьев яйцевидные или ланцетно-яйцевидные, почти сидячие, у основания немного стеблеобъемлющие. Соцветие короткоцилиндрическое, очень густое. Околоцветник 3,2-3,8 мм дл., светло розовый. Плод 3-3,5 мм дл., коричневый, блестящий.

Экологическая приуроченность. Обитает на лужайках, каменистых склонах и скалах в гольцовом поясе гор.

Распространение. Азиатская Россия: Дальний Восток, Восточная Сибирь. – Монголия (север). Описан с гор Хэнтэй в Монголии.

Примечание: Н. Н. Цвелев (1989) в «Сосудистых растениях советского Дальнего Востока» признает *B. abbreviata* как самостоятельный вид, и указывает, что он распространен на Дальнем Востоке и юге Восточной Сибири. Во «Флоре СССР» В. Л. Комаров не приводит его для Дальнего Востока (только для Восточной Сибири и Монголии). Во «Флоре Сибири» Н. Н. Тупицына (1992) рассматривает *B. abbreviata* в качестве синонима *B. elliptica*. На трактовку данного таксона мы придерживаемся взглядов авторов «Флоры Сибири» (Тупицина, 1992) и считаем его синонимом *B. elliptica*.

2. *Bistorta alopecuroides* (Turcz. ex Meissn.) Kom. 1926 в Бот. мат. 6,1 : 3 nom. altern.; Цвелев, 1989, Сосуд. раст. сов. Дальн. Вост., 4 : 58; Тупицина, 1992, Фл. Сиб., 5 : 111. – *Polygonum alopecuroides* Turcz. ex Meissn., 1856, in DC., Prodr. 14, 1 : 141. – Змеевик лисохвостниковый (рисунок 1).



Рисунок 1 – *Bistorta alopecuroides* (Turcz. ex Meissn.) Kom.
фото с сайта:

http://www.nature.chita.ru/Plants/Flowers/Polygon/bistorta_alopecuroides.htm

Растения до 100 см высотой с толстым, змеевидно изогнутым корневищем. Стебель 6-8 узловой. Листовые пластинки снизу голые или слабо коротковолосистые, почти всегда с завернутыми книзу краями. Прикорневые и нижние стеблевые листья от ланцетных до узколинейных, 5-20 см дл. и 0,3-1 см шир., в основании узкоклиновидные, избегают на черешки, которые длиннее пластинок. Средние и верхние стеблевые листья узколанцетные или линейные, в основании клиновидные или немного ушковидно расширенные, почти сидячие. Соцветие узкоцилиндрическое,

очень густое, 5,0-6,0 см дл., 0,6-0,8 см шир., околоцветник 2-3 мм длиной, розовато-белый. Плод 2,7-3,2 мм дл., трехгранный, буроватый, блестящий.

Экологическая приуроченность. Растет на влажных, часто более или менее солонцеватых лугах, окраинах болот, каменистых склонах и галечниках, в луговых степях.

Распространение. Азиатская Россия: Восточная Сибирь, Дальний Восток. – Монголия (север), Китай (северо-восток), Корейский полуостров. Описан из Забайкалья.

Примечание: Более редко встречающиеся популяции на Дальнем Востоке с коротковолосистыми снизу листовыми пластинками; могут быть выделены в качестве разновидности – *var. zaensis* (Kom.) Tzvel. (= *Polygonum zaense* Kom. 1. c.) (Цвелев, 1989).

По мнению М. Г. Попова (1959) *B. alopecuroides* сходен с *P. attenuatum*, но отличается более длинными междоузлиями стеблей и прикорневыми листьями с ланцетной или даже линейной удлиненной пластинкой. М. Г. Попов утверждает, что растения с такими признаками встречаются только в собственно Даурии (например, Нерчинский завод и по р. Аргуни).

3. *Bistorta attenuata* Kom. 1936, Флора СССР, 5 : 684 nom. altern.; Тупицина, 1992, Фл. Сиб., 5 : 111. – *Polygonum attenuatum* V. Petrov ex Kom., 1936, 1. c. : 726, 684, non R. Br. 1810. – *B. elliptica* (Willd. ex Spreng.) Kom.; Цвелев, 1989, Сосуд. раст. Сов. Дальн. Вост., 4 : 58. – Змеевик утончающийся (рисунок 2).

Растения до 70 см высотой с толстым, змеевидно изогнутым корневищем. Стебель 6-ти узловой. Листовые пластинки снизу густоволосистые. Прикорневые и нижние стеблевые листья продолговатые, ланцетные, 6,0-12,0 см дл., 0,5-1(1,5) см шир., заостренные, в основании округлые, реже немного сердцевидные, избегают на черешки, которые длиннее пластинок. Средние и верхние стеблевые листья ланцетные, в основании сердцевидные, почти сидячие. Соцветие рыхловатое, довольно

широкое, 4,0-7,0 см дл. и 1,0-1,5 см шир., околоцветник 3 мм дл., розовый, фиолетово-розовый. Плод 3 мм дл., трехгранный.



Рисунок 2 – *Bistorta attenuata* Ком. (фото автора)

Экологическая приуроченность. Растет на лугах.

Распространение. Азиатская Россия: Восточная Сибирь. – Монголия (север). Описан из Якутии.

4. *Bistorta elliptica* (Willd. ex Spreng.) Kom. 1936, Флора СССР, 5 : 667 nom. altern.; Цвелев, 1989, Сосуд. раст. Сов. Дальн. Вост., 4 : 58; Тупицина, 1992, Фл. Сиб., 5 : 111. – *Polygonum ellipticum* Willd. ex Spreng. 1825, Syst. Veg. 2 : 253. – Змеевик эллиптический (рисунок 3).



Рисунок 3 – *Bistorta elliptica* (Willd. ex Spreng.) Kom.

(Фото с сайта: <http://www.plantarium.ru/page/image/id/73789.html>)

Растения до 40 (60) см высотой, с толстым, змеевидно изогнутым корневищем. Стебель четырехузловой, укороченный. Листовые пластинки довольно жесткие, снизу коротковолосистые или голые, с плоскими или слегка завернутыми книзу краями. Прикорневые и нижние стеблевые листья эллиптические, продолговатые, ланцетные, 5-12 см дл. и 1-3 см шир., заостренные, в основании клиновидные, реже округлые или немного сердцевидные, избегают на черешки, которые обычно равны или короче пластинок. Средние и верхние стеблевые листья ланцетные, в основании расширенные, обычно стеблеобъемлющие, почти сидячие. Соцветие цилиндрическое, очень густое, 1,5-5 см дл., 1-1,5 см шир., околоцветник 3-4,5 мм дл., розовый, фиолетово-розовый. Плод 3-4 мм дл., трехгранный, коричневый, блестящий.

Экологическая приуроченность. Растет в высокогорьях на влажных приречных лугах, в тундре, на моховых и осоковых болотах.

Распространение. Азиатская Россия: Сибирь, Дальний Восток. – Европейская часть (Арктика), Средняя и Центральная Азия, Китай (Северо-Восток), Северная Америка (Арктика). Описан из Восточной Сибири.

Примечание: Замещает *B. officinalis* в Арктике и высокогорьях и связан с ним переходными формами, некоторые авторы рассматривают его как подвид *B. major* subsp. *elliptica* (Willd. ex Spreng.) Sojak (Петровский, 1966). Отличается большим полиморфизмом и, возможно, происходит от гибридизации *B. major* × *B. alopecuroides*. Название «*Polygonum ellipticum*» долгое время использовалось для относительно близкого вида *P. plumosum*. *P. ellipticum* описан с гор в среднем или верхнем течении реки Лены, где *P. plumosum* не встречается. Кроме того, при первоописании *P. ellipticum* имеется указание на стеблеобъемлющие стеблевые листья, что не оставляет сомнения в том, что это название относится к широко распространенному в Сибири гольцовому виду, а не к *P. plumosum* (= *Bistorta plumosa*) (Цвелев, 1989).

5. *Bistorta manshuriensis* Kom. 1926, Ботан. мат. (Ленинград), 6, 1 : 3 nom. altern.; Цвелев, 1989, Сосуд. раст. сов. Дальн. Вост., 4 : 58. – *Polygonum manshuriense* V. Petrov ex Kom. 1926, l. c. : 3; Комаров, 1936, цит. соч. : 680. – Змеевик маньчжурский (рисунок 4).

Растения 30-100 (120) см высотой с толстым, змеевидно изогнутым корневищем. Стебель 6-8 узловой. Листовые пластинки относительно мягкие, почти всегда голые. Прикорневые и нижние стеблевые листья от широколанцетных до ланцетных, к основанию клиновидно суженные 8-20 см дл., 1,5-3 см шир. Средние и верхние стеблевые листья от широколанцетных до узколанцетных, почти сидячие, у основания глубоко-стеблеобъемлющие, сердцевидные. Соцветие цилиндрическое, очень густое, околоцветник 2,5-3 мм дл., светло-розовый или розовато-белый. Плод 3-3,5 мм дл., буроватый, блестящий.



Рисунок 4 – *Bistorta manshuriensis* Ком.

Фото с сайта: <http://topseoul.net/korea/interest/34464>

Экологическая приуроченность. Обитает на влажных лугах и лесных полянах, среди кустарников, в хвойных и смешанных лесах, иногда на скалах до среднего горного пояса.

Распространение. Азиатская Россия: Дальний Восток. – Япония и Китай (Северо-Восточный Китай). Описан из г. Нингуты в Манчжурии.

6. *Bistorta officinalis* Delarbre 1800, Fl. Aveyron, ed. 2: 516 nom. altern.; Цвелев, 2006, Фл. Росс. Дальн. Вост., 14 : 88. – *Polygonum bistorta* L. 1753, Sp. Pl. : 360. – *B. major* S. F. Gray, Цвелев, 1989, Сосуд. раст. сов. Дальн. Вост., 4 : 58; Тупицина, 1992, Фл. Сиб., 5 : 111. – Змеевик лекарственный (рисунок 5).



Рисунок 5 – *Bistorta officinalis* Delarbre (фото автора)

Растения 30-120 (150) см высотой с толстым, змеевидно изогнутым корневищем. Стебель 6-ти узловой. Листовые пластинки жестковатые, снизу голые или коротковолосистые. Прикорневые и нижние стеблевые листья широколанцетные, продолговатые, 5-15 см дл., 2-7 см шир., в основании тупые, сердцевидные, реже ширококлиновидные, избегают на черешок; средние и верхние стеблевые листья от широколанцетных до узколанцетных, у основания немного стеблеобъемлющие. Соцветие цилиндрическое, очень густое, околоцветник 2,8-3,8 мм дл., розовый, реже розовато-белый. Плод около 3 мм дл., светло-бурый, слабоблестящий.

Экологическая приуроченность. Обитает на болотистых лугах, лесных полянах, среди кустарников, по берегам водоемов, в горах до верхней границы леса.

Распространение. Азиатская Россия: Сибирь, Дальний Восток. – Европа, Средиземноморье. Описан из Швейцарии.

Примечание: *B. officinalis* широко распространенный и полиморфный вид поэтому многие исследователи близкородственные ему виды сводят в синонимы и не признают их самостоятельности (Попов, 1959; Петровский, 1966; Малышев, Пешкова, 1979).

7. *Bistorta pacifica* (V. Petrov ex Kom.) Kom. 1936, Фл. СССР, 5 : 682 nom. altern.; Цвелев, 1989, Сосуд. раст. сов. Дальн. Вост., 4 : 58. – *Polygonum pacificum* V. Petrov ex Kom. 1926, Ботан. мат. (Ленинград), 6, 1 : 2; Комаров, 1936, Фл. СССР, 5 : 682. – Змеевик тихоокеанский (рисунок 6).



Рисунок 6 – *Bistorta pacifica* (V. Petrov ex Kom.) Kom.

Фото с сайта: <http://www.plantarium.ru/page/image/id/142740.html>

Растения 30-120 (150) см высотой с толстым, змеевидно изогнутым корневищем. Стебель 6-узловой. Листовые пластинки довольно жесткие,

голые, реже снизу густоволосистые. Прикорневые и нижние стеблевые листья от яйцевидных до ланцетно-продолговатых, 5-15 см дл. и 3-7 см шир., у основания немного сердцевидные или обрубленные. Средние и верхние стеблевые листья от яйцевидных до ланцетно-яйцевидных, почти сидячие, у основания глубоко-стеблеобъемлющие, сердцевидные, на верхушке часто оттянутые, обычно довольно жесткие, снизу голые, реже – коротковолосистые. Соцветие цилиндрическое, очень густое, околоцветник 2,8-3,5 мм дл., розовый или светло-розовый. Плод около 3 мм дл., светло-бурый, блестящий.

Экологическая приуроченность. Обитает на лугах, каменистых склонах и скалах, на топких местах у выхода грунтовых вод и на окраинах болот среди кустарников.

Распространение. Азиатская Россия: Дальний Восток. – Северо-Восточный Китай, полуостров Корея (бас. залива Америка). Описан из Приморья.

8. *Bistorta plumosa* (Small) D. Löve 1956, Bot. Notis (Lund), 59 : 168 nom. altern.; Цвелев, 1989, Сосуд. раст. сов. Дальн. Вост., 4 : 58; Тупицина, 1992, Фл. Сиб., 5 : 111. – *Polygonum plumosum* Small, 1901, Bull. New York Bot. Gard. 2 : 6. – Змеевик перистый (рисунок 7.).

Растения до 40 (50) см высотой с толстым, змеевидно изогнутым корневищем. Стебель укороченный. Листовые пластинки довольно жесткие, снизу более или менее коротковолосистые, с плоскими или волнистыми краями. Прикорневые и нижние стеблевые листья эллиптические, продолговатые, ланцетные, 2-10 см дл. и 1-2,5 см шир., на верхушке притупленные, в основании клиновидные или округлые, избегают на черешки, которые обычно короче пластинок. Средние и верхние стеблевые листья ланцетные или узкоэллиптические, в основании клиновидные или расширенные, но на хорошо заметных черешках. Соцветие короткоцилиндрическое, довольно широкое, густое, 4-6 см дл., 1-1,5 см шир.,

околоцветник 4-4,5 мм дл., ярко-розовый. Плод 3,5-4 мм дл., трехгранный, коричневый, блестящий.



Рисунок 7 – *Bistorta plumosa* (Small) D. Löve

(<http://www.plantarium.ru/page/image/id/204521.html>)

Экологическая приуроченность. Растет на влажных лужайках, каменистых склонах и скалах гольцового пояса гор, в Арктике на лугах и галечниках речных долин и морского побережья, в щебнистых и каменистых тундрах, иногда в лиственничниках.

Распространение. Азиатская Россия: Восточная Сибирь (Арктика и высокогорья), Дальний Восток. – Северная Америка. Описан с острова Св. Павла.

9. *Bistorta subauriculata* Kom., 1926 Ботан. Мат. (Ленинград), 6, 1 : 4 пом. altern.; Цвелев, 1989, Сосуд. раст. сов. Дальн. Вост., 4 : 58. – *Polygonum subauriculatum* V. Petrov ex Kom. 1926, 1. с. : 4; Комаров, 1936, цит. соч. : 678. – Змеевик короткоушковый.

Растения 20-40 (50) см высотой с толстым, змеевидно-изогнутым корневищем. Листовые пластинки довольно жесткие, снизу голые, с плоскими или немного завернутыми книзу краями, у прикорневых и нижних стеблевых листьев ланцетные или линейно-ланцетные, 8-15 см дл. и 0,8 -1,3 см шир., у основания обычно клиновидно суженные. Средние и нижние стеблевые листья от ланцетных до узколинейных, к основанию не суженные и обычно немного стеблеобъемлющие. Соцветие цилиндрическое, 6-7 мм толщ., очень густое. Околоцветник 2-2,8 мм дл., светло-розовый. Плод 2,5-3,2 мм дл., коричневый, блестящий.

Экологическая приуроченность. Растет на лужайках и каменистых склонах в гольцовом и подгольцовом поясах.

Распространение. Азиатская Россия: Дальний восток (Верхне-Зейский, Буреинский, Уссурийский (верховья р. Бикин) флористические районы). Описан из Хабаровска.

Примечание: Эндемичный сомнительный вид, известный лишь по немногим экземплярам. Внешне более всего сходен с мелкими высокогорными экземплярами *B. elliptica* (Willd. ex Spreng.) Kom., но мелкие бледно окрашенные цветки более похожи на цветки *B. alopecuroides* (Turcz. ex Meissn.) Kom. (Цвелев, 1989).

Секция 2. *Vivipara* Tzvel. – соцветия узкоцилиндрические, в нижней части с клубеньками. Растения до 40 см высотой с тонким стеблем. Плод 1-1,5 мм дл..

10. *Bistorta vivipara* (L.) Delarbre 1800, Fl. Aveyron, ed. 2 : 516 nom. altern.; Цвелев, 1989, Сосуд. раст. сов. Дальн. Вост., 4 : 58; Тупицина, 1992, Фл. Сиб., 5 : 111. – *Polygonum viviparum* L. 1753, Sp. Pl. : 360. – Змеевик живородящий (рисунок 8).

Растения (5) 10-30 (40) см высотой с коротким, довольно толстым, прямым или изогнутым корневищем. Стебель прямостоячий, простой. Листовые пластинки довольно жесткие, плоские или с завернутыми книзу краями, снизу голые или очень коротковолосистые. Прикорневые листья от

узколанцетных до широкоэллиптических, обычно 2-10 (12) см дл., 0,5-2,5 см шир., у основания клиновидные, реже закругленные или даже немного сердцевидные, не низбегающие на черешок; стеблевые листья от эллиптических до узколинейных, клиновидно суженные в очень короткий (до 2 мм дл.) черешок. Соцветие узкоцилиндрическое 3-7 мм шир., рыхловатое, в нижней части с клубеньками, расположенными по одному в пазухах прицветников, околоцветник 2,2-3,2 (4) мм дл., от розового до розовато-белого. Плод 1,2 - 2 мм дл., темно бурый, матовый.



Рисунок 8 – *Bistorta vivipara* (L.) Delarbre (фото автора)

Экологическая приуроченность. Обитает на болотах и болотистых лугах, у выхода грунтовых вод, на лужайках и галечниках речных долин, каменистых склонах и скалах, в различных тундрах, в южных районах, преимущественно на гольцах.

Распространение. Азиатская Россия: Сибирь, Дальний Восток. – Европейская часть Кавказа, Азия, Европа, Северная Америка.

Несмотря на длительный период изучения растений рода *Bistorta*, до сих пор остаются спорные вопросы в их систематике; таксономический ранг некоторых видов в настоящее время следует уточнить.

Глава 2. ОБЪЕКТЫ, МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

2.1. Объекты и материалы исследований

Объектами фитохимического исследования являются растения 8 видов рода *Bistorta*, произрастающих на территории Азиатской России.

Секция *Bistorta*

1. *B. officinalis* Delarbre
2. *B. elliptica* (Willd. ex Spreng.) Kom.
3. *B. plumosa* (Small) D. Löve
4. *B. alopecuroides* (Turcz. ex Meissn.) Kom.
5. *B. attenuata* Kom.
6. *B. manshuriensis* Kom.
7. *B. pacifica* (V. Petrov ex Kom.) Kom.

Секция *Vivipara* Tzvel.

8. *B. vivipara* (L.) Delarbre

Хемотаксономические исследования проводили на материале, собранном из природных популяций Азиатской России лично автором работы, а также сотрудниками из разных ботанических институтов Сибири и Дальнего Востока (таблица 1).

Географическую изменчивость состава фенольных соединений изучали на примере *B. officinalis*, *B. alopecuroides* и *B. elliptica* (таблица 1). Для определения индивидуальной изменчивости содержания фенольных соединений исследовали *B. officinalis* (15 растений), собранных на территории республики Алтай (пос. Артыбаш, побережье оз. Телецкое, влажный луг), *B. attenuata* (50 растений) и *B. vivipara* (15 растений) – на территории Иркутской обл. (пос. Курма и пос. Сарма, побережье оз. Байкал, влажный луг).

Для исследования сезонной динамики накопления фенольных соединений растения *B. officinalis* и *B. attenuata* из природных популяций культивировали на территории экспериментального участка ЦСБС СО РАН

(г. Новосибирск). Для выяснения ресурсной ценности определяли содержание флавонолов, катехинов, танинов, сапонинов, каротиноидов и пектиновых веществ в разных органах у 8 видов рода *Bistorta*.

Таблица 1 – Перечень исследованных образцов видов рода *Bistorta*

	Вид	Место сбора	Дата сбора, коллектор
1	<i>B. alopecuroides</i>	Забайкальский край, Дульдургинский р-н., окрестности с. Ара-Иля, кордон национального парка «Алханай», урочище Дыбыкса	23.06.2010 Казановский С. Г.
2		Амурская обл., Октябрьский р-н, Ерковецкий угольный разрез, вейниково-разнотравный луг	26.06.2001 Шатохина А. В.
3		Амурская обл., Мазановский р-н, с. Лебедиха	28.06.2010 Дарман Г.Ф.
4		Республика Бурятия, Тункинский р-н, окр. пос. Ниловка, курорт Нилова Пустынь, берег р. Ихэ-Угун, сосново-березово-ивовый лес, 919 м над у. м.	26.07.2014 Костикова В. А.
5		Амурская обл., Благовещенский р-н, 47 км Игнатьевского шоссе, Михайловские столбы	08.07. 2010 Старченко В. Н.
6		Амурская обл., г. Благовещенск, 11-12 км Ново-Троицкого шоссе, сыроватый луг	19.07.2013 Старченко В. Н.
7		Иркутская обл., правый берег р. Зундук, берег Байкала, заболоченный галечник	07.06.2009 Починчик Ю. Н.
8		Окрестности г. Благовещенска, 10-11 км Ново-Троицкого шоссе	19.07.2013 Старченко В. Н.
9		Республика Бурятия, Закаменский р-н, окр. пос. Баянгола, правый берег р. Сангина, лиственный лес (горельник), 1140 м над у. м.	16.07.2009 Шеховцова И. Н.
10		Республика Бурятия, Тункинский р-н, пр. берег притока р. Маргасан, полог смешанного леса	23.08.2009 Починчик Ю. Н.
11	<i>B. attenuata</i>	г. Новосибирск, экспериментальный участок ЦСБС СО РАН	05.07.1013 (личные сборы)
12		Иркутская обл., Ольхонский р-н, побережье Малого моря	26.06.1012 (личные сборы)

		оз. Байкал, пос. Курма, влажный луг	
13		Иркутская обл., Ольхонский р-н, побережье Малого моря Байкала, пос. Сарма, влажный луг	25.06.1012 (личные сборы)
14	<i>B. elliptica</i>	Тюменская обл., Ямало-Ненецкий автономный округ, пос. Гыда, тундра	07.08.2011 Косых Н. П.
15		Иркутская обл., Качугский р-н, Байкальский хребет, гребень над бухтой Заворотной, гольцовый пояс, злаково-разнотравный луг	21.07.1993 Степанцова Н. В.
16		Магаданская обл., Хасынский р-н, верховья р. Малтан, в 3 км выше р. Хета, пойменный лиственничник	13.07.2012 Мочалова О. А.
17		Магаданская обл., Ольский р-н, верховья р. Окса, 23 км Арманской трассы, разнотравный луг по склону сопки	18.07.2012 Мочалова О. А.
18		Магаданская обл., Ольский р-н, 20 км западнее г. Магадан, перевал Арманский, нивальная, разнотравно-кустарничковая лужайка	19.08.2014 Андрянова Е. А.
19		Приморский край, Чугуевский р-н, верховья реки Уссури, у вершины горы Снежная, каменистые россыпи (на гольцах), 1654 м над у. м.	14.07.2011 Горовой П. Г.
20	<i>B. manshurensis</i>	Амурская обл., Бурейский р-н, правый берег р. Буря, 15 км на север от пос. Прогресс, березово-еловый лес	17.06.2010 Костикова В. А.
21	<i>B. officinalis</i>	г. Новосибирск, экспериментальный участок ЦСБС СО РАН	2011-2014 (личные сборы)
22		Иркутская обл., г. Иркутск, окр. Ершовского залива, у дороги	30.06.2005 Гербарий Иркутского гос. университета (коллектор не известен)
23		Хакасия, Орджоникидзевский р-н, окр. с. Подкамень, прореженный лес, 600 м над у. м.	22.07.2005 Гербарий Хакасского гос.

			университета (коллектор не известен)
24		Красноярский край, Курагинский р-н, Восточный Саян, хр. Крыжина, междуречье р. Кизир и р. Казыр (верховье), разнотравно-горцевый луг, 1411 м над у. м.	20.07.2009 Зибзеев Е. Г.
25		Красноярский край, Курагинский р-н, окрестности пос. Андреевский ключ, лесной разнотравный луг, 350 м над у. м.	27.06.2014 Марков А. Ф., Маркова О. Б.
26		Иркутская обл., Иркутский р-н, окр. с. Большое Голоустное, лев. приток р. Голоустная, сосново-березовый лес, 489 м над у. м.	22.07.2014 Костикова В. А.
27		Республика Алтай, пос. Артыбаш, берег оз. Телецкое, влажный луг	26.06.2014 (личные сборы)
28		Красноярский край, Курагинский р-н, окрестности пос. Ирба, лесной влажный разнотравно-лабазниковый луг	27.06.2014 Марков А. Ф., Маркова О. Б.
29		Алтайский край, Красногорский р-н, окр. пос. Тайна, на опушке осино-березового леса, 894 м над у. м.	17.05.2014 Казановский С. Г. .
30		Иркутская обл., Иркутский р-н, оз. Байкал, пос. Большие Коты, падь малая Сенная	16.07.1990 Гербарий Иркутского гос. университета (коллектор не известен)
31		Республика Алтай, Улаганский р-н, долина реки Ак-Тру, злаково-разнотравный луг, 1996 м над у. м.	27.07.2009 Храмова Е. П.
32	<i>V. pacifica</i>	Приморский край, Хасанский р-н, окрестности с. Кравцовка, склон сопки по правому берегу р. Грязная около устья ключа Солдатский	7.07.2011 Горовой П. Г.
33	<i>V. plumosa</i>	Магаданская обл., Тенькинский р-н, верховье р. Нелькоба, окр. оз. Синяя Ориона, кустарничковая горная тундра по берегу	10.07.2014 Мочалова О. А.
34		Магаданская обл., Северо-	30.07.2014

		Эвенский р-н, бассейн р. Омолон, верховье р. Кегали, сырая горная тундра	Мочалова О. А.
35	<i>B. vivipara</i>	Иркутская обл., Ольхонский р-н, побережье Малого моря оз. Байкал, пос. Курма, влажный луг	26.06.1012 (личные сборы)

2.2. Методы биохимических исследований

Высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ)

Анализ гликозидов, агликонов, образующихся после кислотного гидролиза соответствующих гликозидов и кислот проводили методом высокоэффективной жидкостной хроматографии на аналитической ВЭЖХ-системе, состоящей 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, применив градиентный режим элюирования. Для разделения гликозидов в подвижной фазе содержание метанола в водном растворе ортофосфорной кислоты (0,1 %) изменялось от 32 до 33 % за 27 мин.; от 33 до 46 % с 27 до 38 мин.; от 46 до 56 % с 38 до 50 мин. Для разделения агликонов, образующихся после кислотного гидролиза гликозидов, кислот и С-гликозидов в подвижной фазе содержание метанола в водном растворе ортофосфорной кислоты (0,1 %) изменялось от 19 до 70 % за 30 мин; от 70 до 100 % с 30 до 32 мин; от 100 до 22 % с 32 до 36 мин. Объем вводимой пробы – 5 мкл. Детектирование осуществляли при длинах волн $\lambda = 270, 325, 340, 360, 370$ нм. Скорость потока элюента 1 мл/мин. Температура колонки 26°C. Для приготовления подвижных фаз использовали метиловый спирт (ос. ч.), ортофосфорную кислоту (ос. ч.), бидистиллированную деионизированную воду. Для приготовления стандартных образцов применяли препараты производства фирмы «Fluka» и «Sigma». Стандартные растворы готовили в концентрации 10 мкг/мл в этиловом спирте.

Флавоноиды извлекали трехкратной экстракцией 70 % этанолом при нагревании на водяной бане. Кислотный гидролиз проводили следующим образом: к 0,5 мл водно-этанольного извлечения прибавляли 0,5 мл HCl (2 н) и нагревали на кипящей водяной бане в течение 2 ч. После охлаждения гидролизат разбавляли бидистиллированной водой до объема 5 мл и пропускали через концентрирующий патрон Диапак C16 (ЗАО «БиоХимМак») для освобождения от примесей гидрофильной природы. Агликоны смывали 96 % этанолом, измеряли объем элюата и пропускали через мембранный фильтр с диаметром пор 0,45 мкм.

Количественное определение индивидуальных соединений в элюатах проводили по методу внешнего стандарта (Van Beek, 2002). Содержание компонентов (C_x) вычисляли по формуле (в %):

$$C_x = \frac{C_{cm} \cdot S_1 \cdot V_1 \cdot V_2 \cdot 100}{S_2 \cdot M},$$

где C_{cm} – концентрация соответствующего раствора вещества, мг/мл; S_1 – площадь пика вещества в анализируемой пробе, е.о.п.; V_1 – объем элюата после вымывания веществ с концентрирующего патрона, мл; V_2 – общий объем экстракта, мл; M – масса навески, мг (Юрьев и др., 2003; Храмова, Комаревцева, 2008).

Спектрофотометрический метод количественного определения флавонолов

Количественное определение суммы флавонолов проводили по методу В. В. Беликова (1970), в котором использована реакция комплексообразования с хлоридом алюминия.

Точную навеску (около 0,5 г) воздушно-сухого сырья, измельченного и просеянного через сито с отверстиями 1 мм, помещали в колбу вместимостью 100 мл и исчерпывающе экстрагировали 50 % этиловым спиртом, контролируя полноту экстракции реакцией с 5 % раствором NaOH (до исчезновения желтой окраски), далее измеряли объем профильтрованного объединенного экстракта. Затем в мерную пробирку

вносили 0,1 мл экстракта, приливали 0,2 мл 2 % раствора AlCl_3 в 96 % этиловом спирте и доводили объем до 5 мл этанолом такой же концентрации. В контрольном варианте к 0,1 мл экстракта приливали 1-2 капли 30 % уксусной кислоты и доводили объем до 5 мл этиловым спиртом. Растворы перемешивали и через 40 минут измеряли оптическую плотность раствора с хлоридом алюминия на спектрофотометре СФ-26 при 415 нм в кювете с толщиной слоя 1 см, используя для сравнения раствор с кислотой. Суммарное содержание флавонолов в процентах (x, %) от массы воздушно-сухого сырья рассчитывали по формуле:

$$x = \frac{Y \times V_1 \times V_2 \times 100}{M \times V_3 \times 1000000},$$

где Y – содержание флавонолов в 1 мл раствора, найденное по калибровочному графику, построенному по рутину, мкг; V_1 – объем экстракта, мл; V_2 – объем разведения, мл; V_3 – объем, взятый для анализа, мл; M – масса воздушно-сухого сырья, г. Ошибка определения составляет $\pm 0,4$ %.

Спектрофотометрический метод количественного определения катехинов

Точную навеску (0,5 г) сырья экстрагировали 70 % этиловым спиртом (30, 25, 20 мл) трехкратно по 30 мин на водяной бане при температуре кипения спирта. В две пробирки отбирали аликвоту по 0,8 мл экстракта. В одну из них приливали 4 мл 1 % раствора ванилина в концентрированной соляной кислоте и доводили объемы до 5 мл в обеих пробирках концентрированной соляной кислотой. Пробирку без ванилина использовали как контроль. При наличии катехинов образуется розовое, малиновое или оранжево-красное окрашивание. Через 5 минут измеряли интенсивность окрашенных растворов на СФ-26 при длине волны 504 нм в кювете с толщиной слоя 1 см. Количественное содержание катехинов в пробе определяли по калибровочной кривой, построенной по (\pm)-катехину фирмы

«Sigma». Содержание катехинов (% от массы абсолютно сухого сырья) вычисляли по формуле:

$$X = \frac{D \cdot P \cdot V_1 \cdot 5 \cdot 100}{M \cdot (100 - W) \cdot V_2 \cdot 1053},$$

Где D – оптическая плотность испытуемого извлечения, найденное по калибровочному графику, построенному по катехину, мкг; P – разведение; V_1 – объем экстракта, мл; M – масса воздушно сухого сырья, г; W – потеря в массе при высушивании сырья, %; V_2 – объем экстракта, взятый на анализ, мл; 1053 – коэффициент пересчета на (\pm)-катехин = $E^{cm}/\%$ (Кукушкина и др., 2003).

Спектрофотометрическое количественное определение танинов

Точную навеску (2 г) сырья экстрагировали 70 % этиловым спиртом (30, 25, 20 мл) трехкратно по 30 мин на водяной бане при температуре кипения спирта, охлаждали, переносили в мерную колбу на 250 мл и доводили до метки водой. После экстракции часть извлечения (20 мл) центрифугировали в течение 5 мин при 3000 об/мин. 10 мл центрифугата переносили в мерную колбу на 100 мл, добавляли 10 мл 2 % водного раствора аммония молибденовокислого. Содержимое колбы доводили до метки дистиллированной водой, оставляли на 15 мин. Интенсивность образовавшейся окраски измеряли на спектрофотометре СФ-26 при длине волны 420 нм в кювете с толщиной слоя 1 см. Расчет танинов проводили по стандартному образцу. В качестве стандарта использовали ГСО танина. Суммарное содержание танинов (x) в % от массы воздушно-сухого сырья рассчитывали по формуле:

$$x = \frac{Y \times V_1 \times V_2 \times 100}{M \times V_3 \times 1000},$$

где Y – содержание танинов в 1 мл испытуемого раствора, найденное по калибровочному графику, построенному по танину, мг; V_1 – объем экстракта, мл; V_2 – объем разведения, мл; V_3 – объем, взятый для анализа, мл; M – масса воздушно-сухого сырья, г (Федосеева, 2005).

Количественное определение сапонинов весовым методом

Определение содержания сапонинов проводили весовым методом, основанном на образовании хлопьевидного осадка с ацетоном. Измельченные образцы (2 -3 г) экстрагировали на водяной бане при $t = 70^{\circ}\text{C}$ в течение 30 минут последовательно 50, 70, 96 % этиловым спиртом. Объединенный экстракт упаривали в фарфоровых чашечках на водяной бане при 70°C до отсутствия запаха спирта. Водный экстракт помещали в колбу на 100 мл, добавляли семикратный объем ацетона и ставили в холодильник на 18 часов. Выпавший осадок отфильтровывали, высушивали при 70°C , взвешивали и рассчитывали содержание сапонинов в навеске в % от массы абсолютно-сухого сырья (Киселева и др., 1991).

Бескарбазольный спектрофотометрический метод определения пектиновых веществ

Метод основан на получении специфического желто-оранжевого окрашивания уроновых кислот с тимолом в сернокислой среде.

Измельченную навеску сухого материала массой 2-3 г трехкратно экстрагируют горячим этиловым спиртом на кипящей водяной бане с обратным холодильником 20-30 мин для извлечения сахаров, фильтруют через бумажный фильтр в мерную колбу. Фильтр вместе с остатком подсушивают при $t = 50^{\circ}\text{C}$ до удаления спирта (исчезновения его запаха). Остаток вместе с фильтром помещают в колбу и приливают 50 мл H_2O , нагретой до 45°C . При этой температуре экстрагируют водорастворимый пектин на водяной бане в течение 1 часа. Жидкость отфильтровывают в мерную колбу на 100 мл, промывают водой и после охлаждения доводят объем до метки. Для извлечения протопектина остаток после извлечения водой переносят в экстракционную колбу, заливают 50 мл 0,3 н HCl и нагревают полчаса на кипящей водяной бане с обратным холодильником. Фильтруют в мерную колбу на 200 мл и промывают 2-3 раза горячей водой. Фильтр вместе с осадком возвращают в ту же экстракционную колбу, приливают 50 мл 1 % раствора лимоннокислого аммония и ставят на

кипящую водяную баню на полчаса. Фильтруют в мерную колбу, где находится фильтрат солянокислой вытяжки, промывают горячей водой, после охлаждения доводят водой до метки. Перед проведением реакции с карбазолом проводят деметоксилирование. Для этого при комнатной температуре к 10 мл экстракта добавляют 10 мл 0,05 н р-ра NaOH и через полчаса 10 мл 0,05 н раствора HCl. Затем в 3 пробирки берут по 0,5 мл экстракта растворимого пектина или протопектина и при охлаждении приливают по каплям по 3 мл р-ра серной кислоты, затем пробирки нагревают 6 мин на кипящей водяной бане. После охлаждения в две пробирки с экстрактом добавляют по 0,1 мл 0,2 % спиртового раствора тимола и тщательно перемешивают. Появляется интенсивно оранжевая окраска. Измеряют оптическую плотность р-ров при 480 нм на спектрофотометре Agilent 8453. По калибровочной кривой, построенной по галактуроновой кислоте, находят ее содержание (мкг). Определение содержания водорастворимого пектина или протопектина (%) на абсолютно сухое вещество производят по формуле:

$$x = \frac{a \times V_2 \times V \times 100}{M \times V_3 \times V_1 \times (100 - W) \times 10^6},$$

где a – содержание галактуроновой кислоты в пробе, найденное по калибровочной кривой, мкг; M – масса навески, г; V – объем экстракта, мл; V_1 – объем, взятый для разведения, мл; V_2 – объем, полученный после разведения, мл; V_3 – объем пробы, взятой на анализ с тимолом, мл; W – потеря в массе при высушивании сырья, % (Ермаков и др., 1987; Кривенцов, 1989).

Спектрофотометрический метод определения каротиноидов

Сущность методики количественного определения каротиноидов заключается в измерении оптической плотности вытяжки пигментов на спектрофотометре при длине волны, соответствующей максимумам поглощения хлорофиллов a (663 нм) и b (645 нм) и максимуму поглощения

каротиноидов (440,5 нм), с последующим расчетом концентрации каротиноидов.

Навеску 10 г гомогената, в которую добавлен углекислый кальций для нейтрализации кислот, переносят в широкогорлую коническую колбу емкостью 200 мл, добавляют 3-5 мл N,N¹-диметилформамида, встряхивают и прибавляют 10 г безводного сульфата натрия, перемешивают и оставляют на 10 мин. Экстракцию каротиноидов ведут ацетоном сначала порцией в 40 мл, а затем дважды по 10 мл. После этого экстракцию проводят этанолом, а затем исчерпывающе каротиноиды извлекают ацетоном. Объединенные вытяжки переносят в мерный цилиндр, измеряют объем вытяжки. Далее экстракты разбавляют ацетоном так, чтобы при измерении на спектрофотометре величина оптической плотности разбавленных растворов находилась в пределах от 0,1 до 0,8, и измеряют оптическую плотность вытяжки пигментов на спектрофотометре Agilent 8453. Расчет концентрации пигментов (мг/дм³) проводят по формулам:

$$C_{\alpha} + C_{\beta} = 5,134D_{622} + 20,436D_{644};$$

$$C_{\text{кар}} = 4,695D_{440,5} - 0,268(C_{\alpha} + C_{\beta}),$$

Где C_{α} – концентрация хлорофилла α , мг/дм³; C_{β} – концентрация хлорофилла β , мг/дм³; $C_{\text{кар}}$ – концентрация каротиноидов, мг/дм³.

Содержание пигментов (мг/100г) находят по формуле

$$x = \frac{C \times V \times V_2 \times 100}{M \times V_1 \times 1000},$$

где C – концентрация пигмента, мг/дм³, V – объем исходной вытяжки, мл; V_2 – объем исходной вытяжки, взятой для разбавления, мл; V_1 – объем разбавленной вытяжки, мл; M – масса навески (Ермаков и др., 1987).

Количественное определение химических элементов методом атомно-абсорбционной спектрометрии

Определение общего количества химических элементов проводили после сухого озоления методом атомно-абсорбционной спектрометрии (прибор Квант-2А). Калибровку приборов и контроль точности измерения

концентрации химических элементов выполняли по аттестованным значениям их массовой доли в государственном стандартном образце состава травяной муки злаковой (гранулированной) (ТМЗг-01) №10-176-2011. Относительная погрешность количественного определения элементов в пробах находилась в пределах 10 %.

Содержание общей золы анализировали по общепринятой методике (Государственная фармакопея ..., 1987). Содержание химических элементов приведено в пересчете на воздушно-сухие образцы. Все анализы выполнены в трех аналитических повторностях.

Измерение антиоксидантной активности

Для определения суммарного содержания антиоксидантов фенольного типа использовали оперативный амперометрический метод (Яшин и др., 2005). Измерения проводили на приборе «Цвет Яуза-01-АА» разработки НПО «Химавтоматика». Сущность данного метода заключается в измерении электрического тока, возникающего при окислении исследуемого вещества (или смеси веществ) на поверхности рабочего электрода при постоянном потенциале 1,3 В. При этом происходит окисление только -ОН природных антиоксидантов фенольного типа.

Для анализа использовали водно-спиртовые экстракты растений.

Перед измерением строили градуировочную кривую зависимости сигнала образца сравнения (галловой кислоты) от его концентрации. С помощью полученной градуировки сравнивали сигналы от исследуемого экстракта с сигналами галловой кислоты. Время измерения одного образца составляет 10-15 мин. Концентрацию подбирали в процессе измерения. За результат принимали среднее из данных трех параллельных определений по каждому показателю.

Исследования антимикробного действия против *Candida albicans* было проведено к.б.н. И. С. Андреевой на базе лаборатории микробиологии окружающей среды и коллекции бактерий, бактериофагов и грибов ГНЦ вирусологии и биотехнологии «Вектор», Кольцово, Новосибирская область.

Исследование эффективности экстрактов при лечении гингивита проводилось врачом стоматологом высшей категории, к.м.н. С. М. Кирюшкиной на базе ГБУЗ НСО «Клиническая стоматологическая поликлиника № 3» (приложение 1).

2.3. Методы математической обработки результатов

Математическую обработку результатов измерений проводили в программе Excel и пакете Statistica (v.6.0.) с учетом общепринятых методических указаний по биологической статистике (Зайцев, 1991). При изучении индивидуальной изменчивости для каждого признака определяли минимальное и максимальное значение, среднее арифметическое значение ($X_{cp.}$), его ошибку (M_x), коэффициент вариации ($V, \%$).

Для изучения сходства популяций применяли факторный анализ методом главных компонент.

Для определения сходства между видами использовали кластерный анализ. Дендрограммы строили «методом Уорда» (Ward`s method), в качестве меры сходства применяли «Евклидово расстояние» (Euclidean distances).

Для сравнения пары видов с точки зрения хроматографического сходства использовали метод парных коэффициентов сходства. Полученное по формуле значение, выраженное в %, является парным коэффициентом сходства (ПС) для видов А и Б:

$$ПС = \frac{\text{Компоненты, общие для видов А и Б}}{\text{Общее число компонентов в А + Б}} \times 100\%$$

ПС вычисляется для каждой пары исследованных видов. Значение ПС для вида по отношению к самому себе равно 100% (Ellison, et al., 1962; Suresh, Vijoy, 2003).

Глава 3. БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА И ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *BISTORTA*

3.1. Химический состав растений рода *Bistorta* (обзор литературы)

Степень химической изученности видов рода *Bistorta* невысока. Большинство исследований посвящено двум видам – *B. officinalis* и *B. vivipara*. Опубликован краткий обзор по фитохимии и фармакологии *B. officinalis* (Adiba, Tabarak, 2013).

В связи с применением в лечебных целях преимущественно подземной части растений *B. officinalis* она исследована более детально. Содержание гидролизуемых дубильных веществ в корневищах варьирует от 8,3 до 36,0 % (Растительные ресурсы..., 1985). Катехины корневищ представлены (+)-катехином, (-)-катехином, (-)-эпикатехином, 7-О-β-D-глюкопиранозидом (+)-катехина, 5-О-β-D-глюкопиранозидом (+)-катехина, 5-О-β-D-глюкопиранозидом (-)-эпикатехина (Gstirner, Normann, 1953; Gstirner, Korf, 1966; Xiao et al., 2003). Из 10 кг высушенных корней *B. officinalis* было выделено 15 мг фенилпропаноид-замещенного катехина, его структура была доказана ЯМР-спектроскопией (Liu et al., 2006).

Приводятся данные о составе и содержании фенолкарбоновых кислот и их производных в различных органах *B. officinalis*. В корневище содержатся кофейная, протокатеховая, галловая, эллаговая, 2,6-дигидроксibenзойная, 3,4-дигидроксibenзойная, хлорогеновая кислоты, 6-галлоилглюкоза и 3,6-дигаллоилглюкоза, в листьях – протокатеховая, кофейная, хлорогеновая и синаповая кислоты; для растения в целом указаны кофейная и феруловая кислоты (Растительные ресурсы России..., 2008; Hörhammer, Scherm, 1955; Bate-Smith, 1962; Gstirner, Korf, 1966; Ahn et al., 1999; Smolarz, 2000; Sawicka et al., 2002; Xiao et al., 2003). В хлороформном экстракте *B. officinalis* хромато-масс-спектрометрическим методом были обнаружены: 4-гидроксibenзойная, 4-гидрокси-3-метоксibenзойная, 4-гидрокси-3-метоксикоричная, 4-гидроксикоричная, 3,4-дигидроксикоричная кислоты и их метиловые эфиры (Smolarz, 2001). По данным Н. D. Smolarz (2000) в

надземной части *B. officinalis* содержится 53,3 мкг/г кислот, в корневище – 14,1 мкг/г; преобладает феруловая кислота (21,0 мкг/г). Из органических кислот найдена янтарная кислота (Liu et al., 2004).

Новое, родственное танину, соединение под названием бистортазид А – 4-О-β-D-(6'-О-3"-метил-галлоил)-глюкопиранозид-3-метил-галловая кислота и известное соединение 3-О-β-D-глюкопиранозид кверцетина были выделены из корневищ *B. officinalis* (Liu et al., 2006).

Н. D. Smolarz (2002) идентифицировала в корневище *B. officinalis* флавоноловые гликозиды рутин, гиперин, изокверцитрин, 7-О-глюкозид лютеолина, 8-С-глюкозид лютеолина (ориентин) и 6-С-глюкозид апигенина (изовитексин). Из корневищ китайских растений этого вида выделены два ранее не известных флавонола – 2,3',4',4,6-пентагидрооксифлавонол и 2,5',6-тригидрокси-4,2'-диметоксифлавонол, которые обладают коагулянтным действием, вследствие чего подземная часть растений может быть использована в медицине и фармации как нетоксичный природный источник коагулянтов (Partovi, Zabihi, 2012).

В корневище обнаружены также тритерпеноиды циклоартанового типа 24(*E*)-этилиденциклоартанон и 24(*E*)-этилиденциклоартан-3-α-ол и ранее известные циклоартан-3,2,4-дион, 24-метиленциклоартанон, фриделин, 3-β-фриделинол, фриделанол, а также стероиды 5-глютинен-3-он, γ-ситостерин, β-ситостерин и стигмаст-5-ен-3-он. Фриделин и стигмаст-5-ен-3-он доложены для *B. officinalis* впервые (Dowiejua et al., 1999; Monoharan et al., 2005). Из подземных органов выделены 7 соединений, включая тритерпеноиды, кумарин и стероид (Sun et al., 2007), и перстильбен (3,5-метокси-2-гидрокси-Е-стильбен) (Smolarz, Matysik, 2001).

Кумарины найдены и в подземных органах и в надземной части растений: умбеллиферон – во всех органах, скополетин – только в корневище (Чекалинская, Володько, 1966; Пименов, 1971; Choi, Kwon, Kim, 2000).

Флавоноиды являются одной из основных групп веществ комплекса фенольных соединений надземной части *B. officinalis*. Представлены они, в

основном, флавонолами. В период массового цветения отмечается пик накопления флавонолов, при этом диапазон изменчивости их содержания составляет 1,1 % - 5,6 % (в цветках) и 0,7 % - 5,1 % (в листьях). Растения, произрастающие в Горном Алтае в условиях повышенной инсоляции на высоте 1500 – 2000 м над у. м. и выше, содержат флавоноидов больше, чем растения луговых сообществ, расположенных в равнинной местности (Васильева, Высочина, 2010). По данным И. И. Чекалинской и Т. Б. Володько (1966) содержание флавоноидов в листьях *B. officinalis* в период начала плодообразования растений составляет 7,8 %, в стеблях – 6,5 %, в соцветиях – 14,1 % (на массу абсолютно сухого сырья).

В составе агликонов обнаружены флавонолы кверцетин и кемпферол (Соболевская, Высочина, 1965; Высочина, 2004). Методами высокоэффективной жидкостной хроматографии в гидролизатах водно-спиртовых экстрактов из надземной части также обнаружены кверцетин и кемпферол. Основным агликоном является кверцетин (Васильева, Высочина, 2010). Н. D. Smolarz (2002), кроме вышеназванных компонентов, обнаружила в надземной части *B. officinalis* свободные агликоны таксифолин, лютеолин, кверцетин-3-метиловый эфир и рамнетин. Ею отмечено, что основным агликоном является кверцетин.

Из 10 гликозидов *B. officinalis*, выявленных хроматографией на бумаге, были выделены кверцитрин, авикулярин и 5-O- β -D-глюкопиранозид кверцетина (Высочина, 2004; Ahn et al., 1999; Lui et al., 2004). Н. D. Smolarz (2002a) методами ВЭЖХ идентифицировала в надземной части 7 флавонолгликозидов: рутин, гиперин, кверцитрин, изокверцитрин, миквелианин (3-O- β -глюкуронид кверцетина), спиреозид (1'-O- β -глюкозид кверцетина) и астрагалин. В цветках обнаружены антоцианы: цианидин, дельфинидин и неизвестный антоцианидин (Высочина, 1976; Yoshitama et al., 1987).

Содержание дубильных веществ в листьях растений варьирует от 5,0 до 17,5 % (Растительные ресурсы СССР..., 1985).

Из корневищ *B. officinalis* препаративной ВЭЖХ выделили и идентифицировали соединения, обладающие противоопухолевой активностью, среди них фенольные соединения: галловая, протокатеховая, п-оксибензойная, хлорогеновая, ванилиновая, сиреневая кислоты, пирогаллол, гидрохинон, катехол, 2,6-диметоксифенол, 4-метилкатехол и жирные кислоты – миристиновая, пальмитиновая и линолевая (Intisar et al., 2013). В составе биологически активных веществ отмечены галловая и хлорогеновая кислоты, катехин; содержание галловой кислоты в корневищах в среднем составляет 0,50 %, хлорогеновой кислоты - 0,86 %, катехина - 0,77 %. Доказано, что за противовоспалительное действие корневищ *B. officinalis* ответственны два активных вещества – 5-глютинен-3-он и фриделанол (Duwiejua et al., 1999).

Второй вид рода *Bistorta*, широко распространенный в северном полушарии – *Bistorta vivipara* (L.) Delarbre, змеевик живородящий, горец живородящий. В корневищах *B. vivipara* большое количество дубильных веществ (8-19 %). В надземной части – витамин С, каротин (Растительные ресурсы..., 1985). Выделены два компонента из класса стероидов: β -ситостерин (Gue et al., 2003) и даукостерин (из плодов) (Zhang, Li, Hu, 2005). В надземной части растений *B. vivipara* обнаружены фенолкарбоновые кислоты: феруловая (Gue et al., 2003), кофейная и хлорогеновая (Hörhammer, Sherm, 1955), галловая (в плодах) (Zhang, Li, Hu, 2005).

Большое внимание исследователи уделяли флавоноидам *B. vivipara*. М. К. Кукунов (1969) в растениях из горных районов Казахстана обнаружил 2,9 - 7,5 % флавоноидов. Растения из регионов Сибири накапливают более 5,0 % флавоноидов, при этом диапазон изменчивости их содержания в период массового цветения растений составляет 1,2 % - 5,6 % (в цветках), 1,7 % - 5,0 % (в листьях). Количество веществ в конце цветения снижается до 2,8 % (в цветках) и до 4,2 % (в листьях) (Высочина, Воронкова, 2012). Агликоновый состав флавоноидов (флавонолов) представлен кемпферолом, кверцетином и мирицетином (Соболевская, Высочина, 1965; Кукунов, 1970;

Высочина, 1976). В гидролизатах водно-спиртовых экстрактов органов надземной части *B. vivipara* методами ВЭЖХ также обнаружены эти три агликона. Основным агликоном змеевика живородящего является кверцетин (до 5,8 % в цветках, 6,8 % в листьях) (Высочина, Воронкова, 2012).

Из надземной части растений *B. vivipara* были выделены: изорамнетин, 5,8,2-тригидрокси-5-метоксифлавонон, 3-О-2-*L*-рамнозид кверцетина, 3-О- β -*D*-глюкозид кверцетина, 3-О- β -*D*-глюкозид кемпферола, 5-О- β -*D*-глюкозид кверцетина, 7-О- β -*D*-глюкозид апигенина, 7-О- β -*D*-рутинозид 5-гидрокси-4-метоксифлавонона. Их структура была доказана спектроскопическими и химическими методами (Que et al., 2003; Zhang C. et al., 2005). Выделены также два флавоновых гликозида: 3-О- β -*D*-ксилопиранозид 5,4'-диметокси-6,7-метилendioксифлавонон (вивипарум А) и 3-О- β -*D*-ксилопиранозид 3'-гидрокси-5,4'-диметокси-6,7-метилendioксифлавонон (вивипарум В). Их строение установлено с помощью ИК-, УФ-, ПМР-, ^{13}C ЯМР- и масс-спектров (Zheng et al., 2001).

В составе летучих выделений обнаружено 58 соединений. Основными компонентами являются терпеновые соединения (20,84 %). Найдены также эфиры (9,43 %), гетероциклические соединения, альдегиды, алкены и алканы (Li et al., 1999).

Основными флавоноидами растений сибирских и дальневосточных видов – *B. abbreviata*, *B. alopecuroides*, *B. elliptica* (syn. *Polygonum attenuatum* V. Petrov ex Kom.), *B. manshuriensis*, *B. pacifica* и кавказского вида *B. carnea* Kom. (*Polygonum bistorta* L. ssp. *carneum* (C. Koch) Coode & Cullen) являются флавоноловые гликозиды на основе кемпферола и кверцетина и антоциан цианидин (Высочина, 1976, 2004). В традиционной медицине они обычно используются местным населением так же, как широко распространенные виды *B. officinalis* и *B. vivipara*.

Растения *Bistorta carnea* были отмечены в списке видов, содержащих в вегетативных и генеративных органах более 5 % флавоноидов (Жибоедов и др., 2003). В составе флавоноидов его надземных органов обнаружены 3-О-

D-глюкуронопиранозид кверцетина, 3-O-L-рамнопиранозид кверцетина, 3-O-D-галактопиранозид кверцетина, 3-O-L-рамнопиранозид кемпферола и катехин). В эфирном масле, выделенном из цветков *Bistorta carnea*, основной группой соединений являются углеводороды – 54,5 %, среди них: трикозан (21,3 %), гексакозан (14,0 %), пальмитиновая кислота (13,2 %), генейкозан (7,7 %), лавандулол (6,1 %); терпеноиды содержатся в меньшем количестве – 14 % (Demirezer L.O. et al., 2000).

Из листьев *Bistorta affinis* (D. Don) Greene (Syn. *Polygonum affine* D. Don, *Persicaria affinis* (D. Don) Ronse Decr.) выделены флавонолы кверцетин и изорамнетин и флавоновые C-гликозиды 6-C- β -D-глюкопиранозид лютеолина, 8-C- β -D-глюкопиранозид лютеолина, 6- β -D-глюкопиранозид апигенина, 8-C- β -D-глюкопиранозид апигенина, 6-C- β -D-глюкопиранозид апигенина и 8-C- β -D-глюкопиранозид трицетина (Tandon et al., 1991).

Корейские ученые S. W. Chang с соавторами (2010) из надземной части растений *B. manshuriensis*, традиционно используемых в Корее при диарее, выделили цереброзид, соя-цереброзид, птеролактам, 5-гидроксипиролидин-2-он, ванильную, протокатеховую, кофейную кислоты, метиловые эфиры кофейной, хлорогеновой и 3,5-ди-O-кафеилхинной кислот, авикулярин, кверцетин, кверцитрин, изокверцитрин, кверцетин-3-O- β -D-глюкозид, лютеолин, афзелин, а позднее К. Н. Kim с соавторами (2010) – два новых вещества, производных феруловой кислоты и сахарозы, бисторозид А и бисторозид В вместе с тремя известными соединениями – хелониозидом А, хелониозидом В и смилазидом. Структура бисторозида А была доказана как (3,6-ди-O-Z-ферулоил)- β -D-фруктофуранозил-(1 \rightarrow 2)- α -D-глюкопиранозид, а бисторозида В как (3,6-ди-O-Z-ферулоил)- β -D-фруктофуранозил-(1 \rightarrow 2)-(6'-O-ацетил)- α -D-глюкопиранозид.

В заключение следует отметить, что растения рода *Bistorta* содержат комплекс биологически активных веществ и представляют собой резерв лечебных средств разной направленности действия. Сведений о химическом составе и содержании фенольных соединений в растениях этого рода явно

недостаточно, особенно для той части его ареала, которая расположена на территории Сибири.

3.2. Содержание основных групп БАВ в органах растений рода *Bistorta*

Изучено содержание биологически активных веществ в экстрактах растений 8 азиатских видов рода *Bistorta* из различных популяций. Характеристика исследованных образцов представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Образцы растений видов рода *Bistorta*, исследованные на содержание БАВ

Вид	Место и время сбора
<i>B. attenuata</i>	г. Новосибирск, экспериментальный участок ЦСБС СО РАН. 05.07.1013 г.
	Иркутская обл., Ольхонский р-н, побережье Малого моря Байкала, пос. Курма, влажный луг. 26.06.1012 г.
	Иркутская обл., Ольхонский р-н, побережье Малого моря Байкала, пос. Сарма, влажный луг. 25.06.1012 г.
<i>B. alopecuroides</i>	Окрестности г. Благовещенска, 10-11 км Ново-Троицкого шоссе. 19.07.2013 г.
<i>B. manshuriensis</i>	Амурская обл., Бурейский р-н, правый берег р. Бурей, 15 км на север от пос. Прогресс, 92 м над у. м. 17.06.2010 г.
<i>B. elliptica</i>	Приморский край, Чугуевский район, верховья реки Уссури, у вершины горы Снежная (1654 м н.у. моря), исток р. Уссури, каменистые россыпи (на гольцах). 14.07.2011 г.
	Магаданская обл., Хасынский р-н, верховья р. Малтан, в 3 км выше р. Хета, пойменный лиственничник. 13.07.2012 г.
	Магаданская обл., Ольский р-н, 18 км Арманской трассы, ерник разнотравно-кустарниковый с лиственницей. 19.08.2014 г.
<i>B. pacifica</i>	Приморский край, Хасанский р-н, окрестности с. Кравцовка, на склоне сопки по правому берегу реки Грязная. 7.07.2011 г.
<i>B. plumosa</i>	Магаданская обл., Тенькинский р-н, верховья р. Нелькоба, окр. оз. Синяя Оризона, кустарничковая горная тундра по берегу. 10.07.2014 г.
<i>B. vivipara</i>	Иркутская обл., Ольхонский р-н, побережье Малого моря оз. Байкал, пос. Курма, влажный луг. 26.06.1012 г.
<i>B. officinalis</i>	г. Новосибирск, экспериментальный участок ЦСБС СО РАН. 2014 г.

Виды рода *Bistorta* отличаются высоким содержанием БАВ: флавонолов, катехинов, танинов (гидролизуемых дубильных веществ), пектиновых веществ (пектинов и протопектинов), сапонинов (тритерпеновых) и каротиноидов. Содержание основных групп БАВ в листьях и соцветиях различно, в цветках отмечено более высокое содержание катехинов, флавонолов, сапонинов, чем в листьях. Танины, пектины, протопектины и каротиноиды преобладают в листьях (таблица 3).

Таблица 3 – Биологически активные вещества растений рода *Bistorta* из различных популяций (% от абсолютно сухой массы)

Образец	Орган растения	Флавонолы	Катехины	Танины	Пектины	Протопектины	Сапонины	Каротиноиды мг%
<i>B. attenuata</i> г. Новосибирск	листья	2,85	0,30	14,58	1,31	3,63	17,41	224,42
	соцветия	4,54	0,65	12,11	0,54	2,37	10,96	21,89
<i>B. attenuata</i> Иркутская обл., пос. Курма	листья	4,78	0,26	22,78	1,33	4,44	13,77	100,89
	соцветия	9,49	0,65	20,10	0,64	3,29	15,72	12,29
	корневище	-	0,44	1,34	2,16	4,19	24,40	-
<i>B. attenuata</i> Иркутская обл., пос. Сарма	листья	6,74	0,44	21,89	1,20	2,85	14,60	120,39
	соцветия	9,08	0,57	20,61	0,75	2,09	21,23	13,37
	корневище	-	0,53	1,69	2,20	5,14	17,95	-
<i>B. alopecuroides</i> г. Благовещенск	листья	3,09	0,21	16,73	1,52	6,91	10,30	89,47
	корневище	-	2,10	5,43	1,53	4,89	17,39	-
<i>B. manshurensis</i> Амурская обл., пос. Прогресс	листья	2,98	0,19	13,96	2,62	7,54	12,58	52,44
	соцветия	4,32	0,70	11,25	0,64	4,49	4,43	8,67
	корневище	-	2,50	9,23	5,35	4,07	14,41	-
<i>B. elliptica</i> Приморский край, Чугуевский р-н.	листья	3,26	0,47	15,79	0,52	6,14	8,90	109,17
	соцветия	3,94	1,89	11,45	0,84	3,64	9,91	11,39

<i>B. elliptica</i> Магадан. обл., Хасынский р-н.	листья	6,89	0,69	30,26	1,37	7,18	1,59	176,66
	соцветия	6,90	2,76	20,03	1,05	5,41	7,07	15,39
	корневище	-	2,04	9,55	1,23	18,91	21,86	5,87
<i>B. elliptica</i> Магаданская обл., Ольский р-н.	листья	3,92	0,31	16,32	2,71	3,29	11,00	65,71
<i>B. pacifica</i> Приморский край, Хасанский р-н.	листья	1,90	0,20	10,35	0,74	7,51	1,55	126,00
	соцветия	3,37	0,91	7,82	0,21	3,52	15,74	13,13
<i>B. plumosa</i> Магаданская обл., Тенькинский р-н	листья	7,08	0,60	26,42	1,25	8,16	10,23	157,08
	соцветия	10,88	4,08	28,62	2,35	9,29	2,70	20,12
	корневище	-	7,96	20,13	2,25	11,47	0,28	7,05
<i>B. vivipara</i> Иркутская обл., пос. Курма	листья	7,33	0,45	18,72	0,75	5,07	7,98	122,63
	соцветия	3,62	1,57	21,67	0,91	4,55	22,79	17,62
	корневище	-	0,91	3,40	1,95	0,87	14,87	-
<i>B. officinalis</i> г. Новосибирск	листья	6,76	0,65	33,39	0,81	7,82	5,21	111,15
	соцветия	9,52	4,82	30,06	0,73	5,38	0,41	12,31
	корневище (12.06.2014 г)	-	13,75	32,64	0,78	7,85	9,44	23,74
	корневище (05.09.2014 г)	-	6,33	16,83	1,69	10,56	12,13	6,05

Примечание: знак «-» означает отсутствие веществ

Максимальное количество флавонолов отмечено в соцветиях растений *B. plumosa* – 10,88 % и *B. officinalis* – 9,52 %. В соцветиях *B. attenuata* из поселков Курма и Сарма Иркутской области также обнаружено высокое содержание флавонолов – 9,49 % и 9,08 %, соответственно. В соцветиях интродуцированных растений этого вида, высаженных корневищами из популяции пос. Курма на экспериментальный участок ЦСБС, флавонолов значительно меньше – 4,54 %. В соцветиях других видов содержится не менее 3,37 % флавонолов. В листьях флавонолов меньше, чем в цветках, и только содержание флавонолов в листьях *B. vivipara* – 7,33 % – превышает их

содержание в соцветиях (3,62 %). В целом, в листьях исследованных видов содержится не менее 1,90 % флавонолов. В корневищах растений, собранных во время цветения, флавонолов не обнаружено.

Флавонолы и флавоны обладают рядом полезных человеку свойств и вызывают большой интерес для медицины. Известна их Р-витаминная, антиоксидантная, противовирусная, противовоспалительная, противоопухолевая, нейропротекторная и гепатопротекторная активность (Ahmad at al., 2006).

Максимальное количество катехинов обнаружено в корневищах *B. officinalis* – 13,75 % во время цветения растений и 6,33 % в осенних корневищах. Высоким содержанием катехинов отличается также *B. plumosa* – 7,96 %. Содержание катехинов в остальных образцах корневищ не превышает 2,50 % (*B. manshurensis*). Наибольшее количество катехинов в соцветиях отмечено в растениях *B. officinalis* – 4,82 % и *B. plumosa* – 4,08 %. В листьях катехинов значительно меньше, их содержание колеблется в пределах 0,19 % - 2,47 %. Количество катехинов в органах *B. attenuata* из природных популяций Иркутской области и в интродуцированных растениях практически не отличается.

Вследствие высокого содержания катехинов отмеченные растения представляют интерес для медицины. Катехины обладают гепатопротекторным действием, укрепляют стенки кровеносных капилляров, способствуют усвоению аскорбиновой кислоты, участвуют в антиканцерогенной защите. (+)-Катехин применяется в медицине при лечении вирусного гепатита и заболеваний кровеносной системы (Семенов, Карцев, 2009).

В листьях и соцветиях изученных растений отмечено высокое содержание танинов. Наибольшим количеством танинов в листьях отличаются растения *B. officinalis* – 33,39 %, *B. elliptica* из Магаданской области Хасынского района – 30,26 % и *B. plumosa* – 26,42 %. Растения *B. attenuata* из природных популяций Иркутской области также содержат

большое количество танинов – 22,78 % в листьях растений из пос. Курма и 21,89 % – из пос. Сарма. Соцветия *B. officinalis* и *B. plumosa* накапливают максимальное количество танинов – 30,06 % и 28,62 %, соответственно. Высоким содержанием танинов в соцветиях отличаются также растения *B. attenuata* из пос. Курма – 20,10 % и пос. Сарма 20,61 % и *B. elliptica* из Хасынского района Магаданской области – 20,03 %. Интродуцированные растения *B. attenuata*, в отличие от образцов из природной популяции, характеризуются меньшим содержанием танинов – 14,58 % в листьях и 12,11 % в соцветиях. В корневищах цветущих растений всех видов танинов меньше, чем в листьях и соцветиях, за исключением *B. officinalis* (32,64 %).

Танины обладают вяжущими, кровоостанавливающими, противовоспалительными и бактерицидными свойствами (Семенов, Карцев, 2009).

Максимальное количество протопектинов содержится в корневищах *B. elliptica* – 18,91 %, *B. plumosa* – 11,47 % и в осенних корневищах *B. officinalis* – 10,56 %. Во всех остальных образцах содержание протопектинов в корневищах значительно меньше – не более 7,85 %. Содержание протопектинов в листьях достигает 8,16 % в *B. plumosa*, 7,82 % – в *B. officinalis*, 7,54 % – в *B. manshuriensis* и 7,51 % – в *B. pacifica*. Содержание протопектинов в соцветиях ниже, чем в листьях, только соцветия *B. plumosa* накапливают 9,29 % протопектинов. Наибольшее содержание пектинов в корневищах *B. manshuriensis* – 5,35 %. Пектинов в надземных органах изученных видов значительно меньше, чем протопектинов, максимум содержания пектинов – 2,71 % в листьях *B. elliptica* из Магаданской области Ольского района и 2,62 % в листьях *B. manshuriensis*.

Пектиновые вещества находят широкое применение в медицине: выводят из организма холестерин, токсины, соли тяжелых металлов и радионуклиды, оказывают бактерицидное действие на болезнетворные бактерии (Криштанова и др., 2003).

Наибольшее количество сапонинов накапливают корневища растений *B. attenuata* из пос. Курма Иркутской области - 24,40 %. В соцветиях максимум отмечен у растений из Иркутской области – *B. vivipara* (пос. Курма) – 22,79 % и *B. attenuata* (пос. Сарма) – 21,23 %. Листья содержат до 17,41 % сапонинов – в интродуцированных растениях *B. attenuata*.

Большое практическое значение имеют противовоспалительные, седативные и адаптогенные свойства сапонинов (Семенов, Карцев, 2009).

Наибольшее количество каротиноидов отмечено в надземных органах интродуцированных растений *B. attenuata*: в листьях – 224,42 мг% и в соцветиях – 21,89 мг%. В листьях всех изученных растений содержание каротиноидов больше, чем в соцветиях. В корневищах *B. attenuata*, *B. alopecuroides* и *B. manshuriensis* каротиноидов не обнаружено. Максимальное количество каротиноидов в корневищах содержится в цветущих растениях *B. officinalis* – 23,74 мг%.

Каротиноиды проявляют А-провитаминную и антиоксидантную активность (Семенов, Карцев, 2009).

Таким образом, изученные виды растений отличаются высоким содержанием флавонолов, катехинов, танинов, каротиноидов, протопектинов и сапонинов. Листья накапливают до 7,33 % флавонолов, 33,39 % танинов, 224,42 мг% каротиноидов, 17,42 % сапонинов, соцветия – до 10,88 % флавонолов, 30,06 % танинов и 21,23 % сапонинов. В листьях содержится больше танинов и каротиноидов, а в соцветиях флавонолов и катехинов. Высокое содержание катехинов и танинов обнаружено в корневищах цветущих растений *B. officinalis* – 13,75 % и 32,64 %, соответственно. Интродуцированные растения *B. attenuata* накапливают меньше флавонолов и танинов по сравнению с растениями из природных популяций, а содержание катехинов остается на одном уровне. Листья всех изученных видов могут служить источником каротиноидов. Надземная часть растений рода *Bistorta*, собранных во время цветения, может служить источником флавонолов и танинов, а корневища *B. officinalis* – катехинов и танинов.

3.3. Исследование фенольных соединений (флавонолов, флавонов и фенолкарбоновых кислот) методом ВЭЖХ

Методом ВЭЖХ изучены состав и содержание фенольных соединений 8 видов рода *Bistorta*. Для исследования были использованы следующие образцы (таблица 4).

Таблица 4 – Образцы растений видов рода *Bistorta*, использованные в анализе ВЭЖХ

Вид	Место и время сбора
<i>B. attenuata</i>	Иркутская обл., Ольхонский р-н, побережье Малого моря Байкала, пос. Курма, влажный луг. 26.06.1012 г.
<i>B. alopecuroides</i>	Республика Бурятия, Закаменский р-н, окр. пос. Баянгола, правый берег р. Сангина, лиственный лес (горельник), 1140 м над у. м. 16.07.2009 г.
<i>B. manshurensis</i>	Амурская обл., Бурейский р-н, правый берег реки Бурей, 500 м ниже плотины ГЭС, каменистые выходы породы, сопочник, березово-еловый лес. 15.06.2010 г.
<i>B. elliptica</i>	Приморский край, Чугуевский р-н, верховья реки Уссури, у вершины горы Снежная (1654 м н. у. моря), каменистые россыпи (на гольцах). 14.07.2011 г.
<i>B. pacifica</i>	Приморский край, Хасанский р-н, окрестности с. Кравцовка, на склоне сопки по правому берегу реки. 7.07.2011 г.
<i>B. plumosa</i>	Северо-Эвенский р-н, бассейн р. Омолон, верховье р. Кегали, сырая горная тундра. 30.07.2014 г.
<i>B. vivipara</i>	Иркутская обл., Ольхонский р-н, побережье Малого моря Байкала, пос. Курма, влажный луг. 26.06.1012 г.
<i>B. officinalis</i>	Красноярский край, Курагинский р-н, Восточный Саян, хр. Крыжина, междуречье р. Кизир и р. Казыр (верховье), разнотравно-горцевый луг, 1411 м над у. м. 20.07.2009 г.

В составе фенольных соединений, обнаруженных после гидролиза водно-спиртовых экстрактов из надземной части растений, содержатся флавоноловые агликоны, флавоновый агликон, С-гликозиды и фенолкарбоновые кислоты. Сопоставление времен удерживания сигналов веществ на хроматограммах анализируемых образцов с временами удерживания сигналов стандартных образцов и спектров позволило идентифицировать флавонолы кемпферол (1 -ОН группа в кольце В),

кверцетин (2 -ОН группы в кольце В) и мирицетин (3 -ОН группы в кольце В), флавоноид лютеолин, не гидролизующиеся в наших условиях С-гликозиды апигенин, витексин и изовитексин, фенолкарбоновые кислоты хлорогеновую, кофейную, синаповую, и п-оксибензойную (таблица 5).

Таблица 5 – Характеристика фенольных соединений, обнаруженных в гидролизатах экстрактов листьев и соцветий растений рода *Bistorta*

№ пика	Соединение	Время удерживания, мин	Спектральная характеристика, λ_{max} , нм
1	хлорогеновая кислота	6,8	244, 300 пл., 328
2	п-оксибензойная кислота	7,4	207, 253
3	кофейная кислота	8,5	220, 240, 330
4	-	11,6	
5	-	12,8	252, 269 пл., 352
6	-	13,3	
7	синаповая кислота	13,9	225 пл., 235, 322
8	витексин	14,4	270, 296 пл., 336
9	изовитексин	15,6	255, 357
10	-	16,3	
11	-	16,9	
12	мирицетин	18,5	256, 378
13	-	18,8	
14	-	19,1	
15	-	20,6	
16	-	22,0	
17	кверцетин	22,0	258, 370
18	лютеолин	24,1	256, 268, 350
19	кемпферол	25,3	257, 373
20	-	26,3	255, 375

Примечание: знак «-» означает, что соединение не идентифицировано.

Кверцетин, кемпферол, изовитексин, хлорогеновая и кофейная кислоты присутствуют в надземных органах всех изученных видов рода *Bistorta*. В листьях двух видов *B. officinalis* и *B. plumosa* не обнаружен лютеолин, он встречается в цветках *B. manshuriensis*, *B. elliptica* и *B. pacifica* (рисунок 9). Витексин найден в листьях *B. pacifica*, *B. manshuriensis*, *B. attenuata* и *B. vivipara* и в цветках *B. officinalis*, *B. manshuriensis*, *B. elliptica* и *B. alopecuroides*. В листьях трех видов – *B. pacifica*, *B. attenuata* и *B. plumosa* – найдена п-оксибензойная кислота. Синаповая кислота обнаружена в листьях

B. officinalis, *B. manshuriensis*, *B. attenuata*, *B. plumosa*, *B. vivipara* и в цветках *B. officinalis*, *B. plumosa* и *B. vivipara*. Мирицетин присутствует только в листьях и цветках *B. vivipara*. Это значительное отличие агликонового состава *B. vivipara* подтверждает правомерность его выделения в отдельную секцию на основании морфологических признаков (Цвелев, 1989).

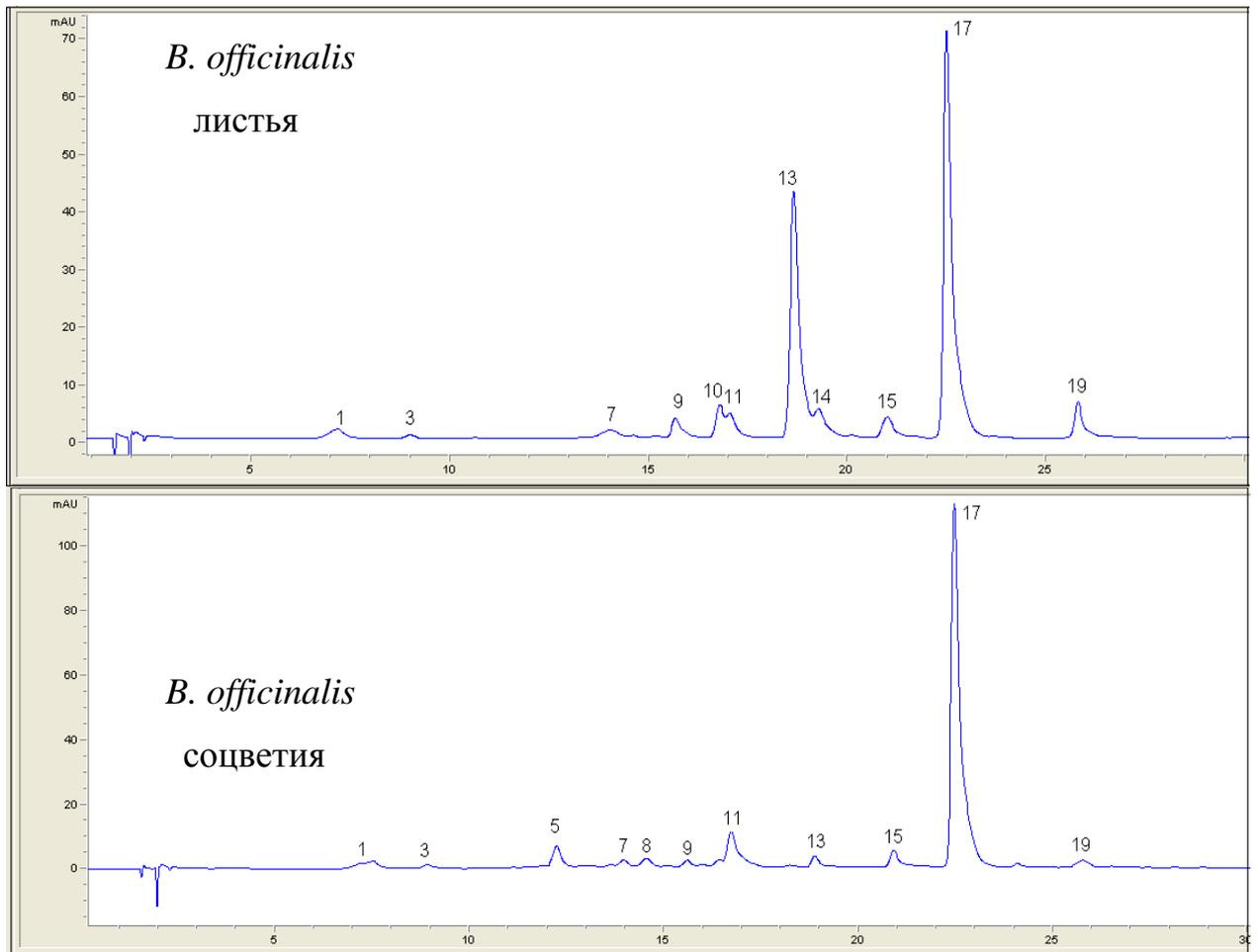
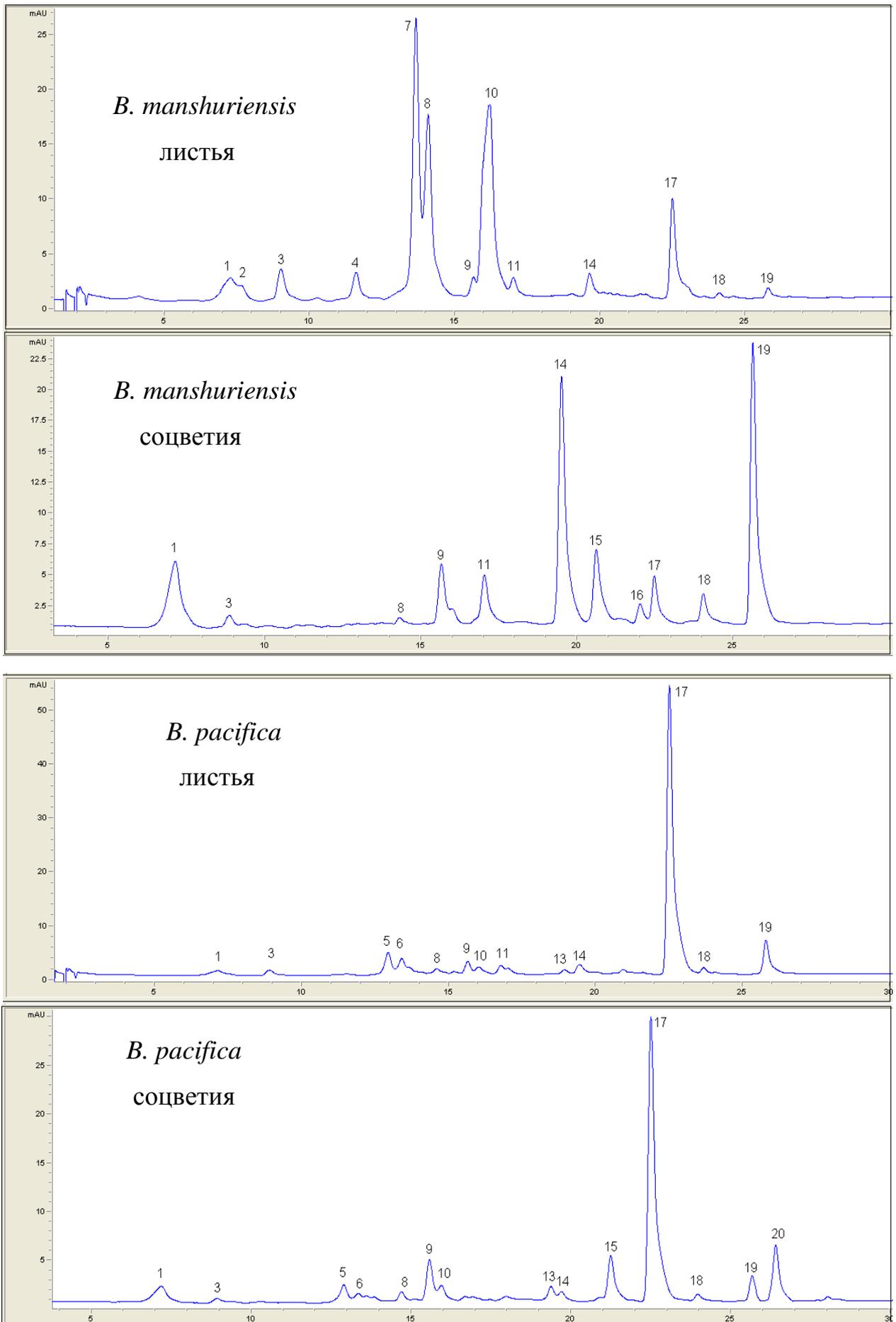
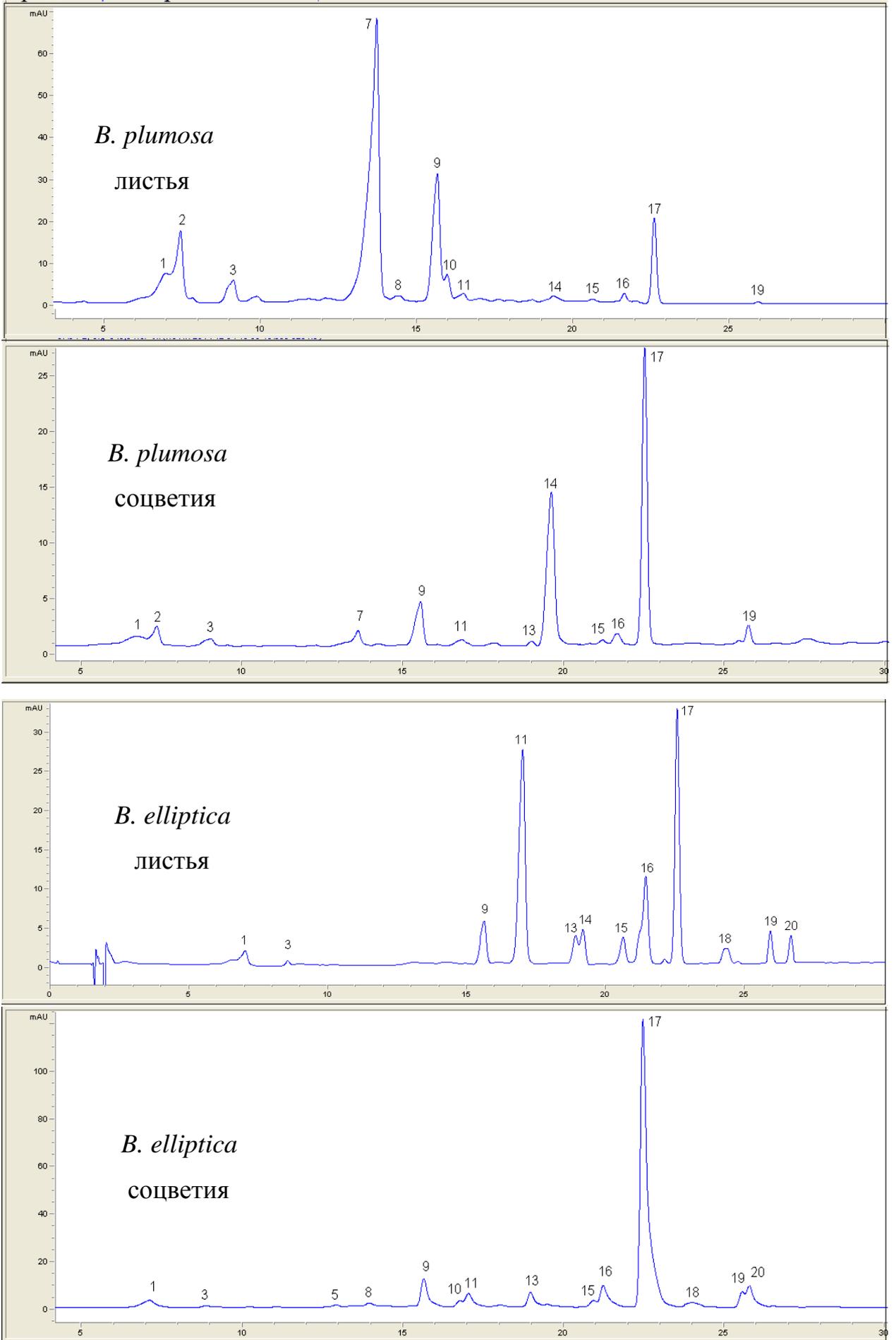


Рисунок 9 – Хроматограммы гидролизатов экстрактов листьев и соцветий растений рода *Bistorta*. По оси абсцисс – время удерживания, t_R , мин; по оси ординат - оптическая плотность, е.о.п.

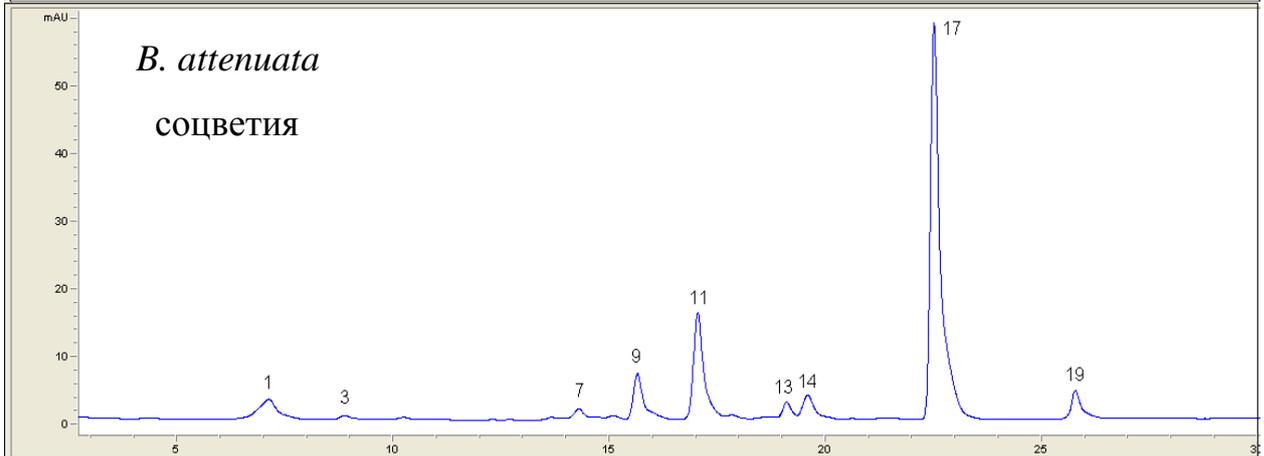
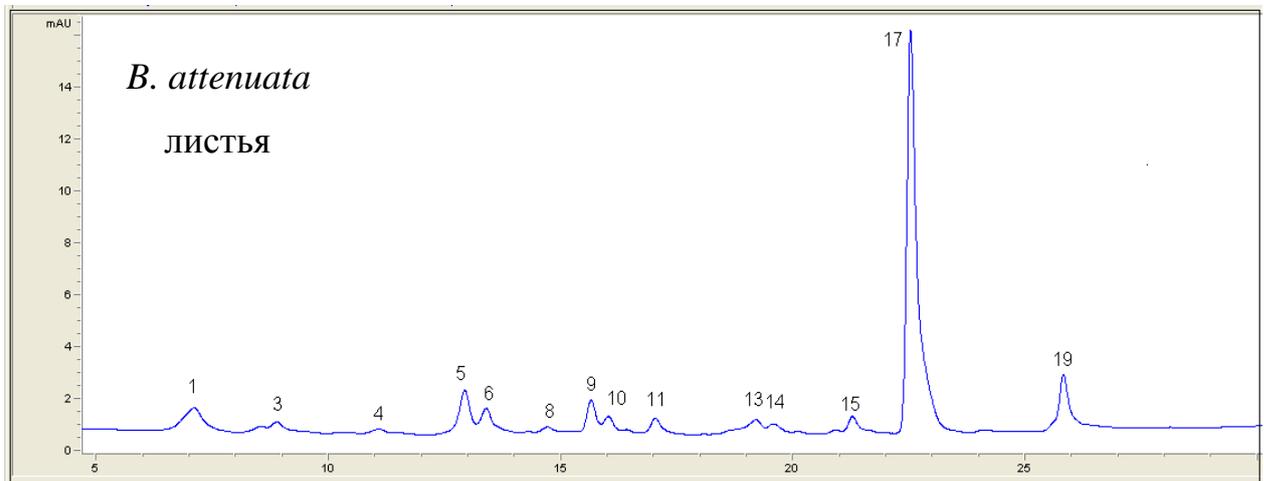
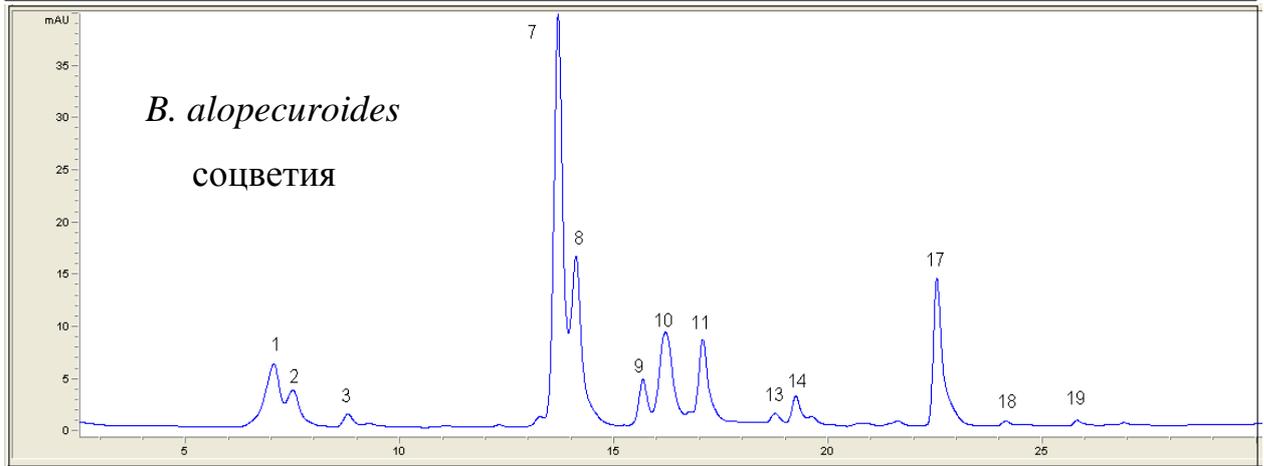
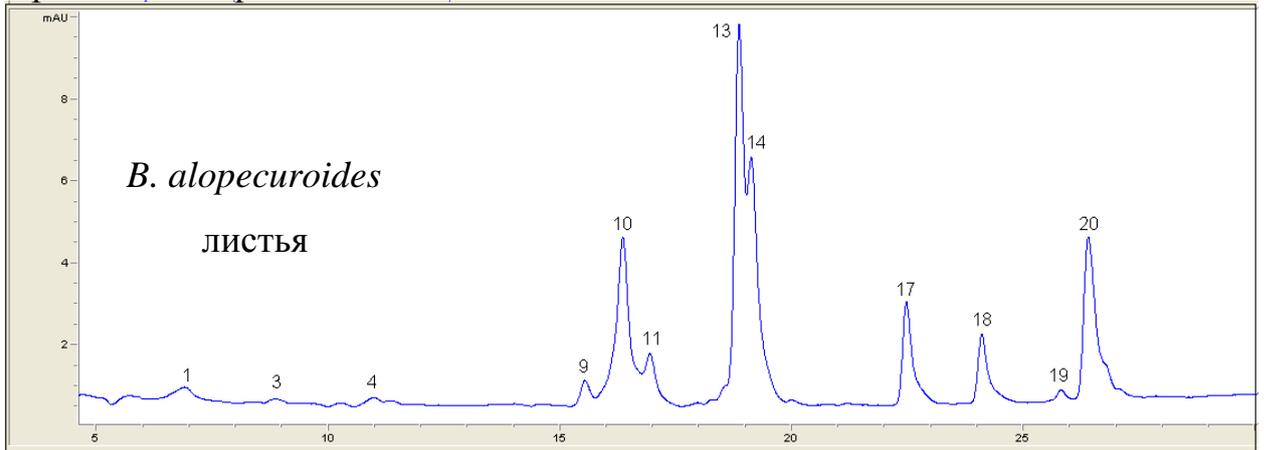
Продолжение рис. 9



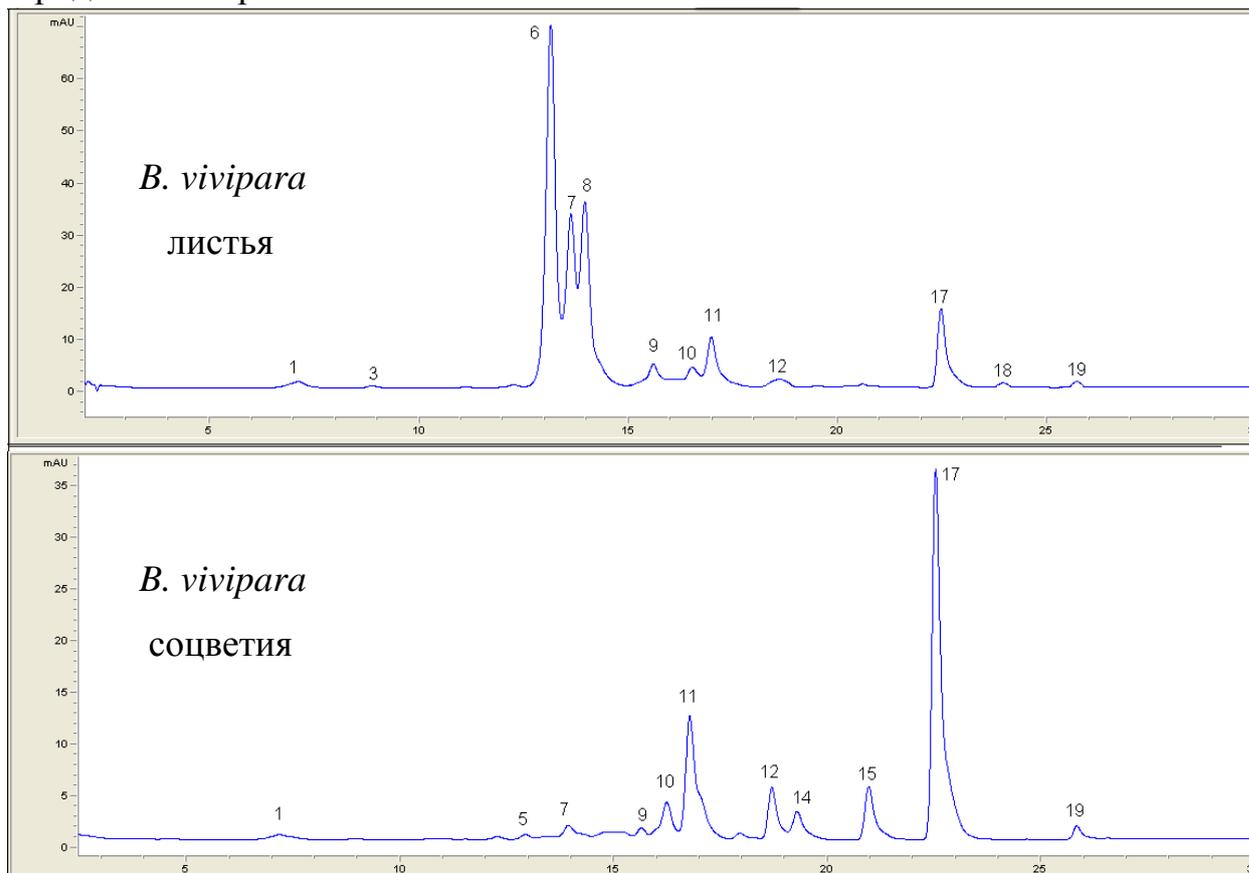
Продолжение рис. 9



Продолжение рис. 9



Продолжение рис. 9



Окончание рис. 9

Основным агликоном изученных видов является кверцетин. Цветки *V. attenuata* накапливают до 4,50 % кверцетина (таблица 6). Содержание кемпферола (2,78 %) превышает количество кверцетина (0,46 %) только в листьях *V. pacifica* (таблица 6).

Растения рода *Bistorta* содержат значительное количество хлорогеновой кислоты, например, в листьях *V. pacifica* – 3,27 %. Кофейной кислоты во всех изученных образцах меньше, чем хлорогеновой, в листьях *V. pacifica* – 1,87 %. Стоит отметить высокое содержание изовитексина в растениях некоторых изученных видов: листья *V. officinalis*, *V. attenuata* и *V. elliptica* содержат 2,71 %, 2,32 % и 2,56 % изовитексина, соответственно. Большое количество синаповой кислоты обнаружено в листьях растений *V. officinalis* – 1,01 % и *V. plumosa* – 1,38 %.

Таблица 6 – Содержание фенольных соединений в гидролизованных экстрактах листьев растений рода *Bistorta* (% , в пересчете на кверцетин)

Фенольное соединение	<i>B. officinalis</i>	<i>B. manshuriensis</i>	<i>B. pacifica</i>	<i>B. elliptica</i>	<i>B. alopecuroides</i>	<i>B. attenuata</i>	<i>B. plumosa</i>	<i>B. vivipara</i>
кверцетин	1,76	0,90	0,46	1,64	0,93	1,82	1,13	2,98
кемпферол	0,07	0,12	2,78	0,63	0,10	0,07	0,04	0,12
мирицетин	-	-	-	-	-	-	-	0,47
лютеолин	-	0,01	0,24	0,14	0,70	0,05	-	0,09
витексин	-	0,50	0,10	-	-	0,51	-	0,70
изовитексин	2,71	0,78	0,13	2,56	0,08	2,32	1,47	0,77
хлорогеновая кислота	1,55	0,70	3,27	1,59	1,18	1,81	0,89	1,11
кофейная кислота	0,39	0,62	1,87	1,15	0,65	0,33	0,18	0,85
синаповая кислота	1,01	0,72	-	-	-	0,73	1,38	0,21
п-оксибензойная кислота	-	0,31	-	-	-	0,81	0,41	-

Примечание: знак «-» означает, что компонент отсутствует.

Следует отметить, что состав и содержание фенольных соединений в листьях одного и того же растения значительно отличаются от состава и содержания их в цветках (рисунок 9). Так, в соцветиях *B. officinalis* отмечены витексин и компоненты № 5 и 10, которые не встречаются в листьях. Отмечено более высокое содержание кверцетина в соцветиях – 3,31 % по сравнению с листьями – 1,76 % (таблица 7). В листьях содержится большее количество синаповой кислоты – 1,01 %. В соцветиях *B. manshuriensis* отсутствуют п-оксибензойная и синаповая кислоты, а также соединения № 4 и 13, но присутствуют компоненты № 5, 6. Количество кверцетина в соцветиях – 3,26 % – также значительно превышает его содержание в листьях – 0,90 %. Для *B. pacifica* отмечено значительное превышение содержания кемпферола в листьях, по сравнению с соцветиями. Кроме того, компонент № 11 отсутствует в соцветиях, а № 5, 6, 13, 16, 20 – в листьях.

Таблица 7 – Содержание фенольных соединений в гидролизатах экстрактов соцветий растений рода *Bistorta* (% , в пересчете на кверцетин)

Фенольное соединение	<i>B. officinalis</i>	<i>B. manshuriensis</i>	<i>B. pacifica</i>	<i>B. elliptica</i>	<i>B. alopecuroides</i>	<i>B. attenuata</i>	<i>B. plumosa</i>	<i>B. vivipara</i>
кверцетин	3,31	3,26	1,28	3,68	3,41	4,50	4,40	2,52
кемпферол	0,68	0,75	0,23	0,31	1,81	1,40	0,49	0,27
мирицетин	-	-	-	-	-	-	-	0,97
лютеолин	-	0,02	0,18	0,03	-	-	-	-
витексин	0,10	0,12	-	0,15	0,11	-	-	-
изовитексин	1,99	0,29	0,41	1,51	1,03	2,34	0,77	0,67
хлорогеновая кислота	1,87	0,23	0,32	0,67	1,52	2,33	1,50	0,82
кофейная кислота	0,42	0,16	0,10	0,11	0,22	0,14	1,38	-
синаповая кислота	0,32	-	-	-	-	-	0,86	0,48
п-оксибензойная кислота	-	-	-	-	-	-	0,40	-

Примечание: знак «-» означает, что компонент отсутствует

В соцветиях *B. plumosa* найдены витексин и соединения № 10 и 13, которые отсутствуют в листьях, также отмечается более высокое содержание кверцетина и кемпферола – 4,40% и 0,49 %, соответственно. В соцветиях *B. elliptica*, в отличие от листьев, дополнительно присутствуют витексин и соединения № 5, 10, 14. В сравнении с соцветиями, в листьях *B. alopecuroides* присутствуют лютеолин и компонент № 20 и отсутствуют витексин и вещества № 5, 6, 15. Состав листьев *B. attenuata* оказался беднее, чем в соцветиях, там отсутствуют витексин, лютеолин и компонент № 10. В соцветиях *B. vivipara* отсутствуют кофейная кислота, витексин, лютеолин и соединение № 6, но присутствуют компоненты № 5, 14 и 15.

В составе нативных (не гидролизованных) экстрактов листьев и соцветий изученных растений методом ВЭЖХ обнаружены 26 фенольных соединений, среди них О-гликозиды кверцетина рутин, гиперозид,

кверцитрин, изокверцитрин, О-гликозид кемпферола астрагалин, С-гликозиды апигенина витексин и изовитексин (таблица 8).

Таблица 8 – Характеристика фенольных соединений, обнаруженных в экстрактах листьев и соцветий растений рода *Bistorta*

№ пика	Соединение	Время удерживания, мин	Спектральная характеристика λ_{\max} , нм
1	-	5,38	
2	-	5,89	
3	-	7,73	
4	-	9,66	
5	-	10,68	
6	Витексин	12,04	270, 296 пл., 336
7	Изовитексин	16,63	255, 357
8	Гиперозид	18,34	255, 268 пл., 355
9	Изокверцитрин	19,83	255, 357
10	Рутин	20,61	256, 356
11	-	24,05	
12	-	24,90	
13	-	28,07	
14	Кверцитрин	31,26	256, 265 пл., 350
15	Астрагалин	32,54	265, 300 пл., 355
16	-	34,46	
17	-	36,12	
18	-	37,47	
19	-	38,75	
20	-	39,34	
21	-	39,82	
22	-	40,43	
23	-	42,08	
24	-	44,05	
25	-	45,86	
26	-	48,12	

Примечание: Знак «-» означает, что соединение не идентифицировано

Исследование показало, что фенольные профили хроматограмм изученных видов различаются (рисунок 10). Больше всего фенолгликозидов содержится в экстрактах листьев *B. manshuriensis* (17 компонентов). Минимальный состав (8 компонентов) – в листьях *B. vivipara*. Листья *B. attenuata* также отличаются меньшим составом (8 фенолгликозидов) в отличие от близкородственных видов *B. elliptica* и *B. alopecuroides* (13 и 9 компонентов, соответственно).

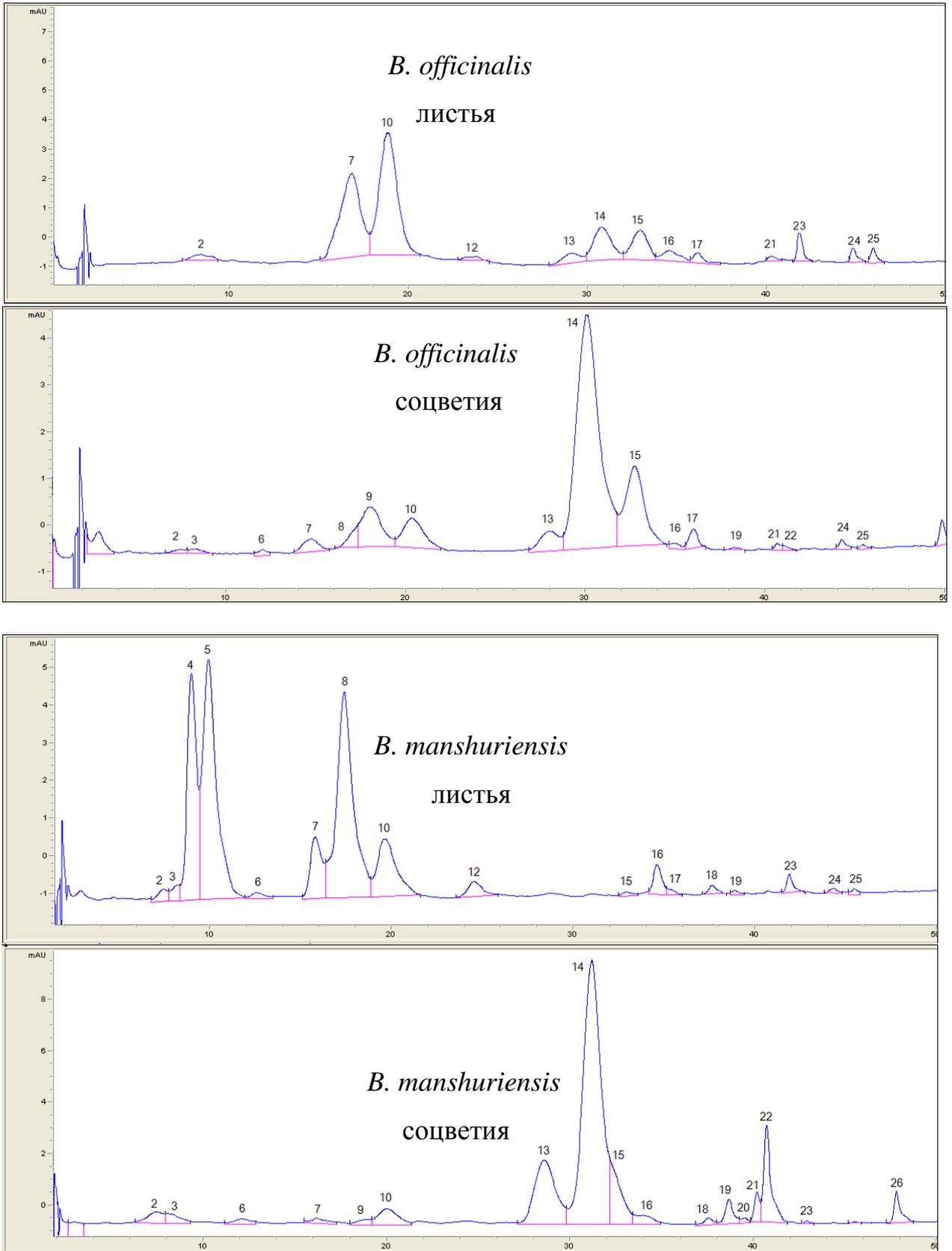
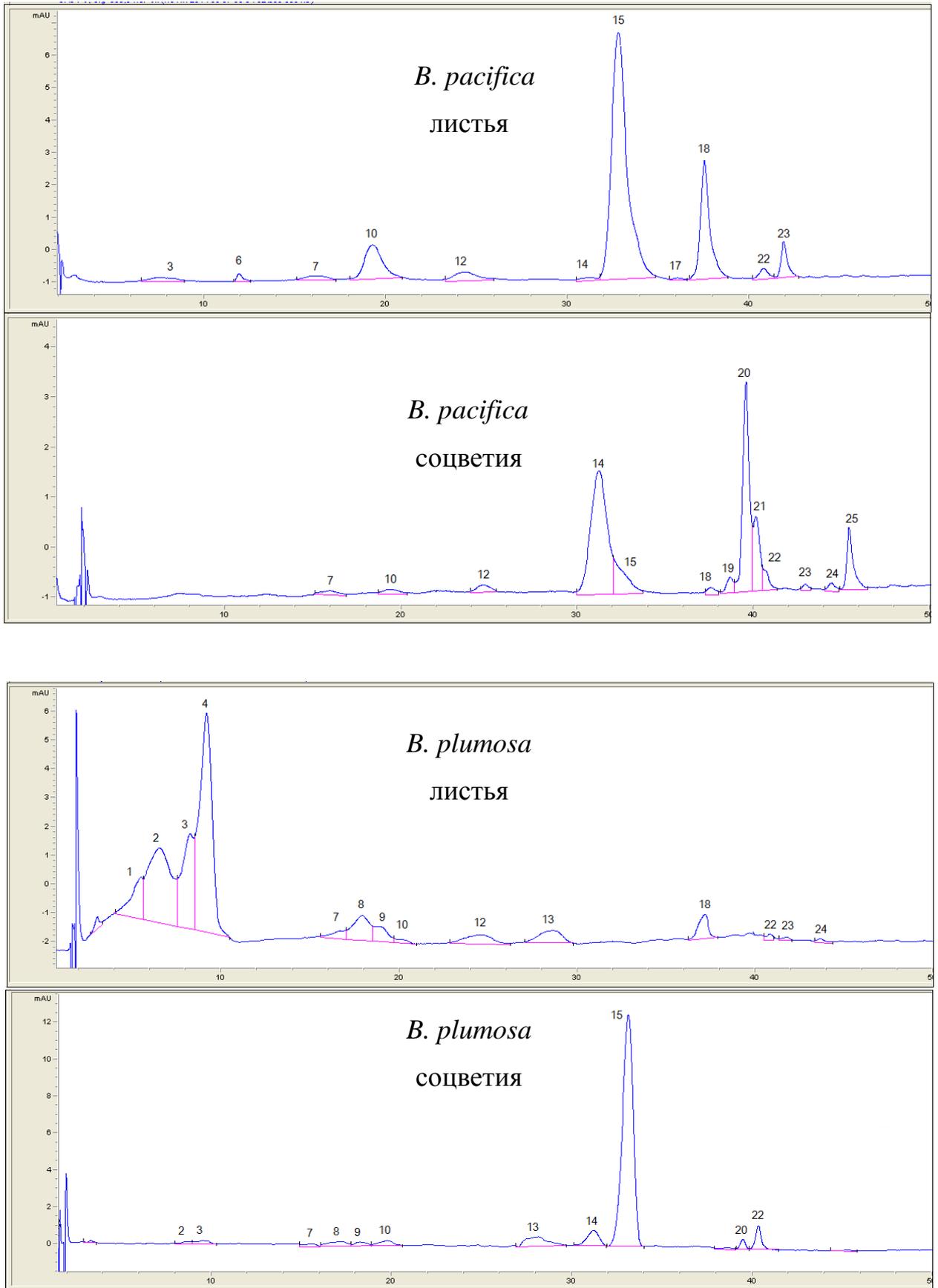
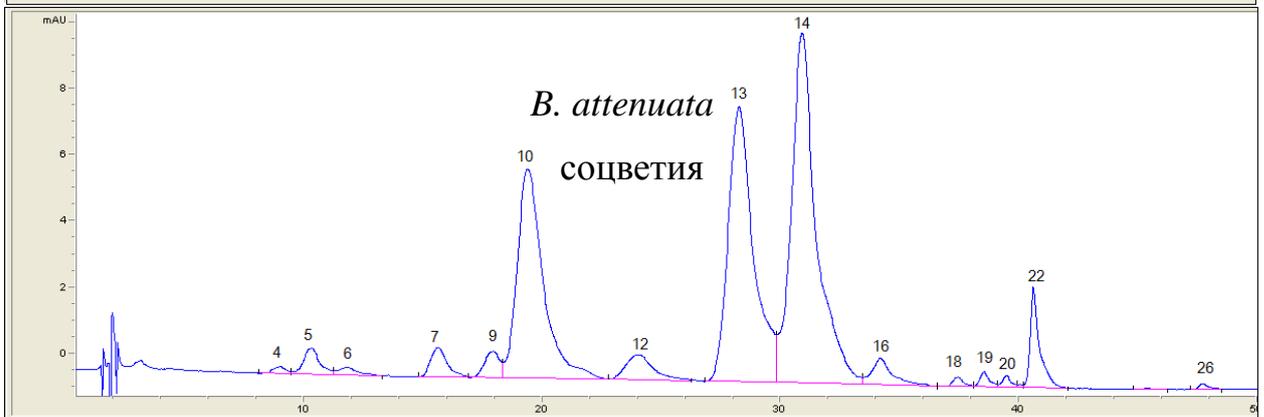
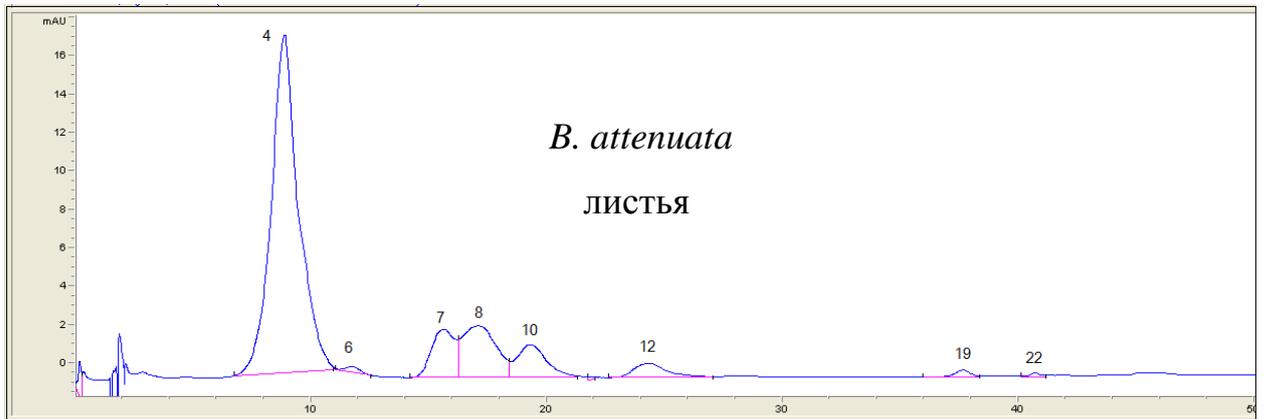
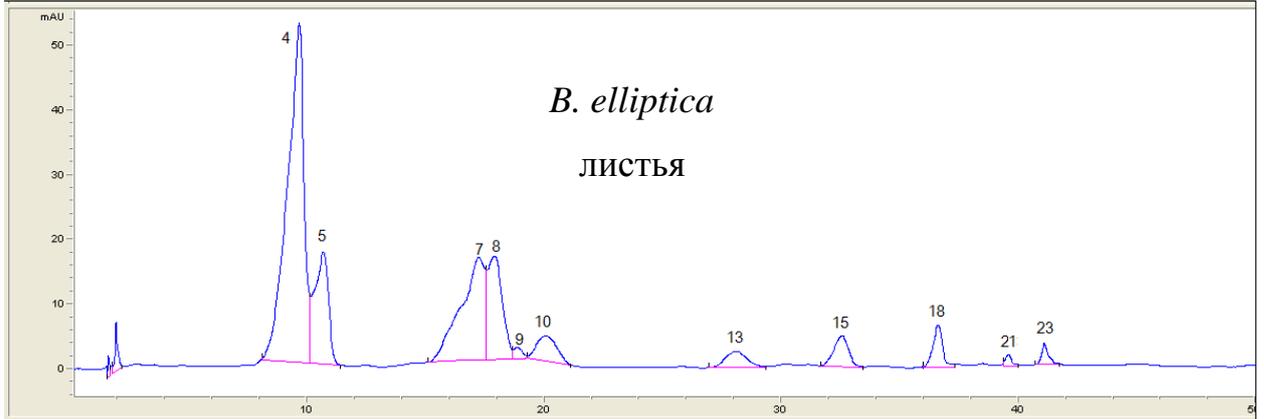


Рисунок 10 – Хроматограммы экстрактов листьев и соцветий растений рода *Bistorta*. По оси абсцисс – время удерживания, t_R , мин; по оси ординат – оптическая плотность, е.о.п.

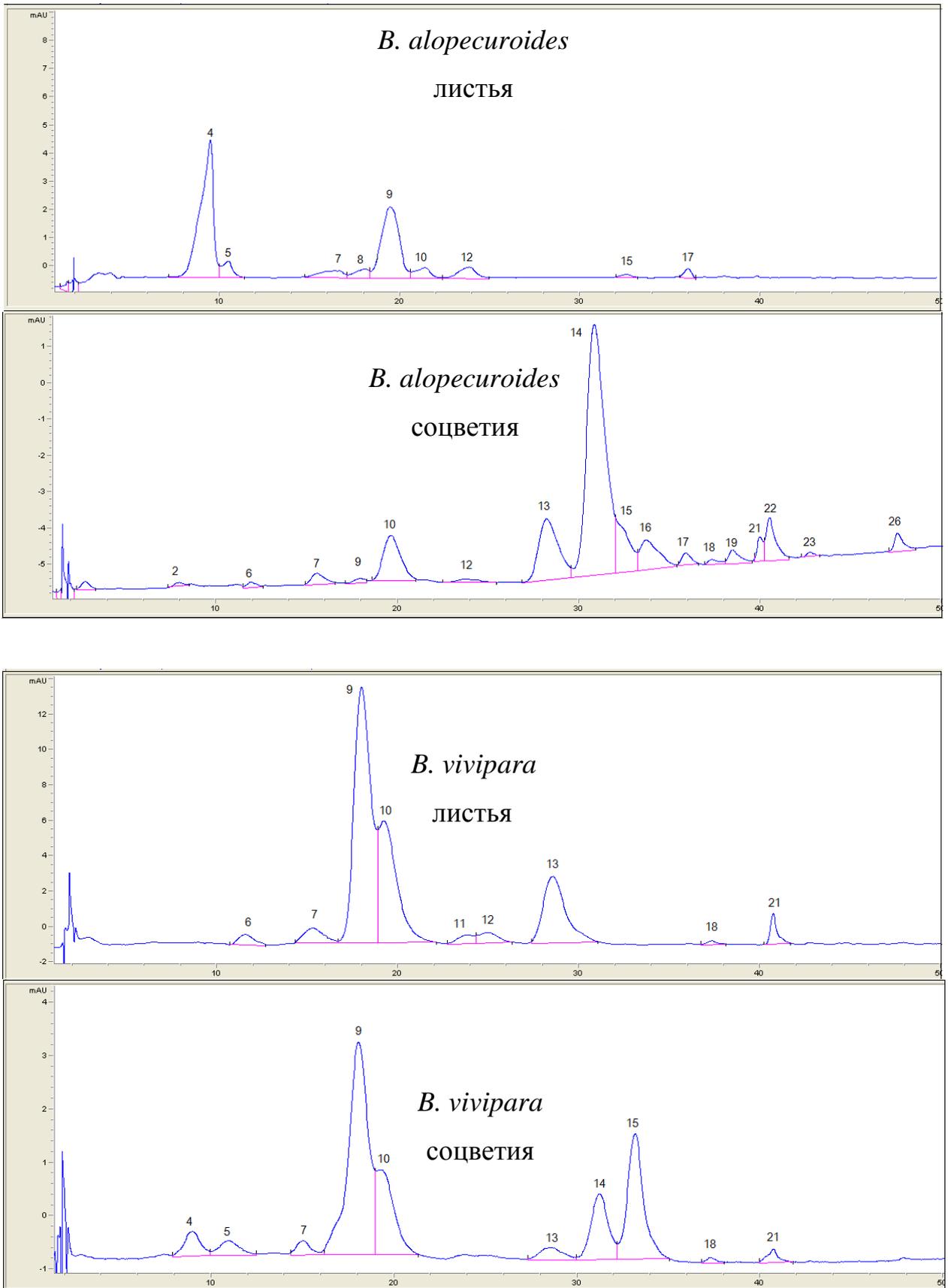
Продолжение рис. 10



Продолжение рис. 10



Продолжение рис. 10



Окончание рис. 10

Рутин присутствует в листьях и соцветиях всех видов. Гиперозид встречается в листьях всех видов, кроме *B. officinalis*, *B. vivipara* и *B. pacifica*. Кверцитрин обнаружен в листьях *B. officinalis* и *B. pacifica*, изокверцитрин – в листьях 4 видов – *B. elliptica*, *B. alopecuroides*, *B. plumosa* и *B. vivipara*. Астрагалин найден в листьях *B. officinalis*, *B. manshuriensis*, *B. pacifica*, *B. elliptica* и *B. alopecuroides*.

Максимальный состав фенолгликозидов в соцветиях отмечен у *B. manshuriensis* и *B. alopecuroides* (по 17 компонентов), минимальный состав – у *B. vivipara* (10 компонентов). Кверцитрин присутствует в соцветиях всех изученных видов, кроме *B. elliptica* и *B. attenuata*. Гиперозид встречается в соцветиях двух видов – *B. officinalis* и *B. plumosa*. Изокверцитрин отсутствует в соцветиях только одного вида – *B. pacifica*.

В листьях максимальное содержание рутина в *B. officinalis* – 0,89 %, минимальное количество у *B. plumosa* – 0,03 % (таблица 9). Растения *B. attenuata*, *B. elliptica* и *B. manshuriensis* отличаются высоким содержанием гиперозида в листьях, наибольшее количество отмечено у *B. attenuata* – 1,18 %. В листьях *B. vivipara* высокое содержание изокверцитрина – 1,34 %. В листьях *B. officinalis* содержится максимальное количество кверцитрина – 0,89 %. *B. pacifica* отличается высоким содержанием гликозида кемпферола астрагалина – 1,52 %.

В цветках *B. attenuata* наибольшее количество рутина – 1,16 %, что отличает его от других изученных видов рода *Bistorta* (таблица 10). В соцветиях *B. officinalis* накапливается до 0,62 % гиперозида. Количество изокверцитрина в соцветиях превышает содержание рутина только в *B. officinalis* (1,44 %) и *B. vivipara* (1,63 %). Соцветия растений *B. officinalis*, *B. manshuriensis*, *B. alopecuroides* и *B. attenuata* богаты кверцитрином, максимальное его количество обнаружено у *B. attenuata* – 1,48 %. Наибольшее содержание астрагалина в соцветиях выявлено у *B. plumosa* – 0,42 %.

Таблица 9 – Содержание индивидуальных идентифицированных флавонолов в экстрактах листьев растений рода *Bistorta* (% , в пересчете на кверцетин)

Фенольное соединение	<i>B. officinalis</i>	<i>B. manshuriensis</i>	<i>B. pacifica</i>	<i>B. elliptica</i>	<i>B. alopecuroides</i>	<i>B. attenuata</i>	<i>B. plumosa</i>	<i>B. vivipara</i>
Рутин	0,89	0,20	0,24	0,37	0,16	0,43	0,03	0,34
Гиперозид	-	0,75	-	0,68	0,22	1,18	0,30	-
Кверцитрин	0,58	-	0,03	-	-	-	-	-
Изокверцитрин	-	-	-	0,12	0,32	-	0,15	1,39
Астрагалин	0,39	0,10	1,52	0,02	0,08	-	-	-

Примечание: знак «-» означает, что компонент отсутствует

Таблица 10 – Содержание индивидуальных идентифицированных флавонолов в экстрактах соцветий растений рода *Bistorta* (% , в пересчете на кверцетин)

Фенольное соединение	<i>B. officinalis</i>	<i>B. manshuriensis</i>	<i>B. pacifica</i>	<i>B. elliptica</i>	<i>B. alopecuroides</i>	<i>B. attenuata</i>	<i>B. plumosa</i>	<i>B. vivipara</i>
Рутин	0,37	0,15	0,07	0,07	0,28	1,16	0,09	0,73
Гиперозид	0,62	-	-	-	0,25	-	0,13	-
Кверцитрин	1,33	1,36	0,92	-	-	1,48	0,16	0,17
Изокверцитрин	1,44	0,06	-	0,06	1,39	0,03	0,15	1,63
Астрагалин	-	0,43	0,26	0,21	0,02	-	0,42	-

Примечание: знак «-» означает, что компонент отсутствует

Следует также отметить органоспецифичность состава и содержания фенолгликозидов в нативных экстрактах. В соцветиях *B. officinalis* присутствуют витексин, гиперозид и изокверцитрин, а также вещества № 3, 19, 22, которые не обнаружены в составе фенольных соединений листьев, и отсутствуют соединения № 12, 23.

Выявлено, что состав гликозидов в листьях значительно отличается от состава в соцветиях у *B. manshuriensis* присутствием в листьях соединений гиперозида и компонентов № 4, 5, 12, 17, 24, 25 и отсутствием изокверцитрина, кверцитрина и соединений № 13, 20, 21 и 22.

В соцветиях *B. pacifica*, в отличие от листьев, присутствуют компоненты № 19, 20, 21, 24, 25 и отсутствуют витексин и соединения 3 и 17.

Состав фенолгликозидов листьев *B. plumosa* отличается наличием веществ № 1, 4, 12, 18, 23, 24 и отсутствием кверцитрина, астрагалина и компонента № 20, характерных соцветиям.

В листьях *B. elliptica* найдены гиперозид и соединения № 4, 5 но не обнаружены витексин, кверцитрин и компоненты соцветий № 3, 12, 14, 16, 19, 21, 22.

Листья *B. attenuata* характеризуются меньшим составом гликозидов по сравнению с соцветиями, в которых обнаружены дополнительные соединения № 5, 13, 14, 16, 18, 21, 22, 32, 26, а также изокверцитрин и кверцитрин. *B. alopecuroides* содержит в листьях гиперозид и компоненты № 4, 5, а в соцветиях – астрагалин, витексин и компоненты № 13, 16, 19, 22, 23 и 26.

Выявлено, что соцветия *B. vivipara* отличаются от листьев присутствием кверцитрина, астрагалина и соединений № 4 и 5, они не содержат в составе витексин и компоненты № 11, 12.

Изучение компонентного состава видов рода *Bistorta* показало, что они перспективны для использования в медицине. Растения *B. officinalis*, *B. attenuata*, *B. elliptica*, *B. plumosa* и *B. vivipara* с высоким содержанием кверцетина могут быть использованы как продуценты этого агликона и его

гликозидов. *B. pacifica* может служить источником кемпферола и его гликозида астрагалина, а также хлорогеновой и кофейной кислот, а *B. officinalis* и *B. plumosa* – синаповой кислоты. Надземная часть *B. officinalis*, *B. attenuata*, *B. elliptica* может быть использована как растительное сырье, богатое изовитексином.

3.4. Элементный состав представителей рода *Bistorta*

Методом атомно-абсорбционной спектрометрии изучены состав и содержание макро- и микроэлементов двух видов – *B. attenuata* и *B. officinalis*. Материалом для исследования послужили интродуцированные растения, которые были взяты из природных популяций, а затем высажены на экспериментальный участок ЦСБС СО РАН.

Биологическая роль химических элементов в организме человека очень важна и разнообразна. Макроэлементы входят в состав основных тканей: костей, крови, мышц, участвуют в их построении, поддержании постоянства осмотического давления. Микроэлементы являются комплексообразователями или активаторами БАВ, входят в состав гормонов, ферментов и витаминов, участвуют в обмене веществ, тканевом дыхании, влияют на проницаемость сосудов и тканей, а также на окислительно-восстановительные и кроветворные процессы (Хакимов, Татарская, 1985).

Содержание основных макро- и микроэлементов в листьях и других частях растений зависит от вида, возраста растений и условий местообитания (Веретенников, 2015).

Сравнительный анализ состава макроэлементов показал относительно высокое содержание кальция и калия в органах изученных растений (таблица 11). Кальций и калий играют важную физиологическую роль в углеводном и белковом обмене человека. Кальций является основным элементом костной ткани (Химические элементы..., 2001).

В листьях и корневищах *B. attenuata* кальция больше (12373 мг/кг и 14996 мг/кг, соответственно), чем в *B. officinalis*. Наибольшее количество калия отмечено в листьях *B. officinalis* (30410 мг/кг).

Таблица 11 – Содержание химических элементов (мг/кг) в листьях, соцветиях и корневищах растений *B. officinalis* и *B. attenuata*

	<i>B. officinalis</i>			<i>B. attenuata</i>		
	листья	соцветия	корневища	листья	соцветия	корневища
Ca	11860	8796	11061	12373	8792	14996
K	30410	22200	9800	27308	20821	15435
Na	80	70	99	110	214	87
Mg	2692	4600	1967	1768	2346	1087
Mn	33,9	54,0	19,8	33,4	26,4	6,5
Fe	62	120	104	67	117	87
Cu	3,74	6,64	1,92	4,59	6,28	5,56
Zn	25,78	67,96	7,91	38,66	68,12	16,04
Ni	0,68	2,89	0,65	0,78	4,28	1,34
Sr	14,1	6,3	15,7	21,7	10,0	15,8
Cd	0,048	0,020	0,050	0,087	0,078	0,326
Pb	0,801	0,476	0,729	0,867	1,126	0,342
Li	0,67	0,43	0,74	0,97	0,49	0,52
Co	0,290	0,229	0,262	0,183	0,216	0,133
Cr	0,997	0,000	0,984	0,000	0,000	1,087
Зола, %	10,64	7,78	7,74	10,32	7,09	7,42

Натрий участвует в поддержании осмотического давления, регулирует кровяное давление, деятельность нервной и мышечной ткани (Химические элементы..., 2001). В соцветиях *B. attenuata* содержание натрия достигает 214 мг/кг, а в *B. officinalis* максимальное количество натрия отмечено в корневищах – 99 мг/кг.

Магний является компонентом многих ферментов, участвует в проведении импульса от нервов к мышцам (Химические элементы..., 2001). Магния больше в органах растений *B. officinalis* – до 4600 мг/кг (в соцветиях).

Марганец активизирует процессы окисления, протекающие в клетках и тканях, входит в состав металлопротеинового комплекса ферментов (Абдурахманов, Зайцев, 2004). В соцветиях и корневищах *B. officinalis* значительно больше марганца (54,0 мг/кг и 19,8 мг/кг), чем в соответствующих органах *B. attenuata*. В листьях содержание марганца приблизительно на одном уровне и составляет – 33,9 мг/кг у *B. officinalis* и 33,4 мг/кг у *B. attenuata*.

Железо играет в организме человека особую роль: входит в состав гемоглобина крови, мышечного миоглобина, стимулирует клеточное дыхание, входит в состав ряда ферментов, стимулирует внутриклеточные процессы обмена, является составной частью протоплазмы и клеточных ядер, необходим для нормального функционирования иммунной системы (Абдурахманов, Зайцев, 2004). Наибольшее содержание железа отмечено в соцветиях *V. officinalis* – до 120 мг/кг.

Медь является катализатором ряда клеточных процессов, в особенности углеводного обмена, усиливает водный, газовый и минеральный обмен (Авцын и др., 1991). Медь также в большей степени накапливается в соцветиях изученных видов, максимальное количество в *V. officinalis* – 6,64 %.

Цинк является катализатором клеточных процессов, участвует в обмене нуклеиновых кислот и образовании их спиральной структуры, входит в состав многих ферментов, необходим для образования белков из аминокислот, входит в состав инсулина (Авцын и др., 1991). В соцветиях *V. attenuata* содержание цинка достигает 68,12 мг/кг.

Никеля больше накапливается в соцветиях *V. attenuata* – 4,28 мг/кг. Содержание лития не превышает 0,97 мг/кг (листья *V. attenuata*). Наибольшее содержание стронция отмечено в листьях и корневищах растений, максимальное количество в листьях *V. attenuata* – 21,7 мг/кг. Больше содержание кобальта отмечено в органах *V. officinalis*, в листьях – 0,29 мг/кг.

В соцветиях изученных видов не обнаружено хрома. В листьях *V. officinalis* содержание хрома достигает 0,997 мг/кг, в то время как в листьях *V. attenuata* хром отсутствует.

Свинца больше накапливается в надземных органах *V. attenuata* – 1,126 мг/кг. В органах *V. attenuata* отмечено большее содержание кадмия, чем у *V. officinalis*, например, в корневищах *V. attenuata* – 0,326 мг/кг кадмия, а у *V. officinalis* – 0,050 мг/кг.

Концентрация элементов в организме человека играет существенную роль. Некоторые элементы в малых дозах необходимы организму, а превышение допустимых доз влечет за собой катастрофические последствия. Содержание тяжелых металлов в органах изученных видов не превышает значений, допустимых для БАД на растительной основе (СанПиН 2.3.2.1078-01, 2002). Все исследуемое сырье соответствует нормам Государственной фармакопеи (1978) по общей зольности для растительного сырья.

B. attenuata не уступает по содержанию микро и макроэлементов официальному виду *B. officinalis*. Растения *B. attenuata* и *B. officinalis* являются безопасными в качестве лекарственного сырья.

Для растений рода *Bistorta* отмечена органоспецифичность в накоплении некоторых химических элементов. Магний, железо, медь, цинк и никель накапливаются в большем количестве в соцветиях, а кальций, стронций, литий – в листьях и корневищах. Калия больше в надземных органах растений, особенно в листьях.

Глава 4. ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСТАВА И СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ РАСТЕНИЙ РОДА *VISTORTA* АЗИАТСКОЙ РОССИИ

4.1. Общее представление об изменчивости и ее формах

К числу основных биологических понятий относится понятие «изменчивость», под которым «следует понимать разнообразие признаков и свойств даже у близкородственных особей и групп особей» (Щеглов, 2013). «Изменчивость – важнейшее свойство живых организмов, необходимое для эволюции вида и для поддержания его существования в непрерывно изменяющейся среде» (Мамаев, 1973). Оценка разнообразия признаков у особей в пределах вида всегда производится по их фенотипическому проявлению. Однако причины их фенотипического разнообразия могут быть разные: различие генотипов или разнообразие условий среды, определивших варьирование в проявлении признаков у организмов одинаковых генотипов. По этому типу выделяют два вида изменчивости – генотипическую и фенотипическую. К генотипической или наследственной изменчивости относятся мутационная и комбинативная изменчивость. Мутационная изменчивость характеризуется изменением свойств и признаков организма, связанным с генетическим аппаратом. Изменчивость, возникшую в результате скрещивания, называют комбинативной. К фенотипической (ненаследуемой) изменчивости относятся онтогенетическая и модификационная изменчивость. Возрастной или онтогенетической изменчивостью называют закономерные изменения морфологических, физиологических, биохимических и других особенностей организма в процессе индивидуального развития. Время и порядок их проявления строго определяется генотипом. Разнообразие в проявлении одинаковых генотипов в различных условиях среды называют модификационной изменчивостью (Щеглов, 2013).

«Каждый вид и отдельная популяция, представляющая элементарную генетическую, эволюционную и экологическую структурную единицу, несут определенный потенциал изменчивости» (Высочина, 2007). Каждый вид по своей

природе в той или иной степени полиморфен (Завадский, 1967). Изучая внутривидовую изменчивость, рассматривают проявление разнокачественности однородных признаков или свойств у различных индивидуумов одного вида, отмечаемое в один и тот же отрезок времени (Мамаев, 1968).

Н.И. Вавилов (1965) указывал на важность изучения внутривидовой изменчивости растений для познания вида как системы. С.А. Мамаев (1973) разработал популяционно-хронографическую классификацию проявлений изменчивости: индивидуальной (внутрипопуляционной), половой, хронографической (временной), экологической, географической (межпопуляционной), гибридогенной и эндогенной.

Изменчивость наблюдается в отношении самых разнообразных признаков (анатомических, морфологических, физиологических, биохимических, кариологических) (Мамаев, 1973). Хемосистематика имеет дело с биохимическими признаками. К признакам онтогенетического характера нужно отнести специфичность качественного состава синтезируемых растениями веществ в систематических подразделениях растений (Струпан, Струпан, 2007).

Онтогенез растительного организма сопровождается характерными изменениями обмена веществ, причем изменения в обмене белков, углеводов, липидов, а также ферментов, коферментов и витаминов влекут за собой изменения и в динамике образования продуктов вторичного биосинтеза (Струпан, Струпан, 2007). Такие изменения в составе и количестве синтезируемых веществ относят к хронографической изменчивости биохимических признаков. Исследования сезонного и возрастного варьирования в составе и содержании химических компонентов является важным элементом хемотаксономических исследований (Пименов, Борисова, 1987). R. Adams (1972) отмечал, что игнорирование сезонного варьирования является наиболее существенной ошибкой в хемотаксономических исследованиях. На динамику образования действующих веществ в растениях влияют возраст растений, фаза вегетации, месяц года, а для ряда растений – даже различные часы дня (Струпан, Струпан, 2007).

Большую роль в изучении вида играет эндогенная изменчивость – неравномерность распределения биологически активных веществ по органам и тканям растения с преимущественной локализацией в определенных органах (Струпан, Струпан, 2007). Ранее нами отмечено, что не только количественный, но и качественный состав соединений может быть различным в разных органах у одного и того же растения. Авторы по разному подходят к выбору органа растения, который бы давал наиболее полную информацию о фенотипе и родственных отношениях. R. Hänsel (1956) рекомендовал исследовать органы размножения, так как вегетативные органы под влиянием внешней среды подвержены изменениям, в построении репродуктивного аппарата растения консервативны. E. Vate-Smith (1956) считал, что именно соединения листьев более пригодны в решении вопросов таксономии, в отличие от веществ запасующих органов и репродуктивных частей растений. H. Erdtman (1963) полагал, что наибольший интерес представляют соединения филогенетически старых, консервативных, мало специализированных частей растения (кора, древесина, семена, корневище). В.Г. Минаева (1978) считала, что динамика накопления флавонолов в репродуктивных органах связана с осуществлением полового процесса, а в листьях – с приспособлением к условиям произрастания. Необходимо проводить изучение эндогенной изменчивости для каждого конкретного растения, прежде чем делать хемотаксономические выводы.

Отмечено, что в популяции, отличающейся большим полиморфизмом, встречаются особи, которые существенно различаются по качественному составу и содержанию образующихся в них веществ. Химические различия могут проявляться и на популяционном уровне.

Внутривидовые таксоны, между которыми есть значительные химические различия, но нет морфологических, или химические различия не коррелируют с внутривидовой и морфологической дифференциацией, называют «химическими расами», «биохимическими разновидностями» или «физиологическими формами» (Ténényi, 1970; Hegnauer, 1975).

Экологическая и географическая изменчивость обусловлена влиянием факторов окружающей среды (условий произрастания). Влияние питания, света, тепла и влажности на рост и развитие растений и синтез метаболитов фактически есть географический фактор, под которым понимается комплекс экологических условий, связанных с такими особенностями географической обстановки, как широта и долгота местности, экспозиция, высота над уровнем моря, близость водных бассейнов и т. д. (Е.А. Струпан, О.А. Струпан).

Исследование полиморфизма важно при разработке внутривидовой систематики растений естественной флоры (Тахтаджян, 1965). Межпопуляционная (географическая) форма изменчивости позволяет определить норму реакции вида по отношению к условиям среды, определить его структуру и динамику и наиболее важна для решения внутривидовой таксономии (Шварц, 1980; Банаев, Шемберг, 2000; Банаев, 2010).

4.2. Динамика содержания фенольных соединений в надземных органах растений *B. officinalis* и *B. attenuata* в разные фенологические фазы

Фенольные соединения играют важную физиологическую роль в растениях. Они выполняют сигнальную, резервную, защитную, фотопротекторную и другие функции, участвуют в окислительно-восстановительных реакциях, являются регуляторами роста и развития растений (Запрометов, 1993). Накопление фенольных соединений изменяется в процессе индивидуального развития растения, зависит от факторов окружающей среды и распределения по тканям и органам. Сезонная динамика накопления веществ в органах растений позволяет определить наибольшую концентрацию веществ в органах и оптимальные сроки сбора лекарственного сырья.

Вопросы сезонной и годичной изменчивости фенольных соединений в органах растений рода *Bistorta* практически не изучены.

Материалом для исследования послужили сборы листьев и соцветий растений *B. officinalis* и *B. attenuata*, интродуцированных на территории экспериментального участка ЦСБС СО РАН. Для этих целей в 2009 г. корневища

30 растений *B. officinalis* были высажены из природной популяции Красноярского края (Курагинский район, Восточный Саян, хребет Крыжина, разнотравно-горцевый субальпийский луг). Сборы проводили с 2011 по 2014 гг.

В 2012 г. корневища 10 растений *B. attenuata* высажены из популяции Иркутской области (Маломорское побережье оз. Байкал, пос. Курма, влажный луг). Сборы проводили в 2014 г. Отбирали среднюю пробу листьев и цветков.

Полученные данные по количественному определению флавонолов, катехинов и танинов представлены в приложении 2 и на рисунках 11-13.

Максимум накопления флавонолов в растениях *B. officinalis* отмечается в бутонах (от 6,56 % до 9,13 %) (рисунок 11). В цветках происходит снижение содержания флавонолов до 4,94 % в 2013 г. и до 7,42 % в 2014 г. Резкое снижение количества флавонолов в цветках в 2011 г. (1,14 %) связано, вероятно, с погодными условиями. Период цветения растений приходится на начало июня. Июнь 2011 г. характеризовался высокими температурами (на 3°С выше среднемесячной нормы) и небольшим количеством осадков (56 % от нормы) (Новосибирск // Погода и климат: климатический монитор. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php>). В плодах содержание флавонолов не превышает 2,69 % (*B. officinalis*, 2011 г.). В листьях *B. officinalis* в период отрастания содержание флавонолов варьирует в пределах от 3,06 % (2012 г.) до 3,65 % (2011 г.). Во время бутонизации в 2012 г. отмечается увеличение содержания флавонолов в листьях до 3,90 %, а в 2011, 2013 и 2014 годах происходит снижение содержания флавонолов. В период цветения в листьях растений наблюдается пик накопления флавонолов в диапазоне 3,33 % (2014 г.) – 5,08 % (2013 г.). Известны адаптогенные свойства флавонолов (Запрометов, 1993). Вероятно, скачок количества флавонолов до 5,08 % в листьях в 2013 г. также связан с погодными условиями. Июнь 2013 г. был холоднее обычного (на 2,5°С ниже нормы), а 3 июня наблюдался отрицательный температурный рекорд – в ночное время температура опускалась до -2,2°С, в то время как в остальные годы сборов среднемесячная температура июня была выше нормы (Новосибирск // Погода и климат: климатический монитор. URL:

<http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php>). В период плодоношения отмечается спад количества флавонолов до 0,93 % во всех образцах (2013 г.).

Так же, как и у растений *B. officinalis*, в бутонах *B. attenuata* содержится максимальное количество флавонолов – 7,56 %. В дальнейшем происходит уменьшение их количества: в цветках – 4,85 %, в плодах – 2,07 %. В период отрастания в листьях содержится 2,53 % флавонолов. В отличие от растений *B. officinalis*, в листьях *B. attenuata* пик накопления флавонолов приходится на период бутонизации – 3,75 %, во время цветения отмечается некоторое снижение содержания флавонолов – 3,26 %. К плодоношению количество флавонолов в листьях немного уменьшается – до 3,06 %.

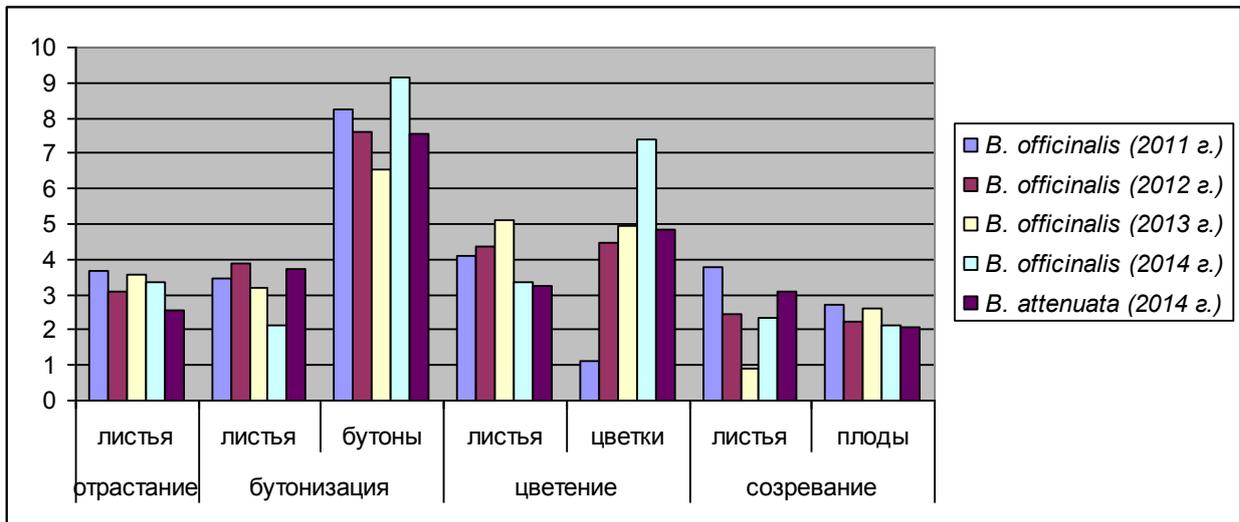


Рисунок 11 – Динамика содержания флавонолов в надземных органах растений *B. officinalis* и *B. attenuata* (в % от абсолютно сухой массы)

Следует отметить высокую концентрацию катехинов в бутонах *B. officinalis*. Максимальное содержание отмечено в 2014 г. – 2,79 % (рисунок 12). В цветках наблюдается спад содержания катехинов. Исключением является сбор 2013 года, когда содержание катехинов увеличилось с 1,16 % до 2,02 %. В цветках растений 2011 г. произошло резкое снижение количества катехинов с 1,60 % в бутонах до 0,60 %. Содержание катехинов в плодах варьирует от 0,45 % (2012 г.) до 0,82 % (2013 г.). В листьях изученных растений количество катехинов в период

отрастания не превышает 0,34 % (2014 г.). Во время бутонизации отмечается небольшое увеличение содержания катехинов в листьях – до 0,52 % (2014 г.). В период цветения наблюдается спад накопления катехинов – до 0,36 % (2014 г.). В период плодоношения в листьях происходит пик накопления катехинов – в сборе 2013 г. их содержание достигает 0,92 %. Только в сборе 2011 г. количество катехинов в листьях не изменилось с периода цветения – 0,21 %.

В растениях *B. attenuata* сезонная динамика накопления катехинов происходит так же, как и у растений *B. officinalis*. Максимальное количество катехинов содержится в бутонах – 1,89 %. В цветках и плодах содержание катехинов уменьшается до 1,38 % и 0,49 %, соответственно. Пик накопления катехинов в листьях приходится на период плодоношения – 0,79 %. Минимальное количество катехинов отмечено во время цветения – 0,18 %.

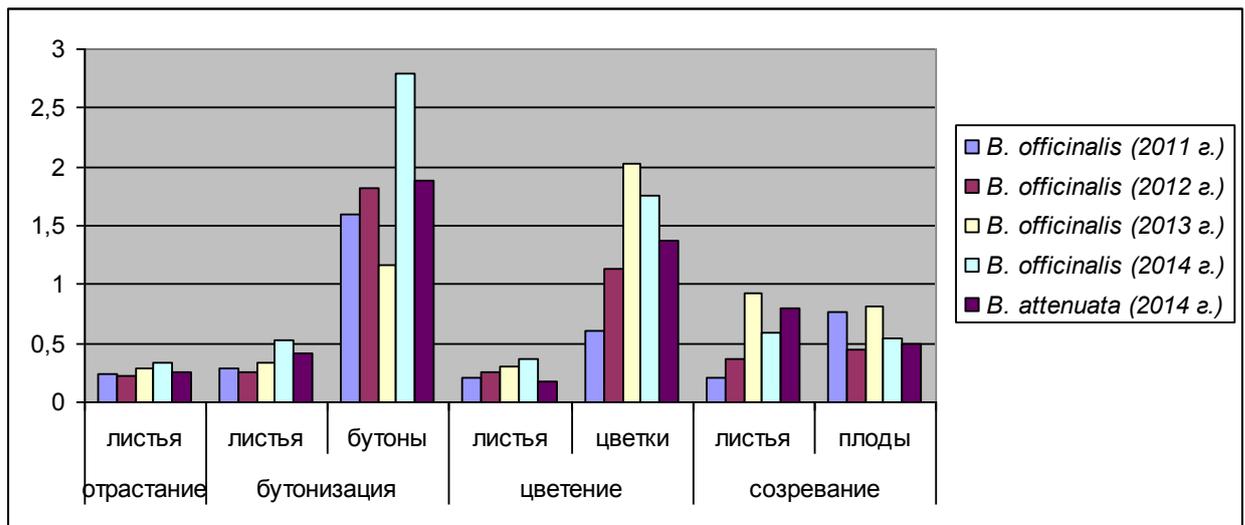


Рисунок 12 – Динамика содержания катехинов в надземных органах растений *B. officinalis* и *B. attenuata* (в % от абсолютно сухой массы)

Наибольшее количество танинов содержится в бутонах – до 22,20 % (2014 г.) (рисунок 13). В цветках наблюдается снижение количества танинов во всех образцах - минимальное количество в цветках в 2011 г. – 7,21 %. В плодах отмечается также наименьшее содержание танинов – 7,39 % (2012 г.). Только в 2011 году в плодах количество танинов увеличилось до 11,20 %. В листьях

растений отмечается увеличение содержания танинов во время бутонизации по сравнению с фазой отрастания: в 2012 г. – от 14,60 % до 16,26 %, в 2013 г. – от 14,53 % до 16,56 %. В 2011 г. и 2014 г. происходит снижение концентрации танинов от отрастания к бутонизации с 13,45 % до 12,96 % и с 14,60 % до 12,26 %, соответственно. Во время цветения содержание танинов в листьях падает в растениях до 16,06 % (2013 г.). В остальных образцах листьев *B. officinalis* количество танинов увеличивается во время цветения – максимум 18,17 % в 2012 г. К плодоношению содержание танинов в листьях *B. officinalis* падает, за исключением 2014 г., когда происходит увеличение концентрации танинов до 18,60 %. В бутонах *B. attenuata* наблюдается максимальное количество танинов – 21,95 %. В цветках их содержание падает до 16,87 %. В плодах отмечается минимальное содержание танинов – 7,99 %.

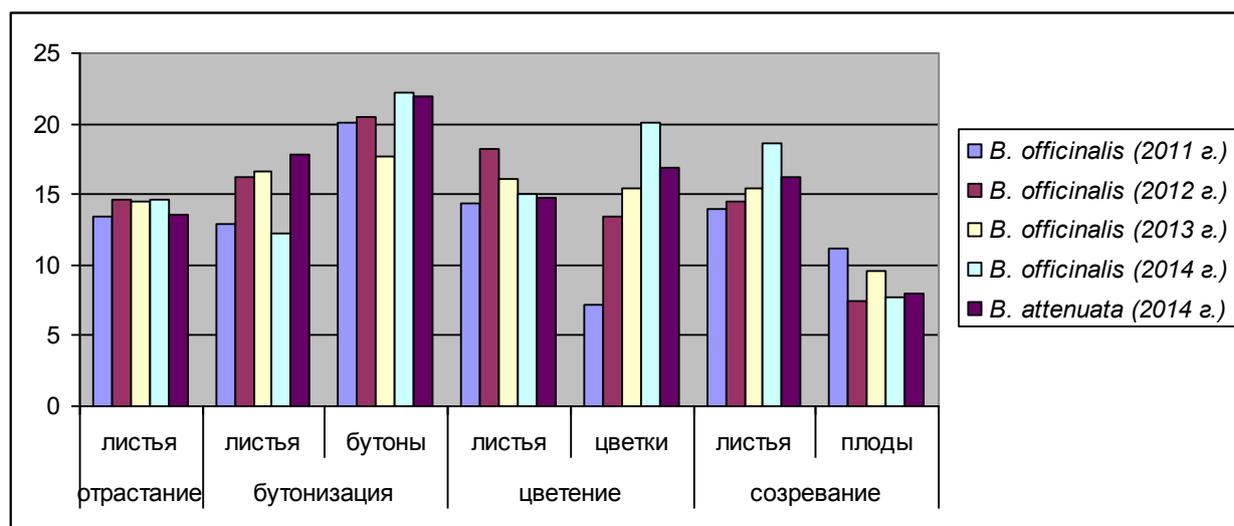


Рисунок 13 – Динамика содержания катехинов в надземных органах растений *B. officinalis* и *B. attenuata* (в % от абсолютно сухой массы)

В заключение необходимо отметить, что количество флавонолов и катехинов в репродуктивных органах растений *B. officinalis* и *B. attenuata* значительно превышает их содержание в листьях. Разница в содержании танинов в листьях и репродуктивных органах незначительна. Максимум флавонолов, катехинов и танинов обнаружен в бутонах. Предполагается связь содержания

фенольных соединений в растениях с изменениями погодных условий. Отмечено резкое снижение количества фенольных соединений (флавонолов, катехинов, танинов) в цветках в 2011 г. в условиях недостаточного увлажнения при повышенных температурах. Наблюдается значительное увеличение количества флавонолов в листьях в период цветения в 2013 г. при довольно низких температурах для июня и достаточном увлажнении. В листьях *B. officinalis* пик накопления флавонолов приходится на время цветения, а у *B. attenuata* – в период бутонизации. Наибольшее содержание катехинов в листьях отмечается в период плодоношения. Содержание танинов в листьях варьирует в зависимости от года сбора.

Таким образом, рекомендуется производить сбор надземных органов *B. officinalis* и *B. attenuata* как лекарственного сырья в период бутонизации, так как в это время отмечается максимальная концентрация фенольных соединений в растениях.

4.3. Индивидуальная изменчивость содержания фенольных соединений в органах растений *B. attenuata*, *B. officinalis* и *B. vivipara*

Индивидуальную изменчивость содержания флавонолов, катехинов и танинов в листьях, соцветиях и корневищах изучали на примере трех видов рода *Bistorta*: *B. attenuata* (по 25 растений) из двух популяций Иркутской области (пос. Сарма и пос. Курма), *B. officinalis* (15 растений) из пос. Артыбаш на территории Горного Алтая и *B. vivipara* (15 растений) из пос. Курма. Растения находились в фазе цветения. На основании полученных данных (приложение 3) вычисляли коэффициент вариации – V . Коэффициенты вариации оценивали по шкале уровней изменчивости, предложенной С. А. Мамаевым (1973). Уровень изменчивости считается очень низким при $V \leq 7$, низким при $7 < V \leq 12$, средним при $13 \leq V \leq 20$, высоким при $21 \leq V \leq 40$, очень высоким при $V > 40$.

Уровень индивидуальной изменчивости содержания флавонолов в листьях высокий для всех исследованных видов (таблица 12). Коэффициент вариации для листьев растений *B. attenuata* из пос. Сарма составил – $V = 28,2$ % со средним значением $X_{cp} = 6,8$ %, а для растений пос. Курма – $V = 31,5$ % с $X_{cp} = 6,9$ %.

Изменчивость содержания флавонолов в листьях *B. officinalis* - 25,8 % с $X_{cp} = 8,9$ %, а в *B. vivipara* $V = 22,4$ %, с $X_{cp} = 8,9$ %. Вариабельность содержания флавонолов в соцветиях *B. attenuata* (пос. Курма) ($V = 21,8$ %, $X_{cp} = 9,7$ %), *B. officinalis* ($V = 28,7$ %, $X_{cp} = 6,5$ %), *B. vivipara* ($V = 22,0$ %, $X_{cp} = 4,5$ %) высокая, а в соцветиях *B. attenuata* из пос. Сарма средняя ($V = 17,0$ % и $X_{cp} = 10,7$ %). Изменчивость содержания танинов в листьях *B. attenuata* (пос. Сарма) высокая $V = 33,2$ %, с $X_{cp} = 28,6$ %. Средний уровень изменчивости танинов отмечается для листьев *B. attenuata* (пос. Курма): $V = 19,9$ % с $X_{cp} = 32,3$ % и *B. officinalis*: $V = 15,4$ % с $X_{cp} = 39,5$ %. Низкий уровень изменчивости танинов в листьях отмечен у растений *B. vivipara* – $V = 11,2$ %, с $X_{cp} = 34,9$ %. В соцветиях *B. attenuata* отмечен средний уровень изменчивости содержания танинов – $V = 18,1$ %, $X_{cp} = 28,5$ % (пос. Сарма); $V = 19,0$ %, $X_{cp} = 29,4$ % (пос. Курма), как и в соцветиях *B. vivipara* – $V = 18,5$ %, $X_{cp} = 22,9$ %. Для корневищ этих видов уровень изменчивости содержания танинов высокий. Вариабельность содержания танинов в соцветиях *B. officinalis* высокая $V = 21,6$ %, $X_{cp} = 23,3$ %, а в корневищах средняя $V = 18,0$ %, $X_{cp} = 29,8$ %. Изменчивость содержания катехинов в органах растений всех изученных видов высокая или очень высокая.

Таблица 12 – Коэффициент вариации (V, %) и среднее значение (X_{cp} %) содержания флавонолов, танинов и катехинов в листьях, соцветиях и корневищах растений *B. attenuata*, *B. vivipara* и *B. officinalis*

Вид	Хим. признак	листья		соцветия		корневища	
		$X_{cp} \pm M_x$	V	$X_{cp} \pm M_x$	V, %	$X_{cp} \pm M_x$	V
<i>B. attenuata</i> п. Сарма	флавонолы	6,8±0,4	28,2	10,7±0,4	17,0	-	-
	танины	28,6±1,9	33,2	28,5±1,0	18,1	4,3±0,3	26,8
	катехины	1,4±0,01	33,2	2,0±0,1	24,1	1,4±0,1	48,7
<i>B. attenuata</i> п. Курма	флавонолы	6,9±0,4	31,5	9,7±0,4	21,8	-	-
	танины	32,3±1,3	19,9	29,4±1,1	19,0	6,0±0,3	24,3
	катехины	0,8±0,06	42,3	1,8±0,1	37,9	1,3±0,1	35,9
<i>B. vivipara</i>	флавонолы	8,9±0,5	22,4	4,5±0,3	22,0	-	-
	танины	34,9±1,0	11,2	22,9±1,1	18,5	10,1±0,7	27,6

	катехины	2,0±0,5	27,3	3,3±0,2	20,6	2,5±0,3	54,6
<i>B. officinalis</i>	флавонолы	8,9±0,6	25,8	6,5±0,5	28,7	-	-
	танины	39,5±1,7	15,4	23,3±1,3	21,6	29,8±1,4	18,0
	катехины	1,8±0,1	26,8	3,0±0,2	27,3	10,5±0,7	27,4

Примечание: V, % – коэффициент вариации; X_{cp} – среднее значение признака; M_x – ошибка среднего значения; «-» – вещества отсутствуют

Несмотря на высокий уровень изменчивости флавонолов, катехинов и танинов в растениях рода *Bistorta*, отмечается видоспецифичность накопления этих соединений в органах растений. Содержание танинов в корневищах *B. officinalis* значительно больше, чем в корневищах двух других видов: $X_{cp} = 29,8\%$, а содержание танинов в корневищах *B. vivipara* – $X_{cp} = 10,1\%$, то есть несколько выше, чем их содержание в *B. attenuata* – $X_{cp} = 4,3\%$ (пос. Сарма) и $X_{cp} = 6,0\%$ (пос. Курма) (рисунок 13).

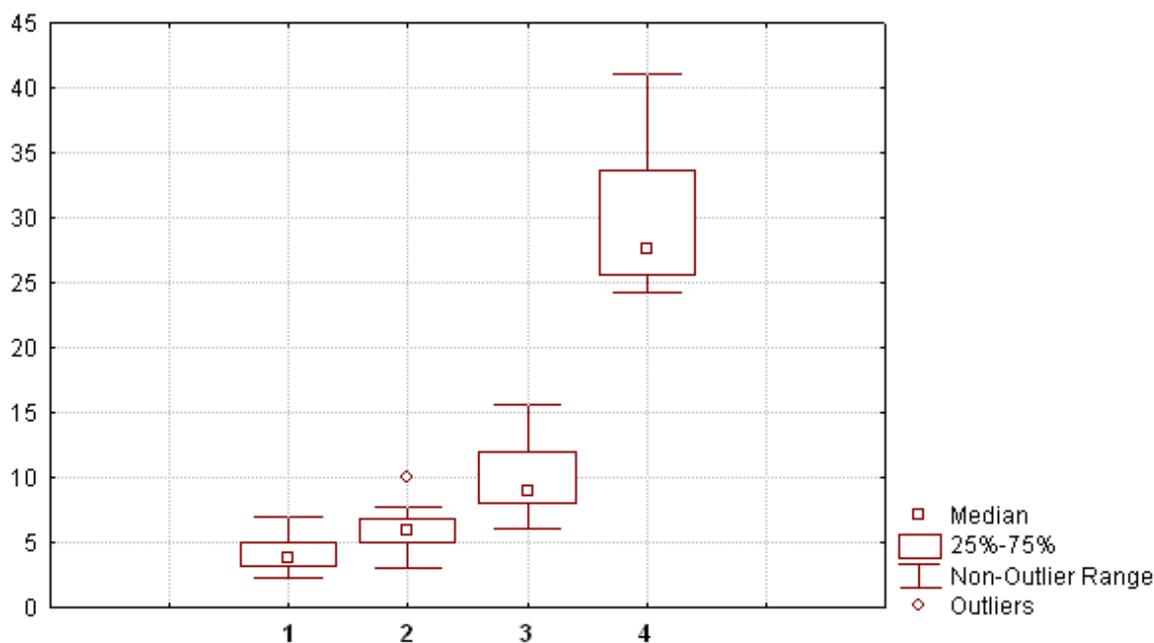


Рисунок 13 – Содержание танинов в корневищах растений рода *Bistorta*. **1** – *B. attenuata* (пос. Сарма), **2** – *B. attenuata* (пос. Курма), **3** – *B. vivipara*, **4** – *B. officinalis*. По оси абсцисс – содержание танинов, %; по оси ординат – виды

Среднее содержание катехинов в корневищах *B. officinalis* - 10,5 % (рисунок 14), что значительно превышает их содержание в других видах. Соцветия

растений *B. attenuata* накапливают большее количество флавонолов ($X_{cp}=10,7\%$ – пос. Сарма, $X_{cp}=9,7\%$ – пос. Курма) и танинов ($X_{cp}=28,5\%$ – пос. Сарма, $X_{cp}=29,4\%$ – пос. Курма) по сравнению с другими видами (рисунок 15, 16). В соцветиях *B. vivipara* – наименьшее количество флавонолов $X_{cp}=4,5\%$, что, вероятно, связано с нетипичным способом размножения у этого вида. Содержание катехинов в соцветиях растений *B. vivipara* ($X_{cp}=3,3\%$) и *B. officinalis* ($X_{cp}=3,0\%$) выше, чем в соцветиях *B. attenuata* ($X_{cp}=2,0\%$ – пос. Сарма, $X_{cp}=1,8\%$ – пос. Курма) (рисунок 17). Листья растений *B. attenuata* отличаются несколько меньшим содержанием катехинов: $X_{cp}=1,4\%$ – пос. Сарма, $X_{cp}=0,8\%$ – пос. Курма (рисунок 18). В листьях *B. vivipara* и *B. officinalis* среднее значение содержания катехинов – $2,0\%$, $1,8\%$, соответственно. Количество флавонолов и танинов в листьях изученных видов различается незначительно (рисунок 19, 20).

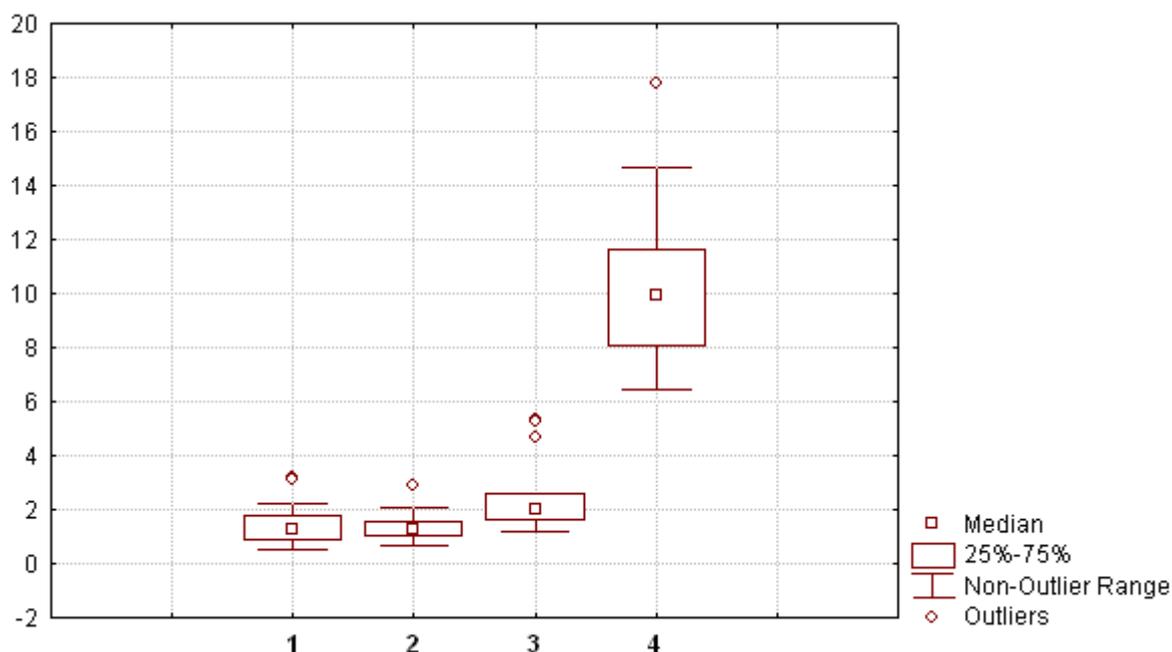


Рисунок 14 – Содержание катехинов в корневищах растений рода *Bistorta*. 1 – *B. attenuata* (пос. Сарма), 2 – *B. attenuata* (пос. Курма), 3 – *B. vivipara*, 4 – *B. officinalis*. По оси абсцисс – содержание катехинов, %; по оси ординат – виды

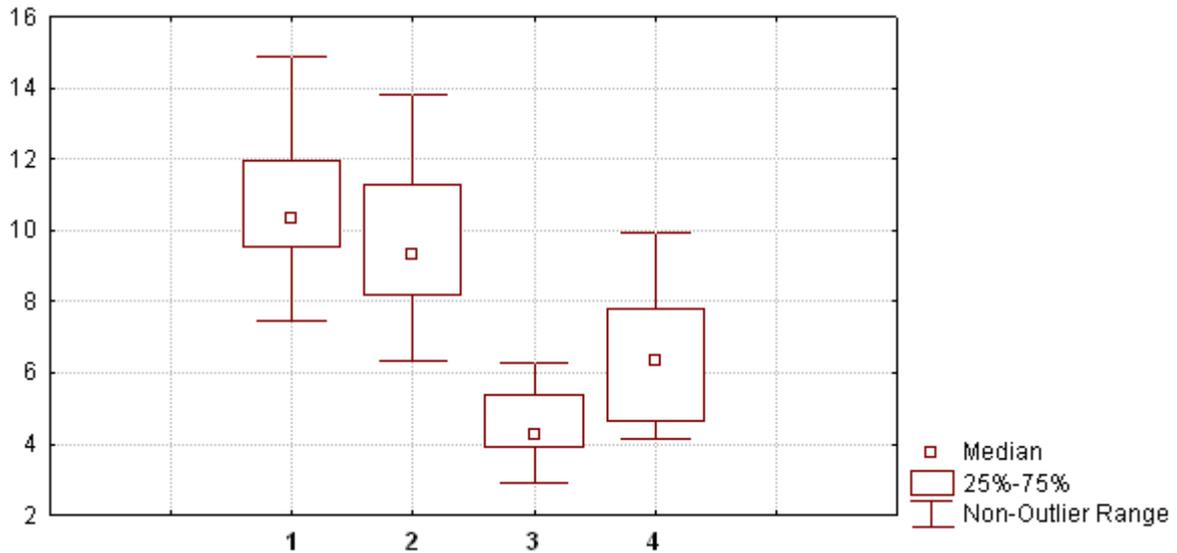


Рисунок 15 – Содержание флавонолов в соцветиях растений рода *Bistorta*. **1** – *B. attenuata* (пос. Сарма), **2** – *B. attenuata* (пос. Курма), **3** – *B. vivipara*, **4** – *B. officinalis*. По оси абсцисс – содержание флавонолов, %; по оси ординат – виды

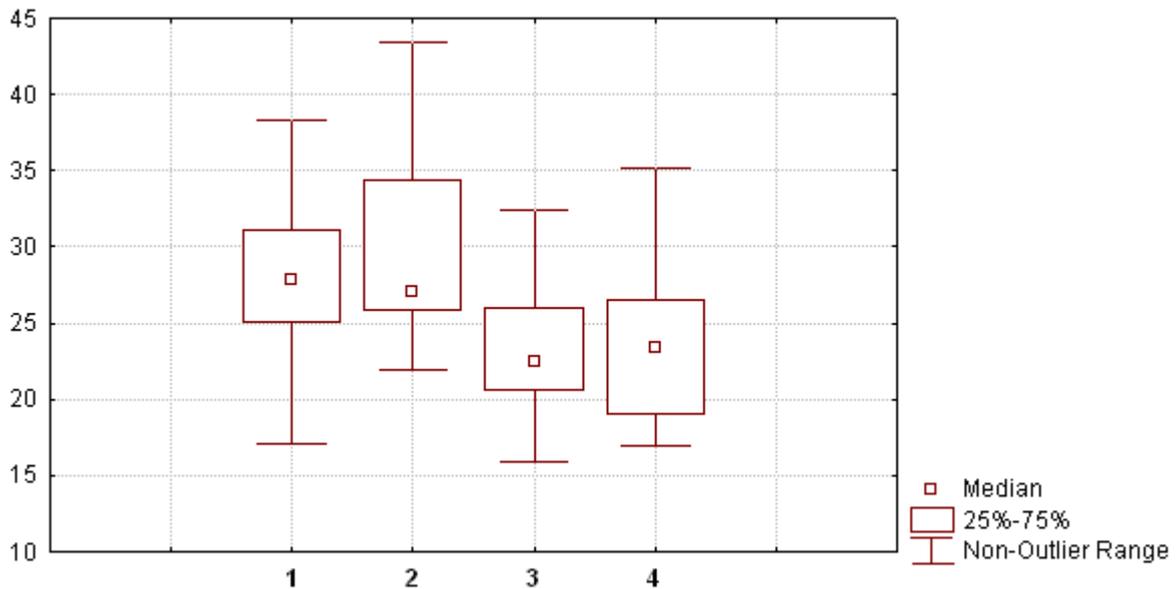


Рисунок 16 – Содержание танинов в соцветиях растений рода *Bistorta*. **1** – *B. attenuata* (пос. Сарма), **2** – *B. attenuata* (пос. Курма), **3** – *B. vivipara*, **4** – *B. officinalis*. По оси абсцисс – содержание танинов, %; по оси ординат – виды

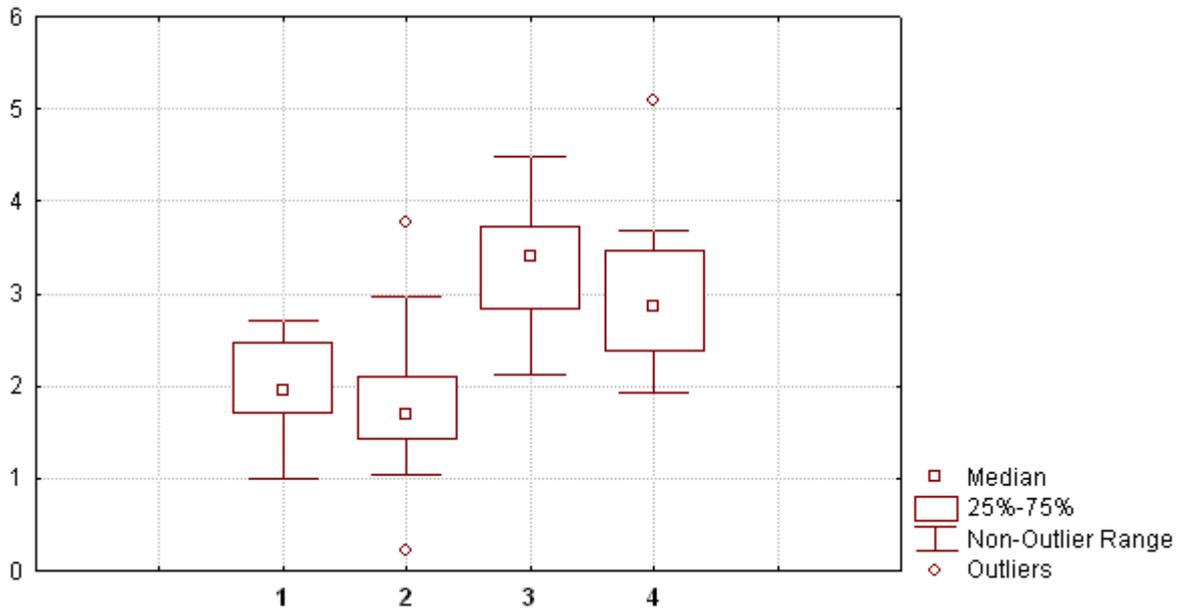


Рисунок 17 – Содержание катехинов в соцветиях растений рода *Bistorta*. **1** – *B. attenuata* (пос. Сарма), **2** – *B. attenuata* (пос. Курма), **3** – *B. vivipara*, **4** – *B. officinalis*. По оси абсцисс – содержание катехинов, %; по оси ординат – виды

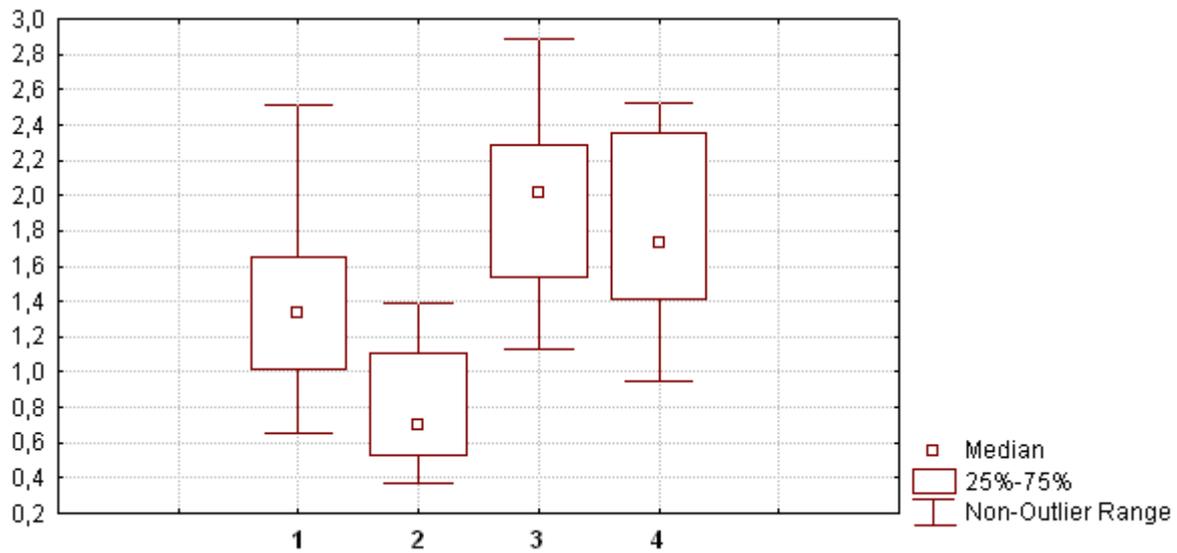


Рисунок 18 – Содержание катехинов в листьях растений рода *Bistorta*. **1** – *B. attenuata* (пос. Сарма), **2** – *B. attenuata* (пос. Курма), **3** – *B. vivipara*, **4** – *B. officinalis*. По оси абсцисс – содержание катехинов, %; по оси ординат – виды

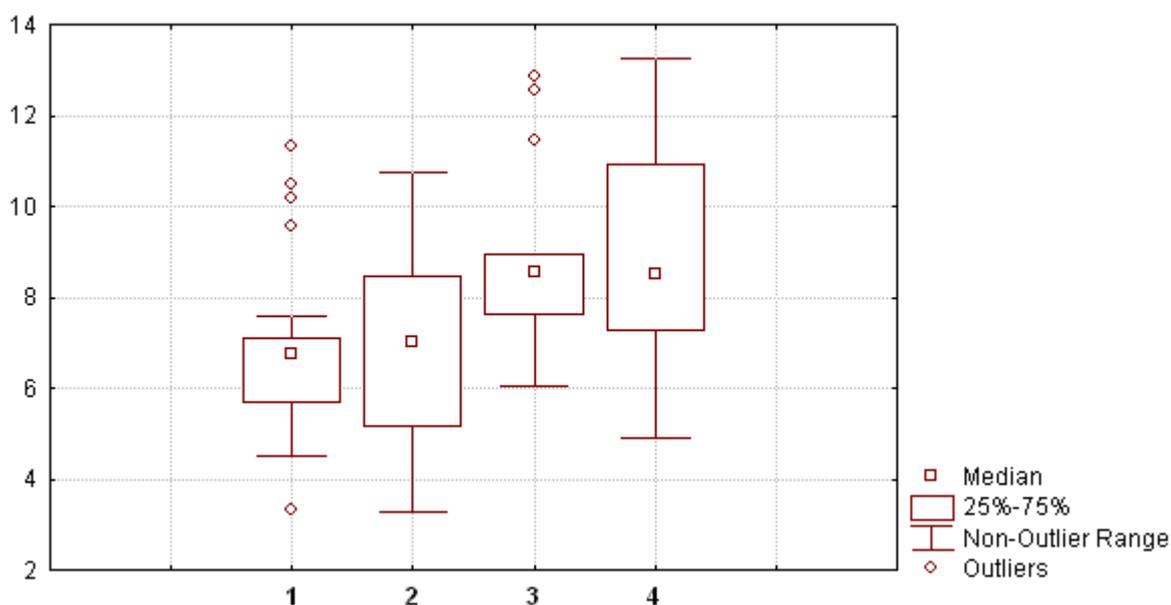


Рисунок 19 – Содержание флавонолов в листьях растениях рода *Bistorta*. **1** – *B. attenuata* (пос. Сарма), **2** – *B. attenuata* (пос. Курма), **3** – *B. vivipara*, **4** – *B. officinalis*. По оси абсцисс – содержание флавонолов, %; по оси ординат – виды

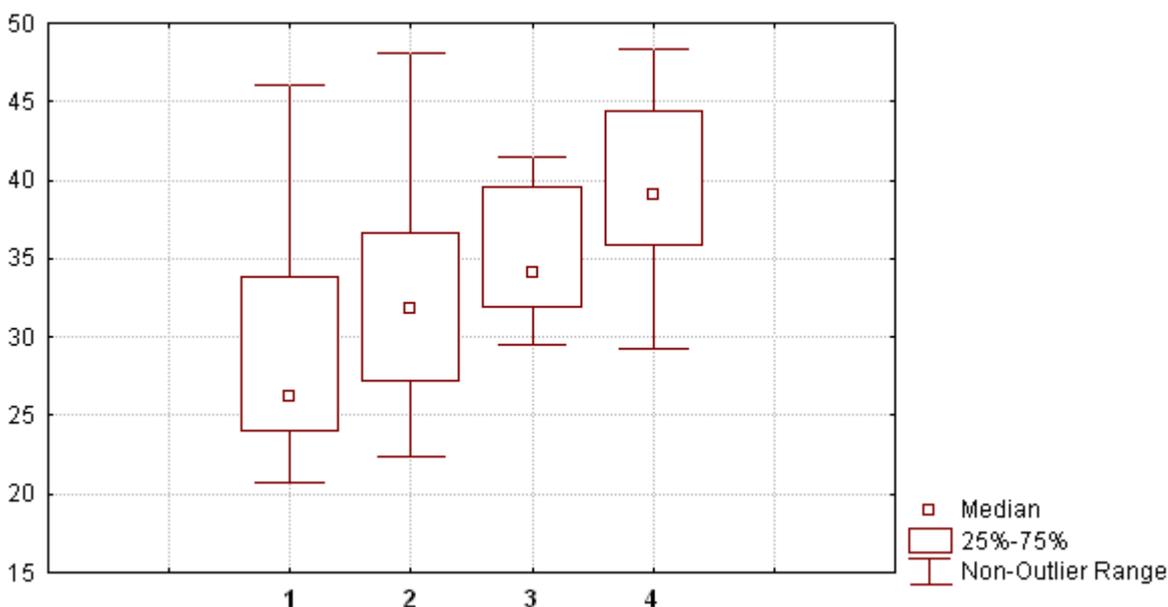


Рисунок 20 – Содержание танинов в листьях растений рода *Bistorta*. **1** – *B. attenuata* (пос. Сарма), **2** – *B. attenuata* (пос. Курма), **3** – *B. vivipara*, **4** – *B. officinalis*. По оси абсцисс – содержание танинов, %; по оси ординат – виды

В целом для растений изученных видов отмечен высокий уровень изменчивости содержания фенольных соединений. Несмотря на это, выявлена

видоспецифичность в накоплении флавонолов, катехинов и танинов в органах изученных растений. Растения *B. officinalis* отличаются наибольшим количеством катехинов и танинов в корневищах. Для *B. attenuata* отмечается более низкое содержание катехинов в надземных органах, но большее количество флавонолов и танинов в соцветиях в отличие от двух других видов. Различие в содержании флавонолов и танинов в листьях растений изученных видов незначительно. В заключение следует отметить, что каждому виду свойственен особый характер накопления веществ в органах растений.

4.4. Географическая изменчивость состава фенольных соединений

B. officinalis, *B. alopecuroides* и *B. elliptica*

Методом ВЭЖХ исследованы экстракты листьев растений трех видов: *B. officinalis* (10 растений), *B. alopecuroides* (10 растений) и *B. elliptica* (6 растений), произрастающих на территории Азиатской России. В таблице 13 представлены места и время сбора исследованных образцов.

Таблица 13 – Образцы растений видов *B. officinalis*, *B. alopecuroides* и *B. elliptica*

№ образца	Вид	Место и время сбора
1.	<i>B. officinalis</i>	Иркутская обл., г. Иркутск, окр. Ершовского залива, у дороги. 30.06.2005 г.
2.		Хакасия, Орджоникидзеvский р-н, окрестности с. Подкамень, прореженный лес, 600 м над у. м. 22.07.2005 г.
3.		Красноярский край, Курагинский р-н, Восточный Саян, хр. Крыжина, междуречье р. Кизир и р. Казыр (верховье), разнотравно-горцевый луг, 1411 м над у. м. 20.07.2009 г.
4.		Красноярский край, Курагинский р-н, окрестности пос. Андреевский ключ, лесной разнотравный луг, 350 м над у. м. 27.06.2014 г.
5.		Иркутская обл., Иркутский р-н, окр. с. Большое Голоустное, лев. приток р. Голоустная, сосново-березовый лес, 489 м над у. м. 22.07.2014 г.
6.		Республика Алтай, пос. Артыбаш, берег оз. Телецкое, влажный луг. 26.06.2014 г.
7.		Красноярский край, Курагинский р-н, окрестности пос. Ирба, лесной влажный

		разнотравно-лабазниковый луг. 27.06.2014 г.
8.		Алтайский край, Красногорский р-н, окр. пос. Тайна, на опушке осино-березового леса, 894 м над у. м., 17.05.2014 г.
9.		Иркутская обл., Иркутский р-н, оз. Байкал, пос. Большие Коты, падь Малая Сенная, 16.07.1990 г.
10.		Республика Алтай, Улаганский р-н, долина реки Ак-Тру, злаково-разнотравный луг, 1996 м над у. м. 27.07.2009 г.
11.	<i>B. alopecuroides</i>	Республика Бурятия, Тункинский р-н, пр. берег притока р. Маргасан, полог смешанного леса. 23.08.2009 г.
12.		Забайкальский край, Дульдургинский р-н, окрестности с. Ара-Иля, кордон национального парка «Алханай», урочище Дыбыкса. 23.06.2010 г.
13.		Амурская обл. Октябрьский р-н, Ерковецкий угольный разрез, вейниково-разнотравный луг. 26.06.2001 г.
14.		Амурская обл., Мазановский р-н, с. Лебедиха. 28.06.2010 г.
15.		Республика Бурятия, Тинкинский р-н, окр. пос. Ниловка, курорт Нилова Пустынь, берег р. Ихэ-Угун, сосново-березово-ивовый лес, 919 м над у. м. 26.07.2014 г.
16.		Амурская обл., Благовещенский р-н, 47 км Игнатьевского шоссе, Михайловские столбы. 08.07.2010 г.
17.		Амурская обл., г. Благовещенск, 11-12 км Ново-Троицкого шоссе, сыроватый луг, 19.07.2013 г.
18.		Иркутская обл., правый берег р. Зундук, берег оз. Байкала, заболоченный галечник. 07.06.2009 г.
19.		Амурская обл., окрестности г. Благовещенска, 10-11 км Ново-Троицкого шоссе. 19.07.2013 г.
20.		Республика Бурятия, Закаменский р-н, окрестности пос. Баянгола, правый берег р. Сангина, лиственный лес (горельник), 1140 м над у. м. 16.07.2009 г.
21.	<i>B. elliptica</i>	Тюменская обл., Ямало-Ненецкий автономный округ, Тазовский р-н, пос. Гыда, тундра. 07.08.2011 г.
22.		Иркутская обл., Качугский р-н, Байкальский хребет, гребень над бухтой Заворотной, гольцовый пояс, злаково-разнотравный луг.

		21.07.1993 г.
23.		Магаданская обл., Хасынский р-н, верховья р. Малтан, в 3 км выше р. Хета, пойменный лиственничник. 13.07.2012 г.
24.		Магаданская обл., Ольский р-н, верховья реки Окса, 23 км Арманской трассы, разнотравный луг по склону сопки. 18.07.2012 г.
25.		Магаданская обл., Ольский р-н, 20 км западнее г. Магадан, перевал Арманский, нивальная разнотравно-кустарничковая лужайка. 19.08.2014 г.
26.		Приморский край, Чугуевский район, верховья реки Уссури, вершина горы Снежная, каменистые россыпи на гольцах, 1654 м над у. м. 14.07.2011 г.

Идентифицированы 7 компонентов – витексин (5) ($t_R=12,0$), изовитексин (6) ($t_R=16,2$), гиперозид (7) ($t_R=18,3$), изокверцитрин (8) ($t_R=19,8$), (9) рутин ($t_R=20,6$), кверцитрин (14) ($t_R=31,2$), астрагалин (15) ($t_R=32,5$).

Так как *B. officinalis* является типичным мезофильным растением, его обычными местообитаниями являются лесные, заливные и водораздельные луга, лесные опушки и кустарниковые заросли. Поднимается в субальпийский пояс. Имеет обширный ареал, охватывающий почти всю территорию Евразии (Попов, 1959; Цвелев, 1989; Тупицина, 1992). Растения *B. officinalis* весьма полиморфны, они отличаются большой изменчивостью морфологических признаков, на что указывали В. В. Петровский (1966) и Н. Н. Цвелев (1989). Ранее уже отмечалась высокая индивидуальная изменчивость содержания флавонолов и катехинов в листьях растений этого вида. Высокая степень изменчивости характерна и для состава фенольных соединений. Среди рассмотренных видов *B. officinalis* отличается наибольшим спектром фенолгликозидов в листьях. Для растений *B. officinalis* отмечены 24 соединения, полный спектр компонентов не найден ни в одном образце (таблица 14). Наиболее характерными компонентами для этого вида являются рутин, кверцитрин и компонент №12 (обнаружены во всех образцах), и соединения № 16, 20, которые присутствуют в 9 популяциях из 10.

Можно отметить также часто встречающиеся соединения изовитексин, № 17, 21, 22, 23 и 25, они присутствуют как минимум в половине изученных образцов.

B. elliptica является психрофитом, аркто-альпийским видом, который произрастает в Арктике от Низовьев р. Анабар до Чукотки и высокогорьях Станового нагорья. В северной части ареала обитает на пойменных лугах, в лиственничных редирах, ерниково-ивовых зарослях и разнотравно-дриадовых тундрах, в южной части – на каменистых россыпях и на лужайках, на гольцах (в альпийском ложе) выше верхней границы леса (Шмидт, 1983). Фенольный состав листьев *B. elliptica* представлен 18 соединениями (приложение 2). Полный комплекс соединений не отмечен ни в одном из изученных образцов. Для *B. elliptica* типичны рутин, кверцитрин и компоненты № 18, 20. Изовитексин, гиперозид и изокверцитрин также характерны для фенольного комплекса *B. elliptica*.

B. alopecuroides – мезофит. В основном, распространен в Забайкалье, за исключением высокогорных районов, восточнее отмечен в долине Амура и в Приханкайской низменности. Обитает на влажных, часто более или менее солонцеватых лугах, окраинах болот, каменистых склонах и галечниках, в луговых степях. *B. alopecuroides* характеризуется более скудным составом фенольных соединений. Для этого вида отмечено 16 компонентов, 4 из них единично встречающиеся – 1, 10, 20, 23 (таблица 14). Рутин, изовитексин и компонент № 3 обнаружены во всех изученных образцах, также часто встречающимися соединениями являются витексин, гиперозид, изокверцитрин и соединения № 4 и 17.

Только рутин встречается во всех изученных образцах трех видов. Выявлена таксоноспецифичность в составе их фенолгликозидов. Кверцитрин присутствует почти во всех образцах листьев двух видов – *B. officinalis* и *B. elliptica*. Неидентифицированные соединения 11, 12, 18, 20 и 21 также отмечены только в растениях *B. officinalis* и *B. elliptica*. Соединение № 20 является характерным для этих двух видов.

Таблица 14 – Состав фенольных соединений листьев растений *B. officinalis*, *B. alopecuroides* и *B. elliptica*

№ соединения, время удерживания (t _R), мин.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
	7,4	8,3	9,2	11,1	12,0	16,2	18,3	19,8	20,6	22,8	26,1	28,8	29,6	31,2	32,5	34,5	35,7	37,1	37,8	40,3	41,8	43,4	44,5	47,4	50,2	
<i>B. officinalis</i>	1	-	-	-	-	•	-	-	•	-	•	•	-	•	-	-	•	•	-	•	•	-	-	•	•	
	2	-	-	-	-	-	•	-	-	•	-	-	•	-	•	-	•	-	•	-	-	•	-	-	•	
	3	-	•	-	-	-	•	-	-	•	•	•	-	•	-	•	•	-	-	-	•	•	•	•	-	-
	4	•	•	-	-	-	•	•	-	•	-	•	•	-	•	•	•	-	-	-	•	•	•	•	-	•
	5	-	-	-	-	-	•	•	-	•	-	-	•	-	•	-	•	•	-	•	•	-	-	-	-	-
	6	-	-	-	-	•	-	-	•	•	-	-	•	-	•	•	•	•	-	-	•	-	•	•	•	•
	7	-	-	-	-	-	•	•	-	•	-	-	•	•	•	-	•	•	-	-	•	•	•	•	-	•
	8	-	-	-	-	-	•	-	-	•	-	•	•	•	•	•	•	-	-	-	•	-	•	-	-	-
	9	-	•	•	-	•	•	-	-	•	-	-	•	-	•	-	•	•	•	•	•	•	-	•	-	-
	10	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	-	•	-	•	-	•	-	-	•	•	-	-	-	•	-
<i>B. alopecuroides</i>	11	-	-	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	12	•	•	•	-	-	•	-	-	•	-	-	-	-	-	-	-	•	-	-	-	-	-	•	-	
	13	-	•	•	•	-	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	•	-	-	-	-	-	-	-	
	14	-	-	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	15	-	•	•	•	•	•	-	-	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	-	-	-	-
	16	-	-	•	•	-	•	-	•	•	-	-	-	-	-	-	-	•	-	-	-	-	-	-	-	-
	17	-	-	•	•	-	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	•	-	-	-	-	-	-	•	-
	18	-	•	•	•	•	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	19	-	-	•	-	-	•	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	•	-	-	-	-	-	-	•	-
	20	-	-	•	•	-	•	•	•	•	•	-	-	-	-	•	•	•	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>B. elliptica</i>	21	-	-	-	•	-	•	•	-	•	-	•	-	-	-	-	-	-	-	-	•	-	-	-	-	
	22	-	-	-	-	-	•	•	-	•	-	-	-	-	•	-	-	-	•	-	•	-	-	-	-	
	23	-	-	-	•	•	-	-	•	•	-	-	-	-	•	-	•	-	•	-	•	-	-	-	-	
	24	-	-	-	•	•	-	-	•	•	-	-	-	-	•	•	•	-	•	-	•	•	-	-	•	-
	25	-	-	-	•	-	•	•	-	•	-	-	-	-	•	•	-	•	-	-	-	-	-	-	-	-
	26	-	-	•	•	-	•	•	•	•	-	-	•	-	-	•	-	-	•	-	•	•	-	•	-	-

В. В. Петровский в «Арктической флоре СССР» (1966) отмечает, что *B. elliptica* замещает *B. major* в Арктике и высокогорьях и связан с ним переходными экземплярами. Таким образом, прослеживается связь этих двух видов и по составу фенолгликозидов. Во всех изученных образцах *B. alopecuroides* присутствует компонент № 3, при этом он отмечен только в одном растении *B. officinalis* из Иркутской области (пос. Больбшие Коты) и в одном образце *B. elliptica* из Приморского края. Соединение № 4 встречается только в экстрактах растений *B. alopecuroides* и *B. elliptica*.

Сравнение всех популяций *B. officinalis*, *B. alopecuroides* и *B. elliptica* по комплексу фенольных соединений подтверждает наличие межвидовых различий. В растениях *B. elliptica* отмечены общие соединения с *B. officinalis*, которые не встречаются у *B. alopecuroides*. У *B. elliptica* и *B. alopecuroides* присутствует компонент, который не обнаружен в листьях *B. officinalis*.

Факторный анализ сходства растений методом главных компонент показал, что основную долю влияния распределения популяций по 1 главной компоненте вносит отсутствие соединений № 3, 4 и 8 и присутствие веществ № 12, 14, 16, 20 (таблица 15). Основную долю влияния в распределение по 2 главной компоненте несет присутствие 4, 18 и 20 соединений и отсутствие 17 компонента. Наименьший вклад в распределение вносят рутин, так как он встречается во всех изученных образцах, и компонент № 10 – он присутствует только в двух образцах.

Н. Н. Цвелев (1989) высказывал предположение о возможном происхождении *B. elliptica* от гибридизации «*B. major* × *B. alopecuroides*». На рисунке 21 видно, что по первому фактору растения *B. elliptica* располагаются между двумя видами *B. alopecuroides* и *B. officinalis* с самостоятельными интервалами варьирования состава фенольных соединений. По второму фактору растения *B. elliptica* занимают обособленное положение относительно двух других видов, что свидетельствует о самостоятельности этого таксона.

Таблица 15 – Связь между признаками и главными компонентами

Соединение	Фактор 1	Фактор 2
1	0,04	-0,14
2	0,01	-0,28
3	-0,31	-0,27
4	-0,33	0,29
5	-0,08	0,22
6	-0,07	-0,03
7	-0,19	-0,03
8	-0,29	0,18
9	0	0
10	0,01	0,01
11	0,17	0,01
12	0,36	-0,07
13	0,08	-0,02
14	0,34	0,25
15	0,08	0,20
16	0,31	0,06
17	0,06	-0,44
18	0,02	0,39
19	0,12	-0,07
20	0,28	0,33
21	0,20	0,07
22	0,25	-0,13
23	0,04	0,10
24	0,20	-0,09
25	0,20	-0,24

У растений *B. elliptica* так же, как и у *B. officinalis*, отмечена высокая изменчивость состава фенолгликозидов. Следует отметить, что растения *B. officinalis* отличаются большим полиморфизмом состава фенольных соединений, но стоят обособленно от двух других видов. Наблюдается распределение растений *B. officinalis* по географическому признаку. Образцы *B. officinalis* (№ 6, 8, 10) с Алтая наиболее близки друг к другу. К ним также оказались близкими растения из г. Иркутск и Иркутской области. Растения из Красноярского края (№ 3, 4, 7) образуют обособленную группу. А образец из

Хакасии (№ 2) стоит особняком от остальных растений *B. officinalis*. Образец растений № 10 из республики Алтай, произрастающих на высоте 1996 м над у. м. наиболее близок к *B. elliptica* в сравнении с другими образцами *B. officinalis*.

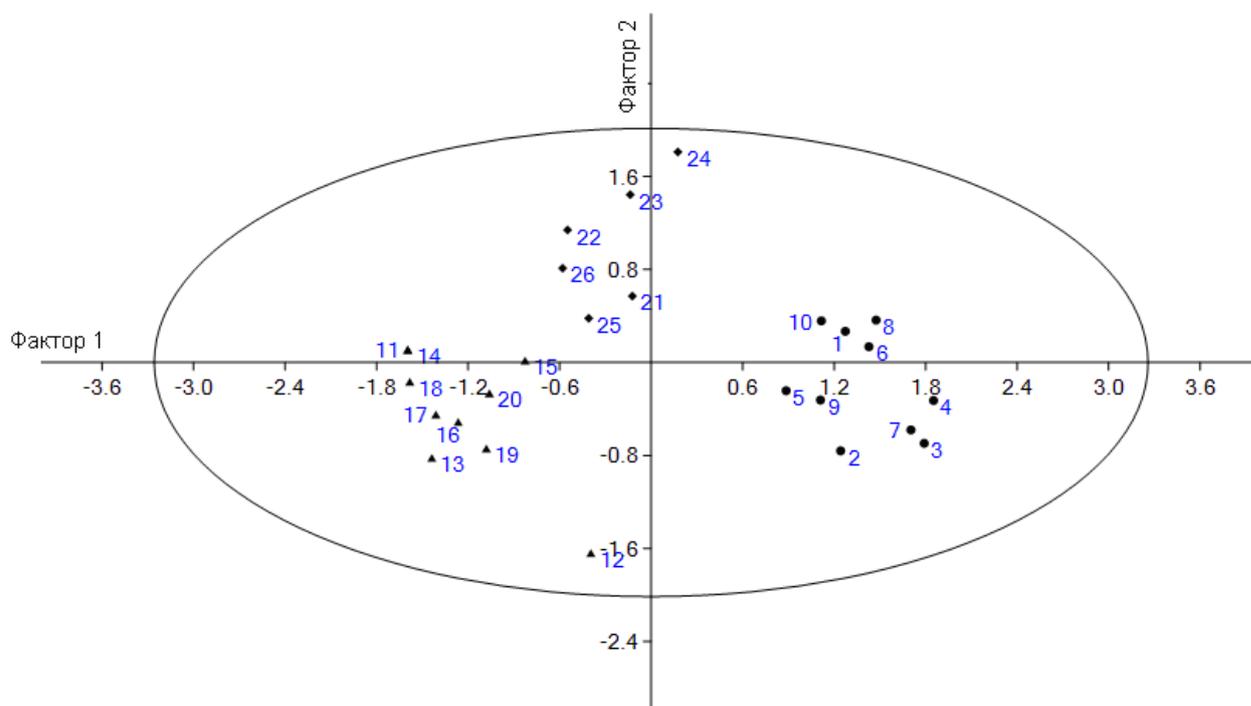


Рисунок 21 – Анализ сходства популяций *V. officinalis* (1-10), *V. alopecuroides* (11-20) и *V. elliptica* (21-26) методом главных компонент

По составу фенольных соединений растения *V. elliptica* № 25 из Ольского района Магаданской области, произрастающие на нивальной лужайке, оказались близки к растениям *V. alopecuroides* из республики Бурятия (№ 15). Эти растения произрастали на значительной высоте - 919 м над у. м. (Тинкинский район). Образец *V. alopecuroides* (№12) из Забайкальского края (Дульдургинского района) располагается отдельно от остальных растений *V. alopecuroides*, так как у него отсутствуют витексин, изоквезитрин и соединение № 4.

V. officinalis, отличающийся самым обширным ареалом, характеризуется наибольшим разнообразием фенольных соединений и большой

изменчивостью их состава. Состав фенольных соединений *B. elliptica* подтверждает самостоятельность этого вида. Образцы *B. officinalis* и *B. alopecuroides*, произрастающие в высокогорьях близки по составу фенольных соединений к *B. elliptica*, в связи с этим требуется комплексное таксономическое исследование этих видов, произрастающих в горах. Выявлены диагностические химические признаки для *B. elliptica*, *B. officinalis* и *B. alopecuroides*. Так, характерным признаком для *B. elliptica* является компонент № 18 ($t_R=37,1$ мин). Значимым признаком для *B. alopecuroides* является присутствие компонента № 3 ($t_R=9,2$ мин) и отсутствие изокверцитрина. Присутствие компонента № 12 ($t_R=28,8$ мин) и отсутствие № 4 ($t_R=11,1$ мин) характерно для *B. officinalis*.

Глава 5. ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ О СОСТАВЕ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В СИСТЕМАТИКЕ АЗИАТСКИХ ВИДОВ РОДА *BISTORTA*

5.1. Хемотаксономия как метод изучения систематики высших растений

А. Л. Тахтаджян (1965) первым сформулировал понятие «хемосистематика» как исследование связи химического состава растений с их систематическим положением. Хемосистематика (хемотаксономия, биохимическая систематика) рассматривает распространение химических соединений в растительном мире в таксономическом и филогенетическом аспектах (Высочина, 2004). В. Ф. Семихов (2013) считает, что к хемосистематике следует отнести сведения о химическом составе и свойствах продуктов трансляции и обмена веществ в исследованиях по систематике и эволюции. Хемосистематика – один из источников информации для синтетической интегральной систематики, которая имеет больше вероятности воссоздать подлинную картину эволюционного развития таксонов растений, чем любой из односторонних подходов к проблеме (Пименов, 1982). С развитием химии природных соединений было показано, что фитохимический состав может быть использован для характеристики, описания и классификации растений. Корреляция между морфологическими и химическими признаками и использование их для разделения растений по семействам и родам были установлены довольно давно (Fairbrothers, 1699). С разработкой быстрых и надежных методов анализа и созданием современных приборов возрос интерес к этому направлению (Сорокопудова и др. 2006). Ни одна из частных наук, на которые опирается систематика, не дала такого прироста таксономически значимой информации, как биохимия, химия и молекулярная биология растений. Там, где не решаются вопросы классификации таксонов по морфологическим признакам, химический состав может дать значительную дополнительную информацию в вопросах таксономии и оказаться решающим.

Хемотаксономический признак – это такая особенность таксона, которая относится к наличию, содержанию, структуре или биогенезу химических соединений, по которой он отличается от других таксонов (Пименов, 1982). При использовании биохимических признаков расширяется поле деятельности исследователя, и могут возникнуть типичные таксономические трудности, которые способствуют более глубокому анализу признаков. Явление дивергенции возникает, когда небольшие изменения, вызванные мутациями, могут давать большие различия в синтезе вторичных метаболитов, особенно если они происходят на ранней стадии биосинтеза. Явления конвергенции и параллельного развития имеют место в области изучения химического состава растений – так, одни и те же вещества находят в группах растений, удаленных с точки зрения систематики (Сорокопудова и др. 2006).

Для целей систематики используются следующие категории химических соединений: первичные и вторичные метаболиты, не включаемые в основные клеточные метаболиты, а также семантиды (молекулы несущие информацию), такие как ДНК, РНК и белки. Используется и другая классификация – микромолекулы (первичные и вторичные метаболиты) и макромолекулы (семантоиды вместе с полисахаридами) (Семихов, 2013).

Вторичные метаболиты оказались очень полезными для решения таксономических задач благодаря их структурному разнообразию и пластичности путей синтеза (Харборн, Симмондс, 1968; Cronquist, 1980).

Изменчивость – неотъемлемое свойство всех живых организмов. Исследования систематического плана, независимо от характера используемых признаков, связаны с изучением форм изменчивости на различных уровнях. Хемосистематика имеет дело с химическим проявлением изменчивости (Высочина, 1999, 2007). При проведении хемотаксономических исследований необходимо учитывать изменчивость состава и содержания вторичных метаболитов. Изменчивость биохимического признака необходимо исследовать в определенной последовательности: эндогенную, сезонную, индивидуальную, межпопуляционную. При исключении любого из этапов

исследования возможны серьезные методические погрешности (Мамаев, Семкина, 1981).

Фенольные вторичные метаболиты широко применяются в качестве хемотаксономических маркеров. Использование флавоноидов имеют ряд преимуществ: значительное структурное разнообразие, универсальное распространение в сосудистых растениях, химическая устойчивость, а также возможность быстрой и точной идентификации (Высочина, 2004; Bate-Smith, 1962; Harborne, 1979).

В хемотаксономических исследованиях первоочередным является вопрос о том, какие химические соединения таксоноспецифичны и могут быть использованы в решении тех или иных проблем. При каждом исследовании таксономическая значимость признаков оценивается заново (Высочина, 2007).

По мнению М. Г. Пименова (1982), «не следует искать среди биохимических признаков уникальные, заменяющие все остальные, даже если эти признаки относятся к таким важнейшим веществам, как белки и нуклеиновые кислоты».

Г. И. Высочина, занимаясь систематикой и филогенией гречишных, использовала в качестве хемотаксономических маркеров флавоноиды (Высочина, 2004, Высочина, 2007a). С появлением высокоточного и эффективного метода ВЭЖХ, появилась возможность более детально изучить проблему хемотаксономии рода *Bistorta* семейства *Polygonaceae*.

5.2. Хемотаксономический анализ состава фенольных соединений у представителей рода *Bistorta*

Для решения таксономических задач рода методом ВЭЖХ проведено сравнительное изучение состава фенольных соединений в листьях растений восьми азиатских видов: *B. officinalis*, *B. manshuriensis*, *B. pacifica*, *B. plumosa*, *B. elliptica*, *B. attenuata*, *B. alopecuroides* и *B. vivipara*. Данные о местонахождении собранных образцов и даты их сбора отражены в таблице 4. Хроматограммы, которые были получены при анализе экстрактов листьев растений каждого таксона, представлены на рисунке 9 (глава 3).

Как видно из таблицы 16, изученные виды растений хорошо различаются по составу фенолгликозидов в листьях.

Таблица 16 – Состав фенольных соединений в экстрактах листьев растений рода *Bistorta*

№ соединения (рисунок 9)	<i>B. officinalis</i>	<i>B. manshuriensis</i>	<i>B. pacifica</i>	<i>B. plumosa</i>	<i>B. elliptica</i>	<i>B. attenuata</i>	<i>B. alopecuroides</i>	<i>B. vivipara</i>
1	-	-	-	•	-	-	-	-
2	•	•	-	•	-	-	-	-
3	-	•	•	•	-	-	-	-
4	-	•	-	•	•	•	•	•
5	-	•	-	-	•	-	•	-
6 витексин	-	•	•	-	-	•	-	•
7 изовитексин	•	•	•	•	•	•	•	•
8 гиперозид	-	•	-	•	•	•	•	-
9 изокверцитрин	-	•	-	•	•	-	•	•
10 рутин	•	•	•	•	•	•	•	•
11	-	-	-	-	-	-	-	•
12	•	•	•	•	-	•	•	•
13	•	-	-	•	-	-	-	•
14 кверцитрин	•	-	•	-	-	-	-	-
15 астрагалин	•	•	•	-	•	-	•	-
16	•	•	-	-	-	-	-	-
17	•	•	•	-	-	-	•	-
18	-	•	•	•	•	-	-	•
19	-	•	-	-	-	•	-	-
21	•	-	-	-	•	-	-	•
22	-	-	•	•	-	•	-	-
23	•	•	•	•	•	-	-	-
24	•	•	-	•	-	-	-	-
25	•	•	-	-	-	-	-	-

Примечание: соединения № 1, 2, 3, 4, 5, 11, 12, 13, 16, 17, 18, 19, 21, 22, 23, 24, 25 не идентифицированы

Рутин и изовитексин отмечены во всех видах рода. Компонент № 12 встречается во всех видах, кроме *B. elliptica*. Компонент № 11 присутствует только у *B. vivipara*. Соединения № 2 и 24 встречаются только у трех видов: *B. officinalis*, *B. manshuriensis* и *B. plumosa*, а компоненты 16 и 25 – только в

первых двух видах. У *B. pacifica* обнаружены только 3 соединения – кверцитрин, № 18 и 22, которых нет в *B. manshuriensis*.

. Одним из методов, позволяющих наглядно представить зависимость состава фенолгликозидов от систематического положения таксона, является метод парных коэффициентов сходства. Парные коэффициенты сходства (ПС) – это количественное отношение компонентов на хроматограммах, общих для сравниваемых образцов, к общей сумме компонентов, выраженное в процентах.

Самый высокий коэффициент парного сходства – 58 % – у близкородственных видов *B. elliptica* и *B. alopecuroides* (таблица 17). В составе фенолгликозидов *B. manshuriensis* обнаружено самое большое число компонентов – 18. В связи с этим парные коэффициенты сходства этого вида оказались высокими с рядом видов: *B. plumosa*, *B. alopecuroides*, *B. elliptica*, *B. pacifica*.

Таблица 17 – Парные коэффициенты сходства между азиатскими видами рода *Bistorta* (%)

Вид		1	2	3	4	5	6	7	8
1	<i>B. officinails</i>	100	48	38	44	28	17	29	28
2	<i>B. manshuriensis</i>	48	100	45	52	47	37	50	33
3	<i>B. pacifica</i>	38	45	100	39	31	36	33	31
4	<i>B. plumosa</i>	44	52	39	100	41	38	35	41
5	<i>B. elliptica</i>	28	47	31	41	100	29	58	43
6	<i>B. attenuata</i>	17	37	36	38	29	100	42	39
7	<i>B. alopecuroides</i>	29	50	33	35	58	42	100	36
8	<i>B. vivipara</i>	28	33	31	41	43	39	36	100

Несмотря на то, что *B. vivipara* относится к другой секции и по морфологическим признакам значительно отличается от остальных видов, его показатели сходства с видами *B. elliptica*, *B. plumosa* и *B. attenuata* также довольно высокие 43 %, 41 % и 39 %. При этом парный коэффициент сходства

для близкородственных *B. elliptica* и *B. plumosa* равен 41 %, и для *B. alopecuroides* и *B. attenuata* – 42 %. Самый низкий парный коэффициент сходства – 17 % – отмечен между видами *B. officinalis* и *B. attenuata*.

Кластерный анализ, проведенный нами по данным ВЭЖХ, показал, что по составу фенолгликозидов в листьях изученные нами 8 видов рода *Bistorta* разделяются на два блока (рисунок 22). Первый блок, в который входят 5 видов рода, состоит из 2 групп. В первой группе – один вид, широко распространенный в Евразии *B. officinalis*. В. В. Петровский (1966), придерживаясь широкой трактовки *Polygonum bistorta* (= *B. officinalis*), отмечал, что в азиатской части ареала этот вид представлен многочисленными, часто слабо дифференцированными расами. В. Л. Комаров (1926), изучавший дальневосточные виды секции *Bistorta* рода *Polygonum*, писал: «... Азия дала возможность развиваться большому разнообразию вполне устойчивых резко ограниченных форм одного общего типа». Возможно, именно *B. officinalis* является ключевым видом, давшим начало остальным видам рода в различных участках его обширного ареала. Вторую группу образуют 4 вида рода: *B. manshurensis*, *B. pacifica*, *B. plumosa* и *B. vivipara*. Дауро-маньчжурский вид *B. manshuriensis* и восточноазиатский *B. pacifica* близки друг к другу по составу фенолгликозидов. Они отличаются от евразиатских и сибирских видов. Ареалы этих видов типично восточноазиатские, они отсутствуют в Восточной Сибири. *B. vivipara* оказался близок по составу фенолгликозидов к *B. plumosa*, несмотря на то, что эти виды по составу агликонов относятся к разным секциям. Ранее нами было отмечено (глава 3), что агликоновый состав *B. vivipara* отличается от остальных видов наличием мирицетина, флавонола с тремя -ОН группами в кольце В. Это существенное отличие *B. vivipara* является основанием для выделения его в отдельную секцию, что согласуется с точкой зрения Н. Н. Цвелева (1989).

Во второй блок входят *B. elliptica*, *B. alopecuroides* и *B. attenuata*, причем *B. elliptica* по составу фенольных соединений ближе к *B. alopecuroides*. Н. Н. Цвелев (1989) указывал на большой полиморфизм *B. elliptica* и на

возможность происхождения его в результате гибридизации *B. officinalis* и *B. alopecuroides*. Как уже указывалось ранее в главе № 4, *B. elliptica* занимает обособленное положение относительно этих двух видов, что подтверждает его видовую самостоятельность.

В. Л. Комаров (1936) признавал *B. attenuata* как самостоятельный вид, а М. Г. Попов (1959) считал его переходной формой от *B. officinalis* к *B. alopecuroides*. Ранее, в главе 4, отмечался особый характер накопления фенольных соединений в органах растений *B. attenuata*. Так, максимум флавонолов в листьях *B. attenuata* приходится на фазу бутонизации, а в *B. officinalis* – на фазу цветения. *B. officinalis* и *B. attenuata*, интродуцированные на экспериментальном участке ЦСБС СО РАН проходят фазу цветения в разное время. Цветение *B. officinalis* начинается в конце мая, а в начале июня уже отмечено массовое цветение растений этого вида. *B. attenuata* бутонизирует только в середине июня, а массовое цветение отмечено в конце месяца, когда у *B. officinalis* начинается созревание плодов. Соцветия *B. attenuata* характеризуются большим количеством танинов и флавонолов, а растения *B. officinalis* отличается более высоким содержанием катехинов во всех органах и танинов в корневищах.

Ареалы двух монголо-сибирских видов *B. alopecuroides* и *B. attenuata* пересекаются. *B. alopecuroides* в типичном виде встречается только в Даурии (Нерчинский завод и по р. Аргунь). *B. attenuata* обычен для Селенгенской долины и Маломорского побережья оз. Байкал. Растения *B. attenuata* характеризуются меньшим составом фенольных соединений, в отличие от *B. alopecuroides*, но в них присутствуют соединения, которые не встречаются в листьях *B. alopecuroides*. Все это может свидетельствовать в пользу самостоятельности вида *B. attenuata*.

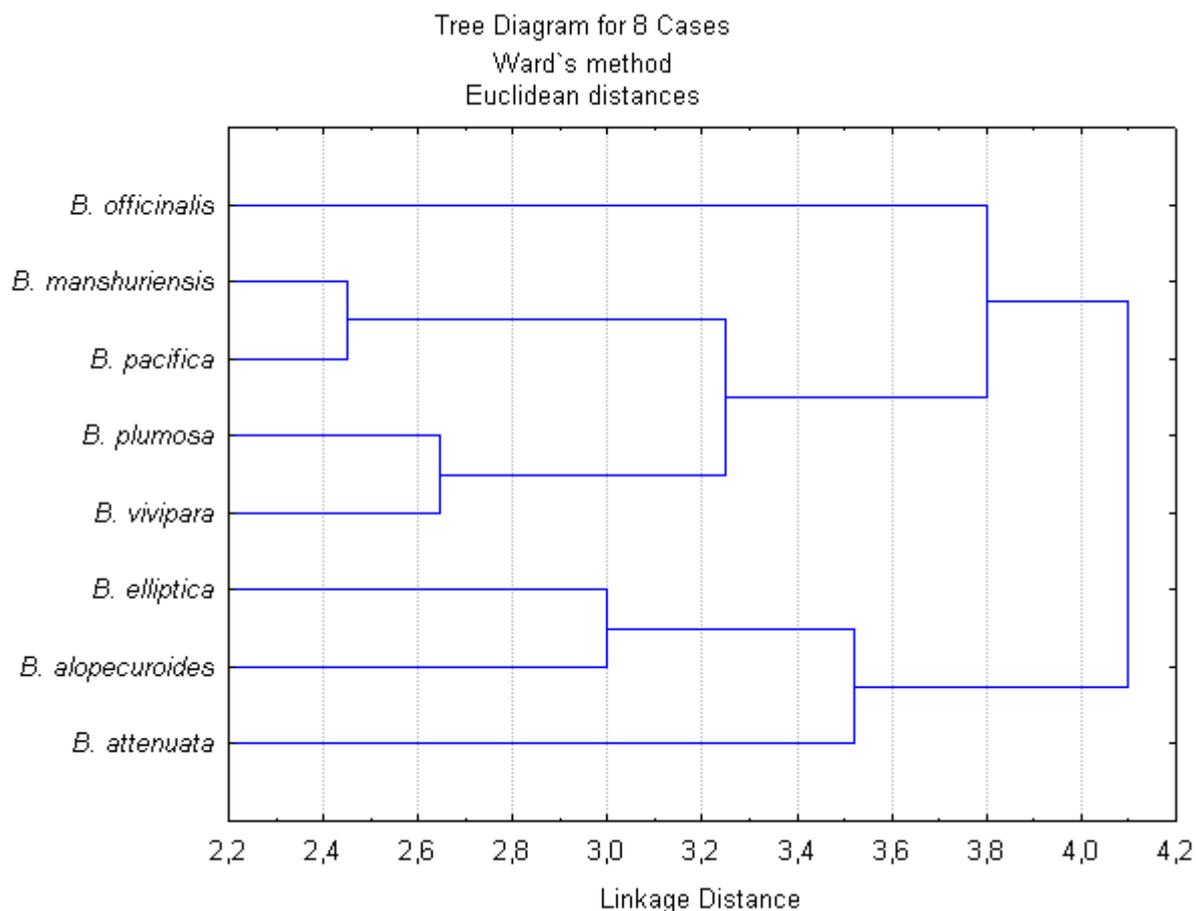


Рисунок 22 – Дендрограмма сходства растений азиатских видов рода *Bistorta* по составу фенолгликозидов в листьях

Полученные нами данные подтверждают существующую систему азиатских видов рода *Bistorta*, представленную в «Сосудистых растениях советского Дальнего Востока» (1989) и во «Флоре Сибири» (1992). Выявлено сходство в химическом составе дальневосточных видов *B. manshuriensis* и *B. pacifica*, что подтверждает их близкое родство, а также сибирских видов *B. elliptica*, *B. alopecuroides* и *B. attenuata*. Подтверждена самостоятельность сибирских видов *B. attenuata* и *B. elliptica*.

5.3. Видоспецифичность состава фенольных соединений гидролизированных экстрактов близкородственных видов

B. elliptica* и *B. plumosa

Методом ВЭЖХ после кислотного гидролиза водно-спиртовых экстрактов исследованы состав и содержание фенольных соединений в

растениях двух близкородственных видов – евразийского *B. elliptica* и восточноазиатско-североамериканского *B. plumosa*.

Образцы для исследования были собраны на территории Магаданской области:

B. plumosa – 1) Тенькинский район, верховье р. Нелькоба, окрестности оз. Синяя Ориона, кустарничковая горная тундра, 10.07.14;

2) Северо-Эвенский район, бассейн р. Омолон, верховье р. Кегали, руч. Имляки, сырая горная тундра, 30.07.14;

B. elliptica – 3) Хасынский район, верховья р. Малтан, в 3 км выше р. Хета, пойменный лиственничник, 13.07.12;

4) Ольский район, 20 км западнее г. Магадан, перевал Арманский, нивальная разнотравно-кустарничковая лужайка, 19.08.14.

B. elliptica и *B. plumosa* отличаются своей экологией. *B. elliptica* произрастает в Арктике и в высокогорьях на лугах, моховых и осоковых болотах и является типичным психрофитом, а *B. plumosa* – в Арктике и в высокогорьях на каменистых россыпях, галечниках и тундрах и является мезофитом (Тупицына, 1992; Высочина, 2004).

B. plumosa долгое время не признавали самостоятельным видом и относили к *B. elliptica*. Н. Н. Цвелев (1987) отмечал, что *B. elliptica* описан с гор в среднем и верхнем течении реки Лены, где *B. plumosa* не встречается, кроме того при первоописании *B. elliptica* имеется указание на стеблеобъемлющие листья.

Трудности в идентификации близкородственных видов *B. elliptica* и *B. plumosa* состоят в том, что морфологические различия между ними незначительны, поэтому ведущим фактором часто выступает экологическая приуроченность сборов. В подобных случаях особенно важным является возможность внедрения в систему новых признаков, в частности биохимического состава, для уточнения таксономической принадлежности растений.

Изучение состава фенольных соединений в экстрактах после кислотного гидролиза методом ВЭЖХ позволило идентифицировать флавонолы кверцетин и кемпферол, флавоноид лютеолин, С-гликозиды витексин и изовитексин, фенолкарбоновые кислоты – хлорогеновую, кофейную и синаповую. Кверцетин, кемпферол, изовитексин, хлорогеновая и кофейная кислоты, компонент № 12 обнаружены во всех образцах (таблица 18). В соцветиях преобладает кверцетин – 4,40 % в *B. plumosa* (Тенькинский р-н) и 3,82 % в *B. elliptica* (Ольский р-н). Наибольшее количество кемпферола (2,01 %) в листьях *B. plumosa* (Северо-Эвенский р-н). Максимум изовитексина (2,56 %) содержится в листьях *B. elliptica* (Хасынский р-н).

Таблица 18 – Содержание фенольных соединений в экстрактах листьев и соцветий растений *B. plumosa* и *B. elliptica* после гидролиза (% , в пересчете на кверцетин)

Фенольное соединение	<i>B. elliptica</i>				<i>B. plumosa</i>			
	Хасынский р-н		Ольский р-н		Тенькинский р-н		Северо-Эвенский р-н	
	л	с	л	с	л	с	л	с
Кверцетин	1,64	3,68	3,49	3,82	1,13	4,40	0,79	2,34
Кемпферол	0,63	0,31	0,82	0,86	0,04	1,49	0,08	2,01
Лютеолин	-	-	0,36	0,10	-	-	-	-
Витексин	0,30	0,15	0,22	0,28	-	-	-	-
Изовитексин	2,56	1,51	1,30	0,32	1,47	0,77	0,45	1,43
Хлорогеновая кислота	1,59	0,67	0,24	1,34	0,89	1,50	1,74	1,18
Кофейная кислота	1,15	0,11	0,14	2,17	0,18	1,38	0,79	0,87
Синаповая кислота	-	-	-	-	1,38	0,86	1,32	1,14

Примечание: «л» – листья, «с» – соцветия, «-» – компонент отсутствует

Изученные виды имеют характерные отличия в составе фенольных соединений (таблица 19). Витексин, компонент № 8, лютеолин, компонент № 15 и компонент № 17 не встречаются в растениях *B. plumosa*. Витексин и компонент № 8 присутствуют и в листьях и в соцветиях *B. elliptica*. Лютеолин встречается в листьях и соцветиях растений *B. elliptica* из Ольского района (рисунок 23, 24). Компонент № 15 присутствует только в соцветиях

B. elliptica, а компонент № 17 – только в листьях. Синаповая кислота обнаружена только в растениях *B. plumosa*. Наибольшее содержание витексина отмечено в листьях растений *B. elliptica* из Хасынского р-на – 0,30 %. Растения *B. plumosa* содержат значительное количество синаповой кислоты – 1,38 % в образцах листьев из Тенькинского р-на.

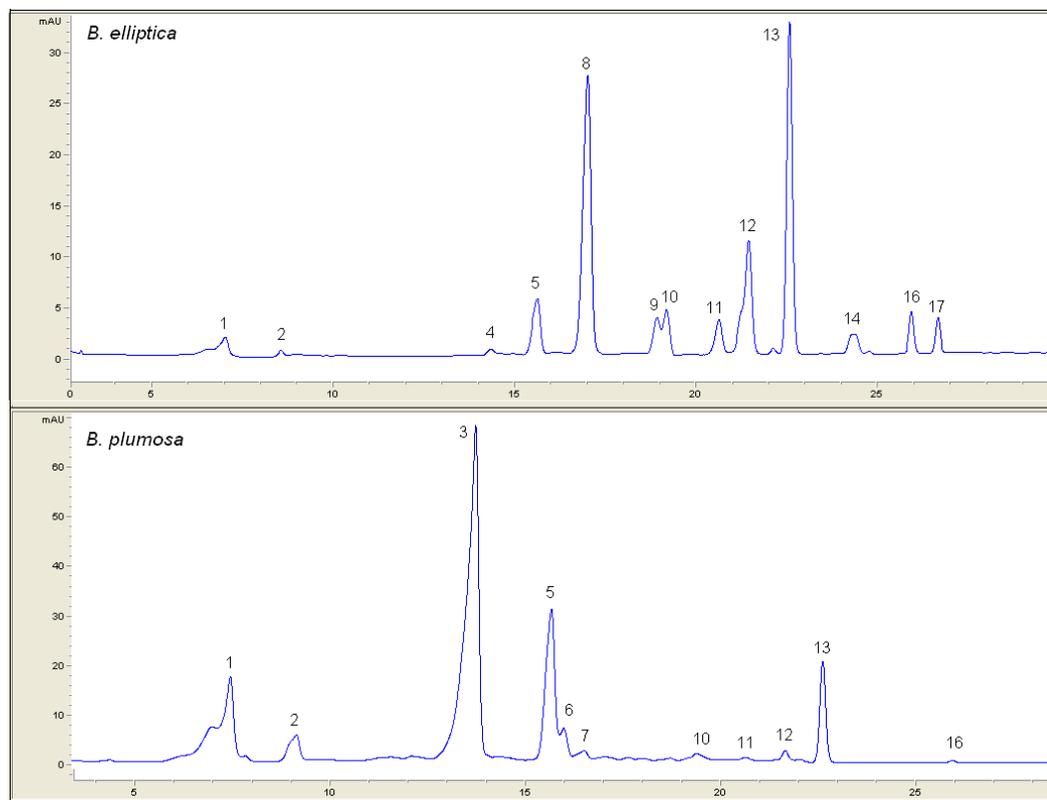


Рисунок 23 – Хроматограммы гидролизатов экстрактов листьев растений *B. elliptica* (Ольский р-н) и *B. plumosa* (Тенькинский р-н). 1 – хлорогеновая к-та, 2 – кофейная к-та, 3 – синаповая к-та, 4 – витексин, 5 – изовитексин, 13 – кверцетин, 14 – лютеолин, 16 – кемпферол, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 17 – не идентифицированные компоненты. По оси абсцисс – время удерживания, t_R , мин; по оси ординат – оптическая плотность

Таблица 19 – Состав фенольных соединений в гидролизированных экстрактах растений *B. elliptica* и *B. plumosa*

Вид	Орган растения	хлорогеновая к-та (tr = 6,8)	кофейная к-та (tr = 8,5)	синаповая к-та (tr = 13,9)	витексин (tr = 14,4)	изовитексин (tr = 15,6)	компонент 6 (tr = 15,9)	компонент 7 (tr = 16,4)	компонент 8 (tr = 17,0)	компонент 9 (tr = 18,7)	компонент 10 (tr = 19,4)	компонент 11 (tr = 20,6)	компонент 12 (tr = 21,6)	кверцетин (tr = 22,5)	лютеолин (tr = 24,1)	компонент 15 (tr = 25,4)	кемпферол (tr = 25,8)	компонент 17 (tr = 26,7)
<i>B. elliptica</i> Хасынский р-н	листья	●	●	-	●	●	-	●	●	-	-	-	●	●	-	-	●	●
	соцветия	●	●	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	-	●	●	-
<i>B. elliptica</i> Ольский р-н	листья	●	●	-	●	●	-	-	●	●	●	●	●	●	●	-	●	●
	соцветия	●	●	-	●	●	-	●	●	●	-	●	●	●	●	●	●	-
<i>B. plumosa</i> Тенькинский р-н	листья	●	●	●	-	●	●	●	-	-	●	●	●	●	-	-	●	-
	соцветия	●	●	●	-	●	-	●	-	●	●	●	●	●	-	-	●	-
<i>B. plumosa</i> Северо-Эвенский р-н	листья	●	●	●	-	●	-	●	-	●	●	●	●	●	-	-	●	-
	соцветия	●	●	●	-	●	-	●	-	-	●	●	●	●	-	-	●	-

*Примечание: tr - время удерживания, мин.

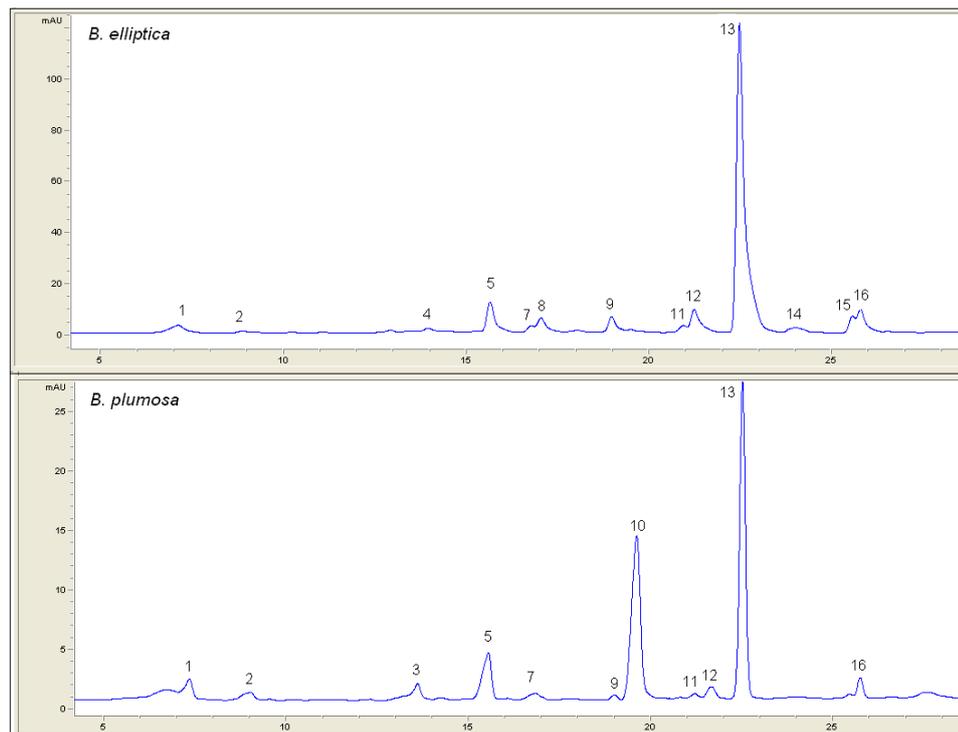


Рисунок 24 – Хроматограммы гидролизатов экстрактов соцветий растений *B. elliptica* (Ольский р-н) и *B. plumosa* (Тенькинский р-н). 1 – хлорогеновая к-та, 2 – кофейная к-та, 3 – синаповая к-та, 4 – витексин, 5– изовитексин, 13 – кверцетин, 14 – лютеолин, 16 – кемпферол, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 17 – неидентифицированные компоненты. По оси абсцисс – время удерживания, t_R , мин; по оси ординат – оптическая плотность, е.о.п.

Таким образом, выявлена таксоноспецифичность компонентного состава фенольных соединений гидролизованных экстрактов *B. elliptica* и *B. plumosa*, что свидетельствуют о видовой самостоятельности этих таксонов и о возможности использования этого признака при идентификации сборов.

Глава 6. ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *BISTORTA*

6.1. Возможности использования растений рода *Bistorta* и оценка антиоксидантной активности экстрактов из надземных органов растений *B. officinalis*

Многие флавоноиды, фенолкарбоновые кислоты и их эфиры обладают противовирусными, антибактериальными и противогрибковыми свойствами, проявляют гипогликемическое, гипохолестеринемическое, противораковое и гепатопротекторное действие. Опубликованы данные о противолучевом и спазмолитическом действии флавоноидов (Барабой, 1976, 1984; Максютин и др., 1985; Левицкий и др., 2010; Cook, Samman, 1996; Tijburg et al., 1997; Dicarlo et al., 1999; Hollman et al., 1999; Sarma, 2011). Потребление пищи, богатой флавоноидами, предотвращает многие сердечно-сосудистые заболевания, включая гипертонию и атеросклероз (Sarma, 2011). Основным характерным свойством флавоноидов и других растительных полифенолов является действие на капилляры, выражающееся в понижении проницаемости их стенок (Минаева, 1978; Максютин и др., 1985).

В последние десятилетия особое внимание обращают на антиоксидантное действие флавоноидов. В основе этого свойства лежит способность флавоноидов энергично реагировать со свободными радикалами, которые являются причиной возникновения многих тяжелых патологий у человека, и выводить их из организма (Rice-Evans, Miller, 1996; Kaur, Kapoor, 2002). Таким образом, флавоноиды в организме проявляют органопротекторные свойства, то есть усиливают способность органов и тканей противостоять действию различных повреждающих факторов (Семенов, Карцев, 2009). Сравнительно низкая токсичность флавоноидов, наряду с их избирательным фармакологическим действием на организм человека, позволяет все шире привлекать эту группу соединений для создания новых лекарственных препаратов.

В растениях рода *Bistorta* нами обнаружены флавонолы (кверцетин, кемпферол и мирицетин (в *B. vivipara*)) и их гликозиды (рутин, кверцитрин,

изокверцитрин, гиперозид, астрагалин), флавонолы лютеолин и С-гликозиды флавонола апигенина витексин и изовитексин, фенолкарбоновые кислоты, в частности, гидроксикоричные – кофейная, хлорогеновая и синаповая. Определено содержание основных групп БАВ и показано, что изученные виды богаты флавонолами, катехинами, танинами, сапонинами, каротиноидами и протопектинами.

Флавонолы (кверцетин, кемпферол, мирицетин и др.) увеличивают амплитуду сокращений сердца и количество крови, прошедшей через сердце за минуту, при этом число сердечных сокращений не изменяется или становится меньше (Барабой, 1984).

Рутин находит свое применение при лечении заболеваний, связанных с кровоизлияниями, происходящих из-за повышенной ломкости капилляров и дефектов свертывающей системы крови. Экономически выгодным сырьем для получения рутина являются листья *Fagopyrum esculentum* Moench. (= *Polygonum fagopyrum* L.) – гречихи, родственной *Bistorta*. Эффект рутина усиливается в присутствии аскорбиновой кислоты. Выявлено нормализующее влияние рутина в комбинации с аскорбиновой кислотой при остром повреждении эндотелия перекисью водорода и при развитии микроангиопатий, вызванных сахарным диабетом. При этом установлено протекторное действие в отношении eNOS и клеточного состава сосудистой стенки (Макарова, Макаров, 2010).

Флавоны по своей физиологической функции в растении и по их биологическому действию на другие организмы имеют много общего с их 3-гидроксипроизводными, флавонолами. Известно кардиоваскулярное действие (способность расширять коронарные сосуды сердца) С-гликозидов флавононов (Семенов, Карцев, 2009).

Отмечаются пребиотические свойства хлорогеновой кислоты (Левицкий и др., 2010). Гидроксикоричные кислоты постоянно попадают в наш организм с растительной пищей. Кофейная кислота в желудке эффективно реагирует с нитрит-ионом, который содержится в некоторых продуктах питания. Пищевой ион нитрита служит причиной образования канцерогенных нитрозаминов.

Способствуя таким образом устранению его из среды желудка, кофейная кислота действует как один из элементов естественной защиты от раковых заболеваний (Семенов, Карцев, 2009).

Широкий диапазон биологической активности флавоноидов привлекает внимание исследователей к таксонам, богатым этими веществами. К таковым относятся виды рода *Bistorta*. Они используются также как декоративные, пищевые, кормовые и медоносные растения (Определитель растений..., 2000).

Официальная медицина признает в качестве лекарственного растения единственный вид рода *Bistorta* – *B. officinalis*. Корневища *B. officinalis* применяют как вяжущее средство при расстройствах кишечника, воспалении слизистых оболочек, дизентерии. *B. officinalis* является заменителем корня тропической ратании (Государственная фармакопея..., 1968). Из подземной части растений получен танинсодержащий препарат “Бистальбин” (Машковский, 1977).

Из корневищ *B. officinalis* выделили и идентифицировали соединения, обладающие противоопухолевой активностью, среди них п-оксибензойная и хлорогеновая кислоты (Intisar et al., 2013).

Известны противовоспалительные, противоопухолевые и антибактериальные свойства корневищ *B. officinalis* (Hartwell, 1970; Niikawa et al., 1995; Duwiejua et al., 1999; Intisar et al., 2013). В Китае они используются народной медициной для лечения дизентерии с кровавым поносом, диареи при остром гастроэнтерите, острой респираторной инфекции с кашлем, карбункул, ящурных язв, носового и геморроидального кровотечения, укусов ядовитой змеи и пр. (Liu et al., 2006a). В народной медицине России это растение используется как кровоостанавливающее и вяжущее средство при кровотечениях, кровохарканье, расстройстве желудка, холере, дизентерии, циститах, холециститах, кольпитах, вагинитах, при воспалительных заболеваниях кожи и слизистых оболочек, цинге, а также при ожогах и укусах бешеных животных (Растительные ресурсы..., 1985).

Сообщается о вяжущем, кровоостанавливающем, успокоительном, мочегонном и жаропонижающем действии *B. officinalis* (Liu et al., 2006). На

основании экспериментов на животных было показано, что экстракт корневищ *B. officinalis* обладает мощным гепатопротекторным действием и может использоваться для защиты и лечения токсикологических повреждений печени и почек как средство нетрадиционной медицины (Mittal, 2009; Mittal et al., 2013).

Доказано противовоспалительное действие корневищ *B. officinalis* (Duwiejua и др., 1999). Спиртовой экстракт корневищ проявляет интерференоподобную активность (Smolarz, Skwarek, 1999).

В составе биологически активных веществ с антибактериальными и противоопухолевыми свойствами *B. officinalis* отмечены галловая и хлорогеновая кислоты (Duwiejua и др., 1999). Выявлены активные компоненты экстракта *B. officinalis*, обладающие противовоспалительным действием, и аналогичное действие самого экстракта при лечении отека лапы крысы, вызванного карагенином (Ahn et al., 1999). Фракция фенольных соединений экстракта из надземной части проявляет иммуномодулирующий эффект при антителообразовании (Першукова, Макарова, 1990). Обнаружено, что *B. officinalis* подавляет мутагенность Trp-P-1 (Manoharan et al., 2005). Хлороформная и гексановая фракции из *B. officinalis* были испытаны на цитотоксическую активность на раковых клетках линий P338 (Murine lymphocytic leukaemia), HepG2 (Hepatocellular carcinoma), J82 (Bladder transitional carcinoma), HL60 (Human leukaemia), MCF7 (Human breast cancer) and LL2 (Lewis lung carcinoma). Некоторые фракции показали среднюю и очень высокую активность (Першукова и др., 1991). Отмечено, что горец змеиный может быть использован для профилактики и терапии интоксикаций, вызванных кумуляцией катионов стронция (Manoharan et al., 2007).

B. vivipara широко используется народами Востока. Спектр его применения практически совпадает с *B. officinalis*. В Забайкалье его применяют в пищу в сыром и вареном виде, измельчают в муку и варят кашу, заваривают и пьют отвар вместо чая; настой используют при диарее и резах в животе (Растительные ресурсы СССР..., 1985). Отвар корневищ используют как желудочное и кровоостанавливающее средство, при простудных заболеваниях, болезнях

мочеполовых путей, листьев – при заболеваниях желудка (Гусева, 1961; Блинова, Куваев, 1965; Растительные ресурсы СССР..., 1985). В Монголии корневище змеевика живородящего применяется в сборе Сороол-4 для лечения заболеваний органов дыхания при бронхите и пневмонии (Дашбалын и др., 2003). Экстракт из листьев обладает мощным антиоксидантным эффектом (Wang et al., 2009). Листья содержат значительное количество кверцетина (1-2 мг/г сухой массы) в виде глюкозида, рамнозида и рутинозида. Так как фенольные соединения оказывают влияние на синтез жирных кислот в организме, растения *B. vivipara* можно использовать как продуцент кверцетина, снижающего уровень липидов в плазме крови (Odbayar T.-O. et al., 2006).

В Корею при диарее традиционно используют растения *B. manshuriensis* (Chang S. W. et al., 2010). Надземная часть и корневища *B. elliptica* и *B. alopecuroides* применяются в тибетской медицине и могут использоваться наравне с близким видом *B. officinalis*, применяемым в научной медицине (Ареалы лекарственных..., 1983).

Несмотря на уникальные лечебные свойства *B. officinalis* и *B. vivipara* и активное использование растений видов рода *Bistorta* в народной медицине, степень их изученности незначительна. Дальнейшим этапом исследований является получение из надземных и подземных органов растений лекарственных препаратов и их испытание.

В литературе представлены различные методы анализа антиоксидантной активности в растительных объектах (Каур, Кароор, 2002; Федина и др., 2010; Крившенко, Беклемишев, 2011). Зачастую встает вопрос о сопоставимости результатов, полученных разными методами. Актуальной задачей является поиск новых методов по выявлению антиоксидантов и определению их активности (Хасанов и др., 2004). Антиоксидантные свойства большинства растений связывают с содержанием полифенольных соединений и, в частности, флавоноидов (Ваhogum и др., 1996, Вовкун и др., 2003). Однако и другие биологически активные вещества, такие как лигнаны, терпеновые соединения, каротиноиды и некоторые органические кислоты также могут эффективно

нейтрализовать свободные радикалы (Agarwal и др., 1991, Kubo и др., 1992). Важным аспектом изучения активности флавоноидов является учет эффективной концентрации и взаимодействие с другими антиоксидантами. При этом отмечают, что антирадикальная активность флавоноидов значительно меняется, если в систему добавляется другой антиоксидант. При этом выявлено наличие эффектов синергизма, антагонизма и аддитивности (Макарова и др., 2004).

Нами впервые проведена оценка антиоксидантной активности (АОА) водно-спиртовых экстрактов из надземных органов индивидуальных растений *B. officinalis* в разные фенологические фазы оперативным амперометрическим методом (таблица 20).

Таблица 20 – Антиоксидантная активность надземных органов интродуцированных растений *B. officinalis*

Образец	отрастание	бутонизация		цветение		плодоношение
	листья, мг/г	листья, мг/г	бутоны, мг/г	листья, мг/г	цветки, мг/г	листья, мг/г
1	0,054	0,043	0,161	0,131	0,666	0,054
2	0,056	0,018	0,099	0,192	0,209	0,118
3	0,081	0,106	0,254	0,157	0,148	0,203
4	0,082	0,064	0,177	0,852	0,112	0,296
5	0,140	0,040	0,092	0,190	0,104	0,608
среднее значение	0,083	0,054	0,157	0,304	0,215	0,256

Следует отметить, что характер изменения антиоксидантной активности у каждого индивидуального растения в процессе прохождения фенологических фаз разный. Максимальное значение в образце № 4 – 0,852 мг/г отмечено для листьев в фазе цветения, в то время как у других растений антиоксидантная активность в листьях цветущих растений оказалась не выше 0,192 мг/г. Соцветия образца № 1 показывают наибольшую АОА – 0,666 мг/г, а минимальное значение отмечено для образца № 5 – 0,104 мг/г. В целом можно сказать, что АОА экстрактов листьев растений возрастает от отрастания к цветению, далее во время плодоношения отмечен некоторый спад АОА. В репродуктивных органах возрастание АОА происходит от фазы бутонизации к цветению.

Не выявлено связи между содержанием фенольных соединений и антиоксидантной активностью экстрактов (таблица 20, рисунок 25).

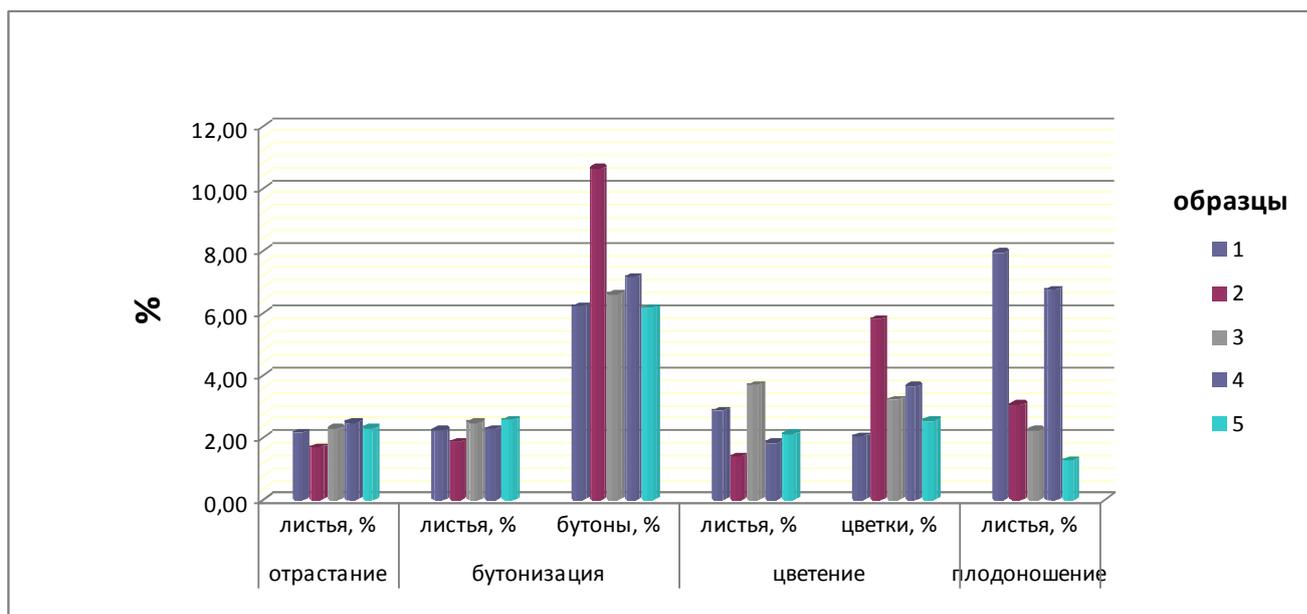


Рисунок 25 – Содержание флавонолов в надземных органах 5 растений *B. officinalis* разных фаз развития

Для того, чтобы сделать окончательные выводы об антиоксидантной активности экстрактов растений рода *Bistorta* и связи полученных данных с содержанием фенольных соединений, необходимы дополнительные исследования разными методами.

6.2. Применение экстракта корневища *B. officinalis* при лечении гингивита

Воспалительные заболевания парадонта (гингивит и пародонтит) по-прежнему остаются наиболее распространенными формами патологии парадонтального комплекса (Царев, Ушаков, 2006; Николаев и др., 2008). В настоящее время в РФ используется классификация болезней парадонта, утвержденная постановлением 16 Пленума Всесоюзного общества стоматологов в 1983 г. в г. Ереване. Классификация построена по нозологическому принципу, одобренному ВОЗ.

Гингивит – воспаление десны, обусловленное неблагоприятным воздействием местных и общих факторов и протекающее без нарушения целостности зубодесневого прикрепления.

Формы: катаральный, гипертрофический, язвенный.

Течение: острый, хронический, обострившийся, ремиссия.

Тяжесть процесса: легкий, средней тяжести, тяжелый.

Распространенность: локализованный, генерализованный.

При всех воспалительных заболеваниях парадонта лечение должно проводиться на фоне сбалансированной диеты с достаточным количеством белков и витаминов, адекватной индивидуальной гигиены полости рта, применения больным в виде полосканий или ирригаций полости рта растворов слабых антисептиков, настоев (отваров) лекарственных трав.

Максимальная известная концентрация хлоргексидина (0.25%) содержится в геле «Метрогил Дента» наряду с 1 % метронидазолом, что обеспечивает выраженный антибактериальный эффект. Однако следует помнить, что рекомендуется недельный курс лечения «Метрогилом Дента», а более длительное применение препарата резко увеличивает опасность побочных явлений. Действительно, использование «Метрогила Дента» в течение двух недель ведет к нарушению состава микробной флоры полости рта, увеличению частоты выделения и количества дрожжеподобных грибов кандиды, что трактуют как субклиническую стадию дисбактериоза (Царев и др., 2003). Известно цитотоксическое действие хлоргексидина. В связи с возможным развитием побочных явлений целесообразно ограничить время применения препаратов хлоргексидина наиболее ответственным периодом. Для лечения гингивита рекомендуется использовать для ирригации и полоскания полости рта фитопрепараты – настои ромашки, зверобоя, календулы, эвкалипта, шалфея, обладающие антисептическим действием, либо аппликации лечебных паст на основе этих растений. Также рекомендуется применять готовые лекарственные формы: настои календулы и эвкалипта, 1 % спиртовой раствор новоиманина (антибактериальный препарат, получаемый из зверобоя), хлорофиллипт (антибактериальный препарат из листьев эвкалипта), 1 % спиртовой раствор сальвина (препарат из листьев шалфея), ротокан (препарат из ромашки, тысячелистника, календулы) и др. Все эти средства перед применением в полости

рта должны разводиться теплой водой из расчета одна чайная ложка на стакан воды. Для уменьшения кровоточивости десен местно и внутрь применяют настой цветков и листьев лагохилуса опьяняющего, листьев крапивы двудомной, травы тысячелистника, отвар корней и корневищ кровохлебки лекарственной. В качестве противовоспалительного и вяжущего средства местно нужно использовать отвар коры дуба, 1-2 % раствор танина, настой шалфея, зверобоя, цветков ромашки (Дзех и др., 2008).

Природные биологически активные вещества (антиоксиданты) влияют на трофику, микроциркуляцию, резистентность и заживляемость тканей пародонта, а также на нормализацию процессов агрегации и дезагрегации тромбоцитов крови, что приводит к уменьшению кровоточивости тканей пародонта.

В литературе накоплен обширный материал, посвященный воздействию растений и препаратов на клиническое течение, местный и общий иммунитет, микрофлору, обмен веществ и функцию тканей пародонта (Горбатова и др., 2000; Бекметов, Жуматов, 2003; Головина и др., 2016).

Повышение интереса к лекарственным растениям явилось следствием участившихся аллергических реакций и осложнений после применения антибиотиков. В отличие от них, лекарственные растения редко вызывают нежелательные побочные реакции со стороны организма, они не токсичны, хорошо переносятся пациентами независимо от возраста.

Доказано благоприятное действие многих зубных паст, содержащих БАВ лекарственных растений, на зубы и ткани пародонта (Чуйкин, Рутушева, 2007).

Корневища *B. officinalis* – змеевика лекарственного в виде порошка, жидкого экстракта и отвара используются в народной медицине при стоматитах, гингивитах и других заболеваниях полости рта (Минаева, 1991).

Для решения поставленных задач было обследовано 3 группы добровольцев по 25 человек с патологией гингивита. Пациенты из первой группы в течение недели полоскали полость рта 2 раза в день 70 % спиртовым экстрактом корневища *B. officinalis* в дозировке 25 капель на стакан воды. Добровольцы из

второй группы лечились «Метрогилом Дента». Пациенты из третьей группы полоскали полость рта дистиллированной водой (плацебо).

Для диагностики пациентов использовали опрос, осмотр и индексную оценку больных гингивитом.

Индексная оценка больных гингивитом.

Десневой индекс (GI) (Loe, Silness, 1963) применяется в клинических и эпидемиологических исследованиях с целью определения локализации и тяжести течения гингивита. У каждого зуба дифференцированно обследуются четыре участка: вестибулярно-дистальный десневой сосочек, вестибулярная краевая десна, вестибулярно-медиальный десневой сосочек, язычная (небная десна). Исследования проводятся визуально. Для определения кровоточивости проводят пальпацию десны тупым инструментом. Состояние десны оценивается по критериям.

Оценка состояния десны:

0 – нормальная десна;

1 – легкое воспаление, небольшое изменение цвета, легкая отечность, нет кровоточивости при пальпации;

2 – умеренное воспаление, покраснение, отек, кровоточивость при пальпации;

3 – резко выраженное воспаление с заметным покраснением и отеком, изъязвлениями, тенденцией к спонтанным кровотечениям.

Обследуется десна всех зубов или выборочно по сегментам. Значение GI для участков определяется путем суммирования кодов обследованного зуба. Сумма кодов, деленная на 4, означает GI зуба. После суммирования всех значений GI и деления на число исследованных зубов получают значение GI исследованного индивидуума.

Интерпретация показателей десневого индекса:

0,1 - 1,0 – легкий гингивит;

1,1 - 2,0 – гингивит средней тяжести;

2,1 - 3,0 – тяжелый гингивит.

Индекс GI используется также для оценки эффективности лечебно-профилактических процедур (Петров и др., 2005).

Обследуемые 1 и 2 группы отмечали улучшение состояния, уменьшение или прекращение кровоточивости десен, уменьшение отечности. Визуально было отмечено улучшение состояния слизистой полости рта, уменьшение зубо-десневого кармана (ЗДК) и уменьшение кровоточивости десен, слизистая бледно-розового цвета. При лечении слизистой полости рта экстрактом *B. officinalis* было отмечено положительное изменение GI индекса в среднем на 68 %, а при лечении «Метрогилом Дента» – на 62 % (приложение 5). 5 пациентов из 3 группы отмечали незначительное улучшение состояния слизистой полости рта. Кровоточивость незначительно уменьшилась, но не прекратилась. Остальные пациенты почувствовали ухудшение состояния или отсутствие изменений. Визуально отмечена кровоточивость десен, слизистая ярко-розового цвета или гиперемированная, глубина ЗДК без изменений. Изменение GI индекса в третьей группе в среднем равно 0 %.

Таким образом, при использовании водно-спиртового экстракта из корневищ *B. officinalis* была отмечена положительная динамика, уменьшение ЗДК, отсутствие кровоточивости десен и бледно-розовый цвет слизистой десны. Изменение GI индекса составило 68 %.

Водно-спиртовой экстракт из корневищ *B. officinalis* оказался эффективен при лечении гингивита и превосходит по терапевтическому эффекту широко распространенное средство «Метрогил Дента» Unique Pharmaceutical Laboratories (a division of J.V.Chemicals & Pharmaceuticals Ltd.) (Индия).

6.3. Оценка антимикотического действия экстракта корневища *B. officinalis* относительно возбудителя кандидозов *Candida albicans*

Исследовано антимикотическое действие экстрактов корневищ *B. officinalis* относительно возбудителя кандидозов *Candida albicans* с целью оценки перспектив разработки лекарственных препаратов направленного действия.

Полученные образцы использовали в опыте без фильтрации. Суточные культуры тест-штаммов, выросшие на плотной питательной среде,

суспендировали в физиологическом растворе до оптической плотности 10^5 кл./мл. Полученную суспензию клеток бактерий равномерно распределяли по поверхности агаризованной питательной среды РПА, подсушивали и в асептических условиях в засеянной таким образом агаровой пластинке вырезали лунки (колодца), в которые вносили по 100 мкл исследуемых экстрактов. Затем чашки с высевами во избежание преждевременного роста микроорганизмов до образования зоны диффузии выдерживали в течение пяти часов в холодильнике, после чего инкубировали в термостате 24-48 часов при температуре 37°C.

При использовании диффузионного метода эффективная антикандидозная активность обнаружена у обоих вариантов экстрактов (таблица 22). Добавление экстрактов в жидкую среду культивирования тест-штаммов показало сходные результаты (рисунок 26). В варианте с водно-этанольным экстрактом наблюдали зависимость титра клеток *Candida albicans* от дозы добавляемого образца (таблица 23) (Андреева и др., 2015).

Таблица 22 – Определение антимикотической активности экстрактов корневищ *B. officinalis* диффузионным методом

Вариант экстракта	Разведение	Тест-штамм <i>C. albicans</i>
		Зона лизиса, мм
Водно-этанольный	1:10	30
	1:20	15
Водный	1:10	25
	1:20	17

Таблица 23 – Титр клеток тест-штамма *C. albicans* 620 в зависимости от концентрации и состава вносимого в среду культивирования экстракта *B. officinalis* (разведение 1:10)

Вариант экстракта	Объем вносимого экстракта(мл) / титр (кл/мл)		
	1,0	0,5	0,1
Водный	$3,9 \times 10^6$	$3,6 \times 10^6$	$3,3 \times 10^7$
Водно-этанольный	$1,7 \times 10^5$	$2,4 \times 10^5$	$2,2 \times 10^6$
Контроль (среда без добавок экстрактов)	$4,4 \times 10^8$	$2,6 \times 10^7$	$3,3 \times 10^7$

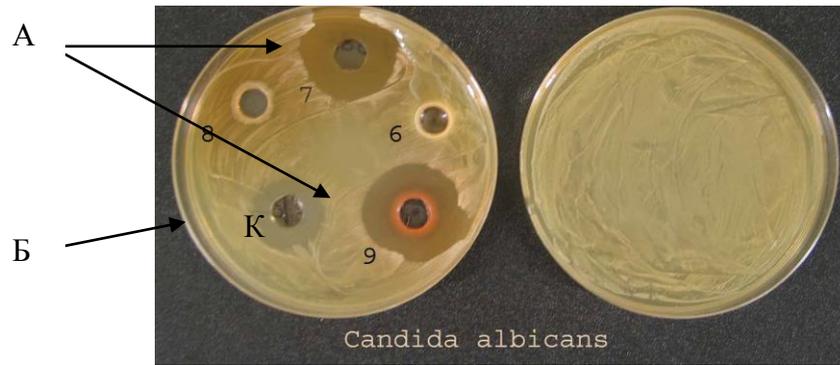


Рисунок 27 – Негативное влияние растительных экстрактов на рост *Candida albicans*. Обозначения: К – контроль; 6 – масляный экстракт корневища змеевика; 7 – водный раствор монарды дудчатой, обладающий высокой антимикотической активностью; 8 – водный экстракт надземной части змеевика лекарственного; 9 – водный экстракт корневища змеевика лекарственного. А – стрелкой указаны зоны лизиса бактериального газона в зоне диффузии образцов экстрактов, внесенных в лунки; Б – бактериальный газон. На рисунке справа – контрольная чашка тест-штамма без внесения экстрактов.

Таким образом, водные и водно-этанольные экстракты корневища змеевика лекарственного обладают выраженной антимикотической активностью против *Candida albicans* и могут быть рекомендованы для разработки узконаправленного лекарственного или профилактического препарата при лечении кандидозов.

ВЫВОДЫ

1. Исследованы состав и содержание фенольных соединений в растениях 8 видов рода *Bistorta* Азиатской России. Методом ВЭЖХ в нативных экстрактах обнаружены флавонолы и флавоны: гликозиды кверцетина рутин, гиперозид, кверцитрин и изокверцитрин, гликозид кемпферола астрагалин, С-гликозиды апигенина витексин и изовитексин; в гидролизатах экстрактов идентифицированы кверцетин, кемпферол, мирицетин, лютеолин, витексин и изовитексин, хлорогеновая, кофейная, синаповая и п-оксибензойная кислоты.
2. Растения *B. officinalis*, *B. attenuata*, *B. elliptica*, *B. plumosa* и *B. vivipara* могут быть использованы как продуценты кверцетина и его гликозидов, *B. pacifica* – как источник кемпферола и его гликозида астрагалина, а также хлорогеновой и кофейной кислот, а *B. officinalis* и *B. plumosa* – синаповой кислоты. Надземная часть *B. officinalis*, *B. attenuata* и *B. elliptica* является растительным сырьем, богатым изовитексином.
3. Надземная часть растений, собранных во время цветения, может быть источником флавонолов, танинов, каротиноидов и сапонинов, а корневища – катехинов, танинов и протопектинов. В листьях содержится больше танинов и каротиноидов, а в соцветиях – флавонолов и катехинов. Наиболее перспективным источником фенольных соединений является *B. officinalis*, в соцветиях и листьях которого 9,52 % и 7,76 % флавонолов, соответственно, а в корневищах – 13,75 % катехинов и 32,64 % танинов.
4. Отличия компонентного состава фенольных соединений *B. attenuata*, *B. elliptica* и *B. plumosa* свидетельствуют о видовой самостоятельности этих таксонов, а наличие мирицетина у *B. vivipara* – о правомерности выделения этого вида в отдельную секцию. Выявлены диагностические химические признаки для видов *B. elliptica*, *B. officinalis* и *B. alopecuroides*.
5. На основании кластерного анализа по данным ВЭЖХ установлено, что восточноазиатские виды *B. pacifica* и *B. manshuriensis* близки друг к другу по составу фенолгликозидов в листьях, что свидетельствует об их близком родстве и особом генезисе, отличном от евразийских и сибирских видов. Морфологически

близкие виды *B. attenuata*, *B. elliptica* и *B. alopecuroides* составляют одну группу единого родства, однако *B. attenuata* занимает обособленное положение.

6. Отмечен высокий уровень индивидуальной изменчивости содержания фенольных соединений в органах растений *B. officinalis*, *B. attenuata* и *B. vivipara*. Количество флавонолов и катехинов в репродуктивных органах растений *B. officinalis* и *B. attenuata* значительно превышает их содержание в листьях. Максимум флавонолов, катехинов и танинов обнаружен в бутонах. В листьях *B. officinalis* максимальное содержание флавонолов приходится на фазу цветения, а у *B. attenuata* – на фазу бутонизации. Рекомендуется производить сбор лекарственного сырья *B. officinalis* и *B. attenuata* в фазе бутонизации, в период максимальной концентрации фенольных соединений в растениях.

7. Выявлена органоспецифичность в накоплении некоторых химических элементов у интродуцированных растений *B. officinalis* и *B. attenuata*. Магний, железо, медь, цинк и никель содержатся в большем количестве в соцветиях, а кальций, стронций, литий – в листьях и корневищах. Калия больше в надземных органах растений.

8. Водные и водно-этанольные экстракты из корневища *B. officinalis* обладают выраженной антимикотической активностью против *Candida albicans* и могут быть рекомендованы для разработки узконаправленного лекарственного или профилактического препарата.

9. Опытным путем в стоматологической практике установлено, что водно-этанольные экстракты корневища *B. officinalis* эффективны при лечении гингивита.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдурахманов, Г. М. Экологические особенности содержания микроэлементов в организме животных и человека / Г. М. Абдурахманов, И. В. Зайцев. – М. : Наука, 2004. – 280 с.
2. Авцын, А. П. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатология / А. П. Авцын, А. А. Жаворонков, М. А. Риш, Л. С. Строчкова. – М. : Медицина, 1991. – 496 с.
3. Андреева, И. С. Оценка антимикробного действия экстрактов *Monarda fistulosa* L. и *Bistorta officinalis* Derarbre относительно возбудителя кандидозов *Candida albicans* / И. С. Андреева, Г. И. Высочина, И. Е. Лобанова [и др.] // Успехи медицинской микологии. – М., 2015. – Т. 14. – С. 320-324.
4. Ареалы лекарственных и родственных им растений СССР (атлас) / ред. В. М. Шмидт. – Л. : Изд-во Ленингр.ун-та, 1983. – 208 с.
5. Банаев, Е. В. Ольха в Сибири и на Дальнем Востоке России (изменчивость, таксономия, гибридизация) / Е. В. Банаев, М. А. Шемберг. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2000. – 99 с.
6. Банаев, Е. В. Род *Alnus* Mill. (*Betulaceae*) в Азиатской России: популяционная структура видов и сохранение генофонда : дис. ... д-ра биол. наук : 03.02.01 / Е. В. Банаев. – Новосибирск, 2010. – 370 с.
7. Барабой, В. А. Биологическое действие растительных фенольных соединений / В. А. Барабой. – Киев, 1976. – 260 с.
8. Барабой, В. А. Растительные фенолы и здоровье человека / В. А. Барабой. – М., 1984. – 160 с.
9. Бекметов, З. М. Состояние микрофлоры зубного налета при обработке полости рта настоями лекарственных растений / З. М. Бекметов, У. Ж. Жуматов // Стоматол. форум. – 2003. – № 1. – С. 9-12.
10. Беликов, В. В. Методы анализа флавоноидных соединений / В. В. Беликов, М. С. Шрайбер // Фармация. – 1970. – № 1. – С. 66–72.
11. Блинова, К. Ф. Лекарственные растения тибетской медицины Забайкалья /

- К. Ф. Блинова, В. Б. Куваев // Вопр. фармакогнозии. – 1965. – Вып. 3. – С. 163-168.
12. Брем, А. Жизнь растений. Новейшая ботаническая энциклопедия / А. Брем. – М. : Эксмо, 2005. – 976 с.
13. Вавилов, Н. И. Линеевский вид как система / Н. И. Вавилов // Вавилов Н. И. Избранные труды. – М. ; Л., 1965. – Т.5. – С. 133-252.
14. Васильева, М. С. Хроматографическое исследование содержания и состава флавоноидов змеевика лекарственного *Bistorta officinalis* Delabre, произрастающего в Сибири / М. С. Васильева, Г. И. Высочина // Раст. мир Азиат. России (Вестн. Центр. сиб. ботан. сада СО РАН). – 2010. – № 1. – С. 87-94.
15. Веретенников, А. В. Физиология растений : учебник / А. В. Веретенников. – 4-е изд. – Воронеж : Воронеж. Гос. лесотехн. акад., 2015. – 272 с.
16. Воронкова, М. С. Род *Bistorta* Scop. (*Polygonaceae*): химический состав и биологическая активность / М. С. Воронкова, Г. И. Высочина // Химия в интересах устойчивого развития. – 2014. – № 3. – С. 209-215.
17. Высочина, Г. И. О флавоноидах змеевика живородящего в связи с их экологической ролью / Г. И. Высочина, М. С. Воронкова // Сиб. экол. журн. – 2013. – Т. 20, вып. 4. – С. 565-574.
18. Высочина, Г. И. Об агликонах флавоноидных соединений некоторых евразийских видов рода *Polygonum* L. / Г. И. Высочина // Актуальные вопросы ботанического ресурсоведения в Сибири. – Новосибирск, 1976. – С. 180-189.
19. Высочина, Г. И. Проблемы изменчивости в хемотаксономических исследованиях растений / Г. И. Высочина // Сиб. ботан. вестн. : электрон. журн. – 2007. – Т. 2, вып. 1. – С. 101-110.
20. Высочина, Г. И. Фенольные соединения в систематике и филогении семейства гречишных / Г. И. Высочина ; ред. Л. И. Малышев ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Центр. сиб. ботан. сад. – Новосибирск : Наука, 2004. – 238 с.

21. Высочина, Г. И. Фенольные соединения в систематике и филогении семейства гречишные (*Polygonaceae* Juss.) Сообщ. II. Род Змеевик – *Bistorta* Hill / Г. И. Высочина // *Turczaninowia*. – 2007а. – Т. 10, вып. 1. – С. 68-79.
22. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов : СанПиН 2.3.2.1078-01 ; утв. 06.11.2001. – М., 2002. – 269 с.
23. Головина, Н. В. Создание и изучение качественных характеристик и показателей растительного сбора для профилактики и лечения заболеваний пародонта / Н. В. Головина, А. А. Филиппова, Д. А. Доброхотов // *Здоровье и образование в XXI веке*. – 2016. – № 1. – С. 336-340.
24. Горбатова, Е. А. Отечественные препараты из растительного сырья в комплексном лечении заболеваний пародонта / Е. А. Горбатова, Т. И. Лемецкая, Б. М. Мануйлов // *Ин-т стоматологии*. – 2000. – № 1. – С. 32-33.
25. Государственная фармакопея Союза Советских Социалистических Республик. – 10-е изд. – М. : Медицина, 1968. – 1079 с.
26. Гусева, А. П. Применение в тибетской медицине Забайкальских растений / А. П. Гусева // *Вопросы фармакогнозии*. – Л., 1961. – Вып. 1. – С. 363-367.
27. Дашбалын, Ц. Стандартизация традиционных лекарственных сборов Марбо-3 и Сороол-4 / Ц. Дашбалын, А. П. Арзамасцев, Б. Баясгалан // *Хим.-фармацевт. журн.* – 2003. – Т. 37, № 10. – С. 37-39.
28. Дзех, С. А. Заболевания эндодонта, пародонта и слизистой оболочки полости рта / С. А. Дзех, Р. К. Дроздова, Т. М. Дунызина [и др.] ; ред. А. К. Иорданишвили. – М. : МЕДпресс-информ., 2008. – 343 с.
29. Ермаков, А. И. Методы биохимического исследования растений / А. И. Ермаков, В. В. Арасимович, М. И. Смирнова-Иконникова [и др.] ; под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд. – Л. : Агропромиздат. Ленингр. отд-ние , 1987. – 430 с.
30. Жибоедов, П. М. Накопление флавоноидов растениями в Кольской Субарктике / П. М. Жибоедов, Н. И. Маслаков, С. М. Руденко [и др.] // *Новые и*

- нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы 5
Междунар. симп. (Пушино, 9-14 июня 2003 г.). – М., 2003. – Т. 1. – С. 185-187.
31. Завадский, К. М. Вид и видообразование / К. М. Завадский. – Л. : Наука, 1967 – 396 с.
32. Зайцев, Г. Н. Математический анализ биологических данных / Г. Н. Зайцев. – М. : Наука, 1991. – 183 с.
33. Запрометов, М. Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях / М. Н. Запрометов. – М. : Наука, 1993. – 271 с.
34. Кайшева, Н. Ш. Растительные лекарственные средства, способствующие выведению из организмов ионов токсичных металлов / Н. Ш. Кайшева, Н. В. Габриелян // Сб. науч. тр. / Пятигор. гос. фармац. акад. – Пятигорск, 2006. – Вып. 61 : Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции. – С. 27-28.
35. Киселева, А. В. Биологически активные вещества лекарственных растений Южной Сибири / А. В. Киселева, Т. А. Волхонская, В. Е. Киселев ; отв. ред. А. Г. Валущкая. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 133 с.
36. Клышев, Л. К. Флавоноиды растений (распространение, физико-химические свойства, методы исследования) / Л. К. Клышев, В. А. Бандюкова, Л. С. Алюкина. – Алма-Ата : Наука, 1978. – 220 с.
37. Комаров, В. Л. Новые виды из Уссурийского края и Манчжурии / В. Л. Комаров // Ботан. материалы гербария Гл. ботан. сада. – 1926. – Т. 6, вып. 1. – С. 1-19.
38. Комаров, В. Л. Род *Polygonum* L. – горец / В. Л. Комаров, Ю. С. Григорьев // Флора СССР. – 1936. – Т. 5. – С. 594-701.
39. Красноборов, И. М. Определитель растений Новосибирской области / И. М. Красноборов, М. Н. Ломоносова, Д. Н. Шауло, Е. И. Вибе ; ред. И. М. Красноборов ; Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Центр. сиб. ботан. сад. – Новосибирск : Наука, 2000. – 491 с.

40. Кривенцов, В. И. Бескарбазольный метод количественного спектрофотометрического определения пектиновых веществ / В. И. Кривенцов // Труды Никитского ботанического сада. – Ялта, 1989. – Т. 109. – С. 128-137.
41. Криштанова, Н. А. Изучение химического состава и фармакологической активности полисахаридов листьев липы сердцевидной / Н. А. Криштанова, Е. Д. Павлова, Е. Ц. Болотова [и др.] // Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения : материалы VII Междунар. съезда (Санкт-Петербург - Пушкин, 3-5 июля 2003 г.). – СПб., 2003. – С. 59-61.
42. Крившенко, Г. А. Определение антиоксидантов с помощью реакции окисления 3,3',5,5'-тетраметилбензида персульфатом и периодатом / Г. А. Крившенко, М. К. Беклемишев // Химия растит. сырья. – 2011. – № 1. – С. 123-128.
43. Кукунов, М. К. Биоэкологическая характеристика некоторых видов семейства Гречишных (*Polygonaceae* Lindl.) и содержания в них флавоноидов : автореф. дис. ... канд. биол. наук : 03.00.05 / М. К. Кукунов. – Алма-Ата, 1969. – 33 с.
44. Кукушкина, Т. А. Манжетка обыкновенная (*Alchemilla vulgaris* L.) как источник лекарственных средств / Т. А. Кукушкина, А. А. Зыков, Л. А. Обухова // Актуальные проблемы создания новых лекарственных препаратов природного происхождения : материалы VII Междунар. съезда. – СПб., 2003. – С. 64-69.
45. Левицкий, А. П. Хлорогеновая кислота: биохимия и физиология / А. П. Левицкий, Е. К. Вертикова, И. А. Селиванская // Микробиология и биотехнология. – 2010. – № 2. – С. 6-20.
46. Макарова, М. Н. Антирадикальная активность флавоноидов и их комбинации с другими антиоксидантами / М. Н. Макарова, В. Г. Макаров, И. Г. Зенкевич // Фармация. – 2004. – № 2. – С. 30-32.

47. Макарова, М. Н. Молекулярная биология флавоноидов (химия, биохимия, фармакология) : рук. для врачей / М. Г. Макарова, В. Г. Макаров. – СПб., 2010. – 428 с.
48. Максютин, Н. П. Растительные лекарственные средства / Н. П. Максютин, Н. Ф. Комисаренко, А. П. Прокопенко [и др.]. – Киев, 1985. – 280 с.
49. Малышев, Л. И. Семейство *Polygonaceae* – Гречишные / Л. И. Малышев, Г. А. Пешкова // Флора Центральной Сибири. – Новосибирск, 1979. – Т. 1. – С. 276-292.
50. Мамаев, С. А. Изменчивость некоторых количественных признаков боярышника сибирского, произрастающего в восточной части Челябинской области / С. А. Мамаев, В. М. Яценко // Материалы по внутривидовой изменчивости и систематике растений. – Свердловск, 1968. – Вып. 60. – С. 76-85.
51. Мамаев, С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений на (примере сем. *Pinaceae* на Урале) / С. А. Мамаев. – М. : Наука, 1973. – 284 с.
52. Машковский, М. Д. Лекарственные средства : в 2-х ч / М. Д. Машковский. – 11-е изд. – М. : Медицина, 1988. – Ч. 1. – 624 с. ; Ч. 2. – 575 с.
53. Минаева, В. Г. Лекарственные растения Сибири / В. Г. Минаева ; ред. А. В. Куминова ; Акад. наук СССР, Сиб. отд-ние, Центр. Сиб. ботан. сад. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1991. – 430 с.
54. Минаева, В. Г. Флавоноиды в онтогенезе растений и их практическое использование / В. Г. Минаева ; ред. М. Н. Запрометов ; Акад. наук СССР, Сиб. отд-ние, Центр. сиб. ботан. сад. – Новосибирск : Наука. Сиб. отд-ние, 1978. – 255 с.
55. Никифорова, О. Д. Род *Bistorta* Scop. / О. Д. Никифорова // Конспект флоры Азиатской России: сосудистые растения. – Новосибирск, 2012. – С. 107-108.
56. Николаев, А. И. Диагностика, лечение и профилактика заболеваний пародонта / А. И. Николаев, Л. М. Цепов, Е. А. Михеева. – М. : МЕДпресс-

информ, 2008. – 272 с.

57. Новосибирск [Электронный ресурс] // Погода и климат: климатический монитор. – Режим доступа: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php> (дата обращения: 09.06.2016).
58. Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье // Государственная фармакопея СССР. – М., 1987. – Вып. 1 : Общие методы анализа. – С. 286-287.
59. Определитель растений Новосибирской области / ред. И. М. Красноборов. – Новосибирск, 2000. – 491 с.
60. Першукова, А. М. Иммунотропная активность флавоноидов надземной части горца змеиноного и лапчатки прямостоящей / А. М. Першукова, Н. В. Макарова, Л. И. Крюкова // Изв. Акад. наук Казах. ССР. Сер. биол. – 1991. – № 1. – С. 78-80.
61. Першукова, А. М. Иммунофармакологические аспекты свойства физиологически активного комплекса горца змеиноного / А. М. Першукова, Н. В. Макарова // Факторы клеточного и гуморального иммунитета при различных физиологических и патологических состояниях : тез. докл. к X науч. конф. – Челябинск, 1990. – С. 201.
62. Петров, В. А. Подрод *Bistortella* рода *Bistorta* Adans / В. А. Петров // Изв. Гл. ботан. сада. – 1928. – Т. 27, № 2. – С. 220-233.
63. Петров, Ю. В. Клиника, диагностика, лечение пародонтита / Ю. В. Петров, Т. М. Ткач, Т. В. Меленберг, М. И. Садыков. – Самара : СамГМУ, 2005. – 216 с.
64. Петровский, В. В. Род 5. *Polygonum* – горец, гречиха / В. В. Петровский // Арктическая флора СССР. – М. ; Л., 1966. – Вып. 5. – С. 163-179.
65. Пименов, М. Г. Перечень растений – источников кумариновых соединений / М. Г. Пименов. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1971. – 201 с.
66. Пименов, М. Г. Хемосистематика / М. Г. Пименов, Л. Ф. Борисова // Итоги науки и техники. Ботаника. – М., 1987. – Т. 6, вып. 1. – С. 7-95.

67. Пименов, М. Г. Химические признаки в систематике растений / М. Г. Пименов // Хемосистематика и эволюционная биохимия высших растений : тез. докл. II Всесоюз. совещ. – М., 1982. – С. 20-25.
68. Попов, М. Г. Сем. 87. *Polygonaceae* – гречишные / М. Г. Попов // Флора Средней Сибири. – М. ; Л., 1959. – Т. 2. – С.830-847.
69. Растительные ресурсы России. Дикорастущие цветковые растения, их компонентный состав и биологическая активность. Т. 1 : Семейства *Magnoliaceae - Juglandaceae, Ulmaceae, Moraceae, Cannabaceae, Urticaceae* / ред. А. Буданцев. – СПб. ; М. : КМК, 2008. – 421 с.
70. Растительные ресурсы СССР: цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства *Magnoliaceae – Limoniaceae* / ред. Ал. А. Федоров. – Л. : Наука, Ленингр. отд-ние, 1985. – 460 с.
71. Семенов, А. А. Основы химии природных соединений. Т. 1 / А. А. Семенов, В. Г. Карцев. – М. : ICSPF press, 2009. – 624 с.
72. Семихов, В. Ф. Хемосистематика и эволюционная биохимия семенных растений / В. Ф. Семихов, О. А. Новожилова, Л. П. Арефьева. – М. : ГЕОС, 2013. – 351 с.
73. Соболевская, К. А. К изучению флавоноидов у алтайских представителей рода *Polygonum* L. / К. А. Соболевская, Г. И. Высочина // Раст. ресурсы. – 1965. – Т. 1, № 3. – С. 367-369.
74. Сорокопудова, О. А. Хемосистематика: основные положения и особенности / О. А. Сорокопудова, В. И. Дейнека, В. Н. Сорокопудов // Науч. вед. БелГУ. Сер. Естеств. науки. – 2006. – № 3, вып. 4. – С. 75-83.
75. Струпан, Е. А. Изменчивость химического состава дикорастущего растительного сырья / Е. А. Струпан, О. А. Струпан // Вестн. КрасГАУ. – 2007. – № 6. – С. 93-97.
76. Тахтаджян, А. Л. Теоретическое и практическое значение систематики растений и пути ее развития / А. Л. Тахтаджян // Журн. общ. биологии. – 1965. – Т. 26, № 4. – С. 385-395.

77. Тупицына, Н. Н. род 5. *Bistorta* Scop. – Змеевик / Н. Н. Тупицына // Флора Сибири. – Новосибирск, 1992. – Т. 5. – С. 109-113.
78. Федина, П. А. Определение антиоксидантов в продуктах растительного происхождения амперометрическим методом / П. А. Федина, А. Я. Яшин, Н. И. Черноусова // Химия растит. сырья. – 2010. – № 2. – С. 91-97.
79. Федоров, А. А. Хемосистематика, ее проблемы и практическое значение / А. А. Федоров, М. Г. Пименов // Раст. ресурсы. – 1967. – Т. 3, вып. 1. – С. 3-15.
80. Федосеева, Л. М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистного (*Bergenia crassifolia* (L.) Fitch.), произрастающего на Алтае / Л. М. Федосеева // Химия раст. сырья. – 2005. – № 3. – С. 45-50.
81. Хакимов, Х. Х. Периодическая система и биологическая роль элементов / Х. Х. Хакимов, А. З. Татарская. – Ташкент : Медицина, 1985. – 180 с.
82. Хасанов, В. В. Методы исследования антиоксидантов / В. В. Хасанов, Г. Л. Рыжова, Е. В. Мальцева // Химия растит. сырья. – 2004. – № 3. – С. 63-75.
83. Химические элементы в организме человека : справ. материалы / сост. В. А. Барашков [и др.] ; ред. Л. В. Морозова. – Архангельск : Помор. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова, 2001. – 44 с.
84. Храмова, Е. П. Изменчивость флавоноидного состава листьев *Potentilla fruticosa* (*Rosaceae*) разных возрастных состояний в условиях Горного Алтая / Е. П. Храмова, Е. К. Комаревцева // Раст. ресурсы. – 2008. – Т. 44, вып. 3. – С. 96-102.
85. Царев, В. Н. Антимикробная терапия в стоматологии / В. Н. Царев, Р. В. Ушаков. – М. : МИА, 2006. – 144 с.
86. Цвелев, Н. Н. Заметки о *Polygonaceae* во флоре Дальнего Востока / Н. Н. Цвелев // Новости систематики высших растений. – М., 1987. – Т. 29. – С. 72-79.
87. Цвелев, Н. Н. Сем. 56. Гречиховые – *Polygonaceae* Juss. / Н. Н. Цвелев // Сосудистые растения советского Дальнего Востока. – Л., 1989. – Т. 4. – С. 25-122.

88. Цвелев, Н. Н. Проблема естественных родов в семействе гречишных (*Polygonaceae*) / Н. Н. Цвелев // Актуальные вопросы ботаники в СССР : тез. докл. 8 делегат. съезда ВБО. – Алма-Ата, 1988. – С. 36-37.
89. Чекалинская, И. И. Содержание флавоновых веществ в некоторых видах сем. *Polygonaceae* Lindl. / И. И. Чекалинская, Т. В. Володько // Ботаника. Исследования. – Минск, 1966. – Вып. 8. – С. 66-68.
90. Черепанов, С. К. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – СПб. : Мир и семья, 1995. – 990 с.
91. Чуйкин, С. В. Фитотерапия с применением сорбента при лечении гингивита у беременных женщин / С. В. Чуйкин, Р. Р. Рутушева. – Уфа : Здравоохранение Башкиростана, 2007. – 106 с.
92. Шварц, С. С. Экологические закономерности эволюции / С. С. Шварц. – М. : Наука, 1980. – 278 с.
93. Щеглов, С. Н. Изменчивость и методы ее изучения в селекции ягодных культур / С. Н. Щеглов. – Краснодар : Кубан. гос. ун-т, 2013. – 307 с.
94. Юрьев, Д. В. Анализ флавонолгликозидов в препаратах и БАД на основе экстракта *Gingo biloba* / Д. В. Юрьев, К. И. Эллер, А. П. Арзамасцев // Фармация. – 2003. – № 2. – С. 7-9.
95. Яшин, А. Я. Новый прибор для определения природных антиоксидантов / А. Я. Яшин, Я. И. Яшин, Н. И. Черноусова, В. П. Пахомов. – М. : ТрансЛит, 2005. – 100 с.
96. Adams, R. P. Numerical analyses of some common errors in chemosystematics / R. P. Adams // Brittonia. – 1972. – Vol. 24, № 1. – P. 9-21.
97. Adanson, M. Familles des plantes. Pt. 2 / M. Adanson. – Paris : Impr.-Libr.de M^{gt} le Comte de Provence, 1763. – 640 p.
98. Adiba, M. A review on *Polygonum bistorta* L. with reference to its pharmacology and phytochemistry / M. Adiba, H. I. M. Tabarak // Global J. of Research on Medicinal Plants a. Indigenous Medicine. – 2013. – Vol. 2, № 9. – P. 669-674.

99. Agarwal, R. Nordihydroguaiaretic acid, an inhibitor of lipoxygenase, also inhibits cytochrom P-450-mediated monooxygenase activity in rats epidermal and hepatic microsomes / R. Agarwal, Z. Y. Wang, D. R. Bik, H. Mukhtar // Drug Metabolism and Disposition. – 1991. – Vol. 19, № 3. – P. 620-624.
100. Ahn, J. S. Anti-inflammatory constituents of *Polygonum bistorta* / J. S. Ahn, Y. S. Kwon, S. M. Kim // Saengyak Hakhoechi = Korean J. of Pharmacognosy. – 1999. – Vol. 39, № 3. – P. 345-349.
101. Bahorun, T. Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations / T. Bahorun, B. Gressier, F. Trotin [et al.] // Arzneimittelforschung. – 1996. – Bd. 46, № 11. – S. 1086-1089.
102. Bate-Smith, E. C. The commoner phenolic constituents of plants and their systematic distribution / E. C. Bate-Smith // Sci. Proc. of Roy. Dublin Soc. – 1956. – Vol. 27. № 6. – P. 165-176.
103. Bate-Smith, E. C. The phenolic constituents of plants and their taxonomic significance / E. C. Bate-Smith // J. of Linnean Soc. of Botany. – 1962. – Vol. 58, № 371. – P. 95-173.
104. Bentham, G. *Polygonaceae*. Genera Plantarum L. / G. Bentham, J. D. Hooker. – London : Reeve & Co., 1880. – 769 p.
105. Bovkun, A. The antioxidant activity of decoctions from leaves of three *Salix* species from Belarus / A. Bovkun, E. Ignatowicz, N. Gurina, I. Matlawska // PHYTOPHARM 2003 : proc. of VII Intern. Congr. – Cambridge, 2003. – P. 307-310.
106. Choi, S. Y. Chemical constituents from *Polygonum bistorta* / S. Y. Choi, Y. S. Kwon, Ch. M. Kim // Saengyak Hakhoechi = Korean J. of Pharmacognosy. – 2000. – Vol. 31, № 4. – P. 426-429.
107. Clapham, A. R. Flora of British Isles / A. R. Clapham, T. G. Tutin, E. F. Warburg. – 2nd ed. – Cambridge : Cambridge Univ. Press, 1962. – 1269 p.

108. Cook, N. C. Flavonoids – chemistry, metabolism, cardioprotective effects, and dietary sources / N. C. Cook, S. Samman // J. of Nutritional Biochemistry. – 1996. – Vol. 7, № 2. – P. 66-76.
109. Danser, B. H. Die Polygonaceen Niederlandisch Ostindiens / B. H. Danser // Bull. du Jardin Botanique de Buitenzorg. – 1927. – Vol. 3, № 8. – P. 119-261.
110. Decraene, L.-P. R. Generic limits in *Polygonum* L. and related genera (*Polygonaceae*) on the basis of floral characters / L.-P. R. Decraene, J. R. Akeroyd // Bot. J. of Linnean Soc. – 1988. – Vol. 98, № 4. – P. 321–371.
111. Decraene, L.-P. R. Systematic significance of fruit morphology and anatomy in tribes *Persicarieae* and *Polygoneae* (*Polygonaceae*) / L.-P. R. Decraene, S.-P. Hong, E. Smets // Bot. J. of Linnean Soc. – 2000. – Vol. 134, № 1/2. – P. 301-337.
112. Demirezer, L. O. Flavonoids from *Polygonum bistorta* ssp. *carneum* / L. O. Demirezer, B. Branse-Passek, H. W. Rauwald // Hacettepe Üniv. Eczacılık Fak. Dergisi. – 2000. – Vol. 20, № 1. – P. 29-36.
113. Dicarolo, G. Flavonoids: old and new aspects of a class of natural therapeutic drugs / G. Dicarolo, L. Mascolo, A. A. Izzo, F. Capasso F // Life Sciences. – 1999. – Vol. 65, № 4. – P. 337-353.
114. Duwiejua, M. The anti-inflammatory compounds of *Polygonum bistorta*: Isolation and characterization / M. Duwiejua, I. J. Zeitlin, A. I. Gray, P. G. Waterman // Planta Medica. – 1999. – Vol. 65, № 4. – P. 371-374.
115. Ellison, W. L. Methods of presentation of crude biochemical data reference to the genus *Bachia* (*Compositae*) / W. L. Ellison, R. E. Alston, B. L. Turner // Amer. J. of Botany. – 1962. – Vol. 6, № 1. – P. 599-604.
116. Erdtman, H. Some aspects of chemotaxonomy / H. Erdtman // Chemical plant taxonomy. – London ; New York, 1963. – P. 89-125.
117. Fairbrothers, D. E. Chemosystematics with emphasis on systematic serology / D.E. Fairbrothers // Modern methods in plant taxonomy. – London, 1968. – P. 141-174.

118. Freeman, C. C. *Bistorta* (Linnaeus) Scopoli / C. C. Freeman, H. R. Hinds // Flora of North America: north of Mexico. – New York ; Oxford, 2005. – Vol. 5, pt. 2. – P. 594-597.
119. Graham, S. A. The genera of *Polygonaceae* in the southeastern United States / S. A. Graham, C. E. Wood // J. of Arnold Arboretum. – 1965. – Vol. 46, № 2. – P. 91-121.
120. Gross, H. Beiträge zur Kenntnis der Polygonaceen / H. Gross // Botanische Jahrbücher für Systematik. – Leipzig, 1913. – Bd. 49. – S. 234-339.
121. Gstirner F., Korf G. Über Inhaltsstoffe des Rhizoms von *Polygonum bistorta* L. / F. Gstirner, G. Korf // Arch. der Pharmazie. – 1966. – Bd 299, № 7. – S. 640-646.
122. Gstirner, F. Isolierung von Cathechin aus Rhizoma Bistortae / F. Gstirner, H. Hopmann // Arch. der Pharmazie. – 1953. – Bd. 286, № 3. – S. 150-153.
123. Hansel R. Pflanzenchemie und pflanzenverwandschaft / R. Hansel // Arch. der Pharmazie. – 1956. – Bd. 289, № 11. – S. 619-628.
124. Haraldson, K. Anatomy and taxonomy in *Polygonoideae* Meisn. emend. Jaretskiy / K. Haraldson // Acta Univ. Upsaliensis. Symbolae Bot. Upsalienses. – 1978. – Vol. 22, № 2. – P. 1-95.
125. Hartwell, J. L. Plants used against cancer / J. L. Hartwell // Lloydia. – 1970. – Vol. 33, №3. – P. 288-392.
126. Hedberg, O. Pollen morphology in the genus *Polygonum* L. s. lat. and its taxonomic significance / O. Hedberg // Svensk. Bot. Tidskr. – 1946. – Bd. 40, № 4. – P. 371-404.
127. Hegnauer, R. Biologische und systematische Bedeutung von chemischen Rassen / R.Hegnauer // Planta medica. – 1975. – Bd. 28, № 3. – S. 230-243.
128. Hollman, P. C. H. The flavonoids in cardio-vascular disease and cancer prevention / P. C. H. Hollman, E. J. M Feskens, M. B. Katan // Proc. of Soc. of Experimental. Biology a. Medicine. – 1999. – Vol. 220, № 4. – P. 198-202.
129. Hörhammer, L. Über das vorkommen zyklischer Pflanzensäuren bei einigen Polygonaceen und Betulaceen / L. Hörhammer, A. Scherm // Arch. der Pharmazie. – 1955. – Bd 288, № 10. – S. 441-447.

130. Intisar, A. Anticancer constituents and citotoxic activiti of methanol-water extract of *Polygonum bistorta* L. / A. Intisar, L. Zhang, H. Luo [et al.] // Afr. J. of Traditional, Complementary a. Alternative Medicines. – 2013. – Vol. 10, № 1. – P. 53-59.
131. Jaretsky, R. Beiträge zur Systematik der *Polygonaceae* unter Berücksichtigung des Oxymethylanthrachinon-Vorkommens / R. Jaretsky // Feddes Repertorium. – 1925. – Vol. 22, № 4/12. – P. 49-83.
132. Kaur, Ch. Antioxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables / Ch. Kaur, H. C. Kapoor // Intern. J. of Food Science a. Technology. – 2002. – Vol. 37, № 2. – P. 153-161.
133. Ki, H. K. Feruloyl sucrose derivatives from *Bistorta manshuriensis* / H. K. Ki, W. Ch. Sang, R. L. Kang // Canad. J. of Chemistry. – 2010. – Vol. 88, № 6. – P. 519-523.
134. Kubo, S. Effect of gomisin A (TJN-101) on liver regeneration / S. Kubo, Y. Ohkura, Y. Mizoguchi [et al.] // Planta Medica. – 1992. – Vol. 58, № 6. – P. 489-492.
135. Ledebour, C. F. 818. *Polygonum* L. / C. F. Ledebour // Flora Rossica. – Stuttgartiae, 1849. – Vol. 3, pt.1. – P. 518-534.
136. Li, A.-J. *Polygonaceae* / A.-J. Li, E. Alisa, A. E. Grabovskaya-Borodina [et al.] // Flora of China. – Beijing ; Louis, 2003. – Vol. 5. – P. 278-315.
137. Li, K.-L. Studies on the volatile constituents of *Polygonum viviparum* L. / K.-L. Li, X.-W. Shen, Sh.-Zh. Zheng, J.-Sh. Lu // Xibei Shifan Daxue Xuebao. Ziran Kexueban = J. of Northwest Univ. Natural science ed. – 1999. – Vol. 35, № 3. – P. 65-67.
138. Linnaeus, C. Genera Plantarum / C. Linnaeus. – 2nd ed. – Leiden, 1742. – 551 p.
139. Linnaeus, C. Genera Plantarum / C. Linnaeus. – 5th ed. – Stockholm, 1754. – 500 p.
140. Liu, X. Studies on the chemical constituents of *Polygonum bistorta* L. / X. Liu, F. Chen, L. Wu [et al.] // Shenyang Yaoke Daxue Xuebao = J. of Shenyang Pharm. Univ. – 2004. – Vol. 21, № 3. – P. 187-189.

141. Liu, X.-Q. A new tannin-related compound from the rhizome of *Polygonum bistorta* L. / X.-Q. Liu, H.-M. Hua, J. Liu [et al.] // J. of Asian Natural Products Research. – 2006. – Vol. 8, № 4. – P. 299-302.
142. Liu, X.-Q. An NMR study of a phenyl propanoid-substituted catechin from *Polygonum bistorta* / X.-Q. Liu, W.-W. Li, H.-M. Hua [et al.] // Asian J. of Traditional Medicines. – 2006a. – Vol. 1, № 2. – P. 73-75.
143. Loe, H. Periodontal disease in pregnancy. Pt. 1. Prevalence and severity / H. Loe, J. Silness // Acta Odontologica Scandinavica. – 1963. – Vol. 21, № 6. – P. 533-551.
144. Löve, A. Chromosomes and taxonomy of eastern North American *Polygonum* / A. Löve, D. Löve // Canad. J. of Botany. – 1956. – Vol. 34, № 4. – P. 501-521.
145. Manoharan, K. P. Cycloartane type triterpenoids from the rhizomes of *Polygonum bistorta* / K. P. Manoharan, T. Kh. Benny, D. W. Yang // Phytochemistry. – 2005. – Vol. 66, № 19. – P. 2304-2308.
146. Manoharan, K. P. Evaluation of *Polygonum bistorta* for anticancer potential using selected cancer cell lines / K. P. Manoharan, D. Yang, A. Hsu, B. T. K. Huat // Med. Chemistry. – 2007. – Vol. 3, № 2. – P. 121-126.
147. Meisner, C. F. Monographiae generis polygoni prodromus / C. F. Meisner. – Geneva : Sumtibus auctoris. Typis a. Lador., 1826. – 117 p.
148. Meisner, C. F. *Polygonaceae* / C. F. Meisner // Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis. – Paris, 1857. – Vol. 14. – P.1-186.
149. Miller, P. The Gardeners dictionary. Vol. 1 / P. Miller. – London, 1735. – 529 p.
150. Mittal, D. Hepatoprotective effects of *Polygonum bistorta* and active principles on albino rats intoxicated with carbon tetrachloride and paracetamol / D. Mittal // Toxicology Letters. – 2009. – Vol. 189, suppl. – P. S57.
151. Mittal, D. K. Hepatoprotective effects of *Polygonum bistorta* (Linn.) and its active principle against acetaminophen-induced toxicity in rats / D. K. Mittal, D. Joshi, S. Shukla // J. of Clinical a. Experimental Hepatology. – 2013. – Vol. 3, № 1, suppl. – P. S40.
152. Modern phytomedicine: turning medicinal plants into drugs / eds.: I. Ahmad, F. Aqil, M. Owais. – Weinheim : Wiley-VCH, 2006. – 404 p.

153. Niikawa, M. Effects of Chinese medicinal plants extracts on mutagenicity of Trp-P-1 / M. Niikawa, A. F. Wu, T. Sato [et al.] // *Natural Medicines*. – 1995. – Vol. 49, № 3. – P. 329-331.
154. Odbayar, T.-O. Comparative studies of some phenolic compounds (quercetin, rutin, and ferulic acid) affecting heparic acid fatty synthesis in mice / T.-O. Odbayar, D. Badamhand, T. Kimura [et al.] // *J. of Agricultural a. Food Chemistry*. – 2006. – Vol. 54, № 21. – P. 8261-826.
155. Partovi, T. Coagulant compounds from rhizomes of *Polygonum bistorta* (Linn.) / T. Partovi, M. Zabihi // *Global Advanced Research J. of Eng., Technology a. Innovation*. – 2012. – Vol. 1, № 6. – P. 127-130.
156. Qaiser, M. 2001. *Polygonaceae* / M. Qaiser. – Karachi : Dep. of Botany, Univ. of Karachi ; St. Louis : Missouri Bot. Press, 2001. – 190 p. – (Flora of Pakistan ; № 205).
157. Que, S. Studies on the chemical constituents of *Polygonum viviparum* L. / S. Que, S. Zheng, X. Ma, X. Shen // *Xibei Shifan Daxue Xuebao. Ziran Kexueban = J. of Northwest Univ. Natural science ed.* – 2003. – Vol. 39, № 4. – P. 51-53, 65.
158. Rice-Evans, C. A. Antioxidant activities of flavonoids as bioactive components of food / C. A. Rice-Evans, N. J. Miller // *Biochem. Soc. Trans.* – 1996. – Vol. 24, № 3. – P. 790-795.
159. Roberty, G. Les genres de *Polygonaceae*'es. / G. Roberty, S. Vautier // *Boissiera*. – 1964. – № 10. – P. 7–128.
160. Sarma, C. J. Naturally occurring polyphenols and their utility / C. J. Sarma // *Chemistry of phenolic compounds: state of the art*. – New York, 2011. – P. 19-30.
161. Sawicka, U. HPTLC of phenolic acids in *Bistortae rhizoma*, *Polygoni avicularis herba*, *Rhei radix* with densitometric determination / U. Sawicka, W. Cisowski, G. Matysik, A. Kowalczyk // *J. of Planar Chromatography -Modern TLC*. – 2002. – Vol. 15, № 6. – P. 442-448.
162. Scopoli, A. J. *Methodus plantarum* / A. J. Scopoli. – Austria : Typ. J. P. Van Ghelen, 1754. – 28 p.

163. Smolarz, H. D. Application of GC-MS method for analysis of phenolic acids and their esters in chloroformic extracts from some taxons of *Polygonum* L. genus / H. D. Smolarz // *Chemia Analityczna*. – 2001. – Vol. 46, № 3. – P. 439-444.
164. Smolarz, H. D. Chromatographical analysis of phenolic acids in some species of *Polygonum* L. genus. Pt. 2. Quantitative determination of the major components by HPLC / H. D. Smolarz // *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. – 2000. – Vol. 69, № 1. – P. 21-23.
165. Smolarz, H. D. Densitometric determination of perstilben in some species of *Polygonum* L. / H. D. Smolarz, G. Matysik // *J. of Planar Chromatography - Modern TLC*. – 2001. – Vol. 14, № 3. – P. 199-202.
166. Smolarz, H. D. Flavonoid glycosides in nine *Polygonum* L. taxons / H. D. Smolarz // *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*. – 2002. – Vol. 71, № 1. – P. 29-33.
167. Smolarz, H. D. The investigation into the interferon-like activity of *Polygonum* L. genus / H. D. Smolarz, T. Skwarek // *Acta Poloniae Pharmaceutica*. – 1999. – Vol. 56, № 6. – P. 459-462.
168. Smolarz, H. D. Comparative study on free flavonoid aglycones in herbs of different species of *Polygonum* L. / H. D. Smolarz // *Acta Poloniae Pharmaceutica*. – 2002a. – Vol. 59, № 2. – P. 145-148.
169. Steward, A. N. The Polygoneae of Eastern Asia / A. N. Steward // *Contributions from Gray Herbarium of Harvard Univ.* – 1930. – № 88. – P. 1–130.
170. Sun, X.-B. Chemical constituents from the roots of *Polygonum bistorta* / X. B. Sun, P.-H. Zhao, Y.-J. Xu [et al.] // *Chemistry of Natural Compounds*. – 2007. – Vol. 43, № 5. – P. 563-566.
171. Suresh, N. B. Silica gel chromatographic study of phenolic compounds in some cultivated cucurbits / N. B. Suresh, S. P. Vijoy // *Himalayan J. of Sciences*. – 2003. – Vol. 1, № 2. – P. 123-125.
172. Tandon, A. Flavone C-glycosides from the inflorescence of *Polygonum affine* / A. Tandon, D. L. Verma, K. S. Khetwal // *Fitoterapia*. – 1991. – Vol. 62, № 2. – P. 185.

173. Tetenyi, P. Intraspecific chemical taxa of medicinal plants / P. Tetenyi. – New York : Chem. Publ. Co, 1970. – 225 p.
174. The flora of eastern Himalaya / ed. H. Hara. – Tokyo : Univ. of Tokyo Press, 1966. – 744 p.
175. Tijburg, L. B. Tea flavonoids and cardiovascular diseases. A review / L. B. Tijburg, T. Mattern, J. D. Folts [et al.] // Critical Rev. in Food Science a. Nutrition. – 1997. – Vol. 37, № 8. – P. 771-785.
176. Van Beek, T. A. Chemical analysis of *Ginkgo biloba* leaves and extracts / T. A. Van Beek // J. of Chromatography. Sect. A. – 2002. – Vol. 967, № 1. – P. 21–35.
177. Wang, Y. Antioxidative responses to different altitudes in leaves of alpine plant *Polygonum viviparum* in summer / Y. Wang, W. He, H. Huang [et al.] // Acta Physiologiae Plantarum. – 2009. – Vol. 31, № 4. – P. 839-848.
178. Webb, D. A. Generic limits in the *Polygonaceae* / D. A. Webb, A. O. Chater // Feddes repertorium specierum novarum regni vegetabilis. – Berlin, 1963. – P. 187-188.
179. Xiao, K. Studies on chemical constituents possessing DNA cleavage activity / K. Xiao, L. Xuan, Y. Xu, D. Bai // Zhongcaoyao = Chin. Traditional a. Herbal Drugs. – 2003. – Vol. 34, № 3. – P. 203-206.
180. Yoshitama, K. Distribution pattern of anthocyanidins and anthocyanins in Polygonaceous plants / K. Yoshitama, H. Nishino, H. Ozawa [et al.] // Bot. Mag. (Tokyo). – 1987. – Vol. 100, № 2. – P. 143-149.
181. Zhang, C. Chemical constituents in fruits of *Polygonum viviparum* / C. Zhang, Y. Li, F. Hu // Xibei Zhiwu Xuebao. – 2005. – Vol. 25, № 2. – P. 386-387.
182. Zheng, Sh. Two new flavone glycosides from *Polygonum viviparum* L. / Sh. Zheng, K. Li, J. Wang [et al.] // Indian J. of Chemistry. Sect. B. – 2001. – Vol. 40, № 2. – P. 167-169.

Приложение 1

СПРАВКА

Настоящей справкой подтверждаем, что в государственном бюджетном учреждении здравоохранения Новосибирской области «Клиническая стоматологическая поликлиника № 3» было проведено исследование эффективности применения экстракта из корневищ *Bistorta officinalis* – змеевика лекарственного при лечении гингивита, в результате чего отмечена положительная динамика - уменьшение ЗДК, отсутствие кровоточивости десен и бледно-розовый цвет слизистой десны. Изменение GI индекса при использовании экстракта из корневищ *B. officinalis* составило 71 %.

Сделано заключение об эффективности применения экстракта из корневищ *B. officinalis* при лечении гингивита и превосходстве его по терапевтического эффекту над широко распространенным средством «Метрогил Дента» Unique Pharmaceutical Laboratories (a division of J.V.Chemicals & Pharmaceuticals Ltd.) (Индия).

Главный врач
«КСП №3»



Врач стоматолог
высшей категории, К.М.Н.

Кузнецова Н.В.

Кiryushkina С.М.

Приложение 2

Содержание фенольных соединений в надземных органах растений
B. officinalis и *B. attenuata*, собранных в разные фенологические фазы
 (% от абсолютно сухой массы)

Образец	Отрастание	Бутонизация		Цветение		Плодоношение	
	листья	листья	бутоны	листья	цветки	листья	плоды
Флавонолы							
<i>B. officinalis</i> (2011 г.)	3,65	3,45	8,23	4,07	1,14	3,79	2,69
<i>B. officinalis</i> (2012 г.)	3,06	3,90	7,58	4,36	4,49	2,46	2,21
<i>B. officinalis</i> (2013 г.)	3,54	3,18	6,56	5,08	4,94	0,93	2,61
<i>B. officinalis</i> (2014 г.)	3,34	2,12	9,13	3,33	7,42	2,35	2,11
<i>B. attenuata</i> (2014 г.)	2,53	3,75	7,56	3,26	4,85	3,06	2,07
Катехины							
<i>B. officinalis</i> (2011 г.)	0,24	0,28	1,60	0,21	0,60	0,21	0,77
<i>B. officinalis</i> (2012 г.)	0,22	0,26	1,82	0,26	1,14	0,37	0,45
<i>B. officinalis</i> (2013 г.)	0,29	0,33	1,16	0,31	2,02	0,92	0,82
<i>B. officinalis</i> (2014 г.)	0,34	0,52	2,79	0,36	1,76	0,59	0,55
<i>B. attenuata</i> (2014 г.)	0,26	0,41	1,89	0,18	1,38	0,79	0,49
Танины							
<i>B. officinalis</i> (2011 г.)	13,45	12,96	20,07	14,32	7,21	13,95	11,20
<i>B. officinalis</i> (2012 г.)	14,60	16,26	20,44	18,17	13,37	14,56	7,39
<i>B. officinalis</i> (2013 г.)	14,53	16,56	17,69	16,06	15,45	15,49	9,55
<i>B. officinalis</i> (2014 г.)	14,60	12,26	22,20	15,03	20,07	18,60	7,72
<i>B. attenuata</i> (2014 г.)	13,57	17,79	21,95	14,82	16,87	16,25	7,99

Приложение 3

Содержание флавонолов, танинов и катехинов в листьях, соцветиях и корневищах растений рода *Bistorta* (% от абсолютно сухой массы)

	Флавонолы			Катехины			Танины		
	к	л	с	к	л	с	к	л	с
<i>B. attenuata</i> , пос. Сарма, 26.06.12 г.									
1	-	5,28	11,57	1,16	1,02	1,67	3,82	24,56	29,16
2	-	6,26	10,34	1,21	2,51	2,47	3,18	25,52	23,15
3	-	5,56	12,05	1,27	1,01	2,67	3,17	24,38	30,35
4	-	7,57	7,47	0,92	1,65	2,17	2,80	33,60	21,70
5	-	6,73	10,09	0,81	1,21	1,74	2,26	24,03	26,00
6	-	4,76	9,51	0,81	1,24	2,19	2,85	23,27	29,06
7	-	6,36	12,69	1,01	1,72	1,72	2,9	23,74	23,09
8	-	6,98	10,39	0,91	0,66	2,24	2,84	24,23	25,05
9	-	6,84	10,42	1,78	0,98	1,73	5,91	26,5	22,71
10	-	6,64	8,62	0,66	1,33	1,03	3,77	22,58	17,07
11	-	5,78	11,98	0,53	1,02	2,42	4,15	21,55	30,89
12	-	4,69	9,44	0,62	1,46	2,47	6,46	22,79	27,59
13	-	6,83	8,92	2,18	1,52	1,96	5,06	34,4	25,58
14	-	11,31	10,02	1,89	1,47	2,68	3,49	40,6	27,9
15	-	10,49	9,56	1,79	1,72	1,60	4,55	45,20	27,28
16	-	9,58	14,65	3,21	2,12	1,50	7,00	46,00	31,09
17	-	5,98	8,35	1,59	1,24	2,70	4,26	26,20	29,54
18	-	7,57	10,25	2,22	0,95	2,48	4,75	29,64	33,23
19	-	6,90	12,58	1,46	1,49	1,88	3,37	33,8	35,1
20	-	4,50	9,75	0,97	1,32	1,84	3,71	20,73	24,69
21	-	3,33	12,27	3,09	1,20	1,96	6,98	24,47	33,09
22	-	5,68	11,98	1,49	2,42	2,48	3,86	32,04	36,65
23	-	6,97	9,81	1,24	1,50	2,08	4,66	39,39	38,26
24	-	10,20	14,89	1,29	1,76	1,49	4,97	45,27	36,13
25	-	7,09	10,37	1,52	0,67	1,00	5,93	30,97	27,33
<i>B. attenuata</i> , пос. Курма, 26.06.12 г.									
1	-	7,54	11,42	1,56	0,87	1,69	6,03	30,93	34,89
2	-	10,75	8,01	1,00	1,24	2,45	3,03	39,12	26,91
3	-	3,90	6,35	2,09	1,22	1,05	6,89	27,03	22,89
4	-	9,22	9,34	1,01	1,11	2,06	5,00	35,85	27,09

Продолжение приложения 3

5	-	3,28	7,77	0,85	0,63	0,21	5,76	22,44	26,71
6	-	10,59	11,3	1,23	1,39	2,1	4,84	48,15	34,37
7	-	6,11	13,83	1,16	0,46	1,69	5,96	30,77	43,39
8	-	8,69	8,9	1,43	0,53	1,24	6,00	28,08	22,31
9	-	8,43	8,21	1,18	0,37	2,38	4,39	35,58	27,00
10	-	8,48	10,88	0,85	0,70	1,72	6,87	38,55	31,48
11	-	5,47	8,20	1,39	1,15	1,62	6,61	27,57	27,04
12	-	6,99	9,47	1,26	0,75	1,98	7,45	31,76	29,00
13	-	4,43	8,66	0,66	0,37	1,52	4,56	26,29	27,07
14	-	7,03	10,09	1,09	0,58	1,44	5,55	34,4	25,88
15	-	6,68	10,05	0,83	0,64	1,63	3,89	33,7	25,85
16	-	4,26	7,89	1,43	0,53	1,29	6,96	24,41	32,17
17	-	8,83	7,33	1,81	0,70	1,40	6,86	41,96	23,94
18	-	5,15	6,97	2,92	0,73	1,68	9,97	28,78	21,90
19	-	9,98	8,45	1,06	1,10	2,43	4,46	39,28	25,81
20	-	5,74	9,45	1,54	0,53	1,60	5,76	26,01	26,93
21	-	4,30	8,95	1,77	0,38	1,24	7,30	27,24	26,40
22	-	7,89	12,37	1,02	1,16	2,30	5,00	36,68	34,51
23	-	4,13	13,77	1,85	0,37	1,76	7,80	22,65	37,14
24	-	7,37	11,88	1,44	1,38	3,77	6,32	38,13	34,52
25	-	7,42	13,18	1,20	0,89	2,97	5,74	32,53	39,87
<i>B. vivipara</i> , пос. Курма, 24.06.12 г.									
1	-	12,55	4,16	5,36	1,83	3,60	15,69	33,22	22,42
2	-	11,45	5,92	4,68	2,68	4,32	13,08	34,58	32,42
3	-	7,65	4,38	1,96	1,54	3,77	9,44	31,55	23,60
4	-	12,84	5,64	5,26	2,26	4,49	14,76	40,53	27,63
5	-	8,45	6,28	2,28	1,13	2,38	12,02	35,22	23,74
6	-	7,37	3,90	1,21	1,16	2,13	7,74	29,7	19,13
7	-	8,71	3,42	2,46	1,62	2,88	9,00	33,28	16,64
8	-	8,96	4,28	1,85	2,89	2,95	7,41	41,42	20,66
9	-	8,89	5,40	2,59	2,01	3,64	11,51	39,77	26,48
10	-	8,45	3,34	1,55	2,12	3,45	8,30	37,05	21,80
11	-	6,04	4,18	2,29	1,40	3,72	10,22	29,57	22,41
12	-	8,57	4,78	1,97	1,87	3,36	8,96	31,97	25,96
13	-	8,70	4,27	1,79	2,62	2,84	8,00	39,57	23,21
14	-	7,62	2,89	1,23	2,29	2,49	6,06	32,19	15,85
15	-	6,54	3,91	1,65	2,13	3,41	9,02	34,10	21,07
<i>B. officinalis</i> , пос. Арыбаш, 5.06.14 г.									
1	-	10,83	7,46	8,09	1,73	2,85	24,32	47,34	25,70

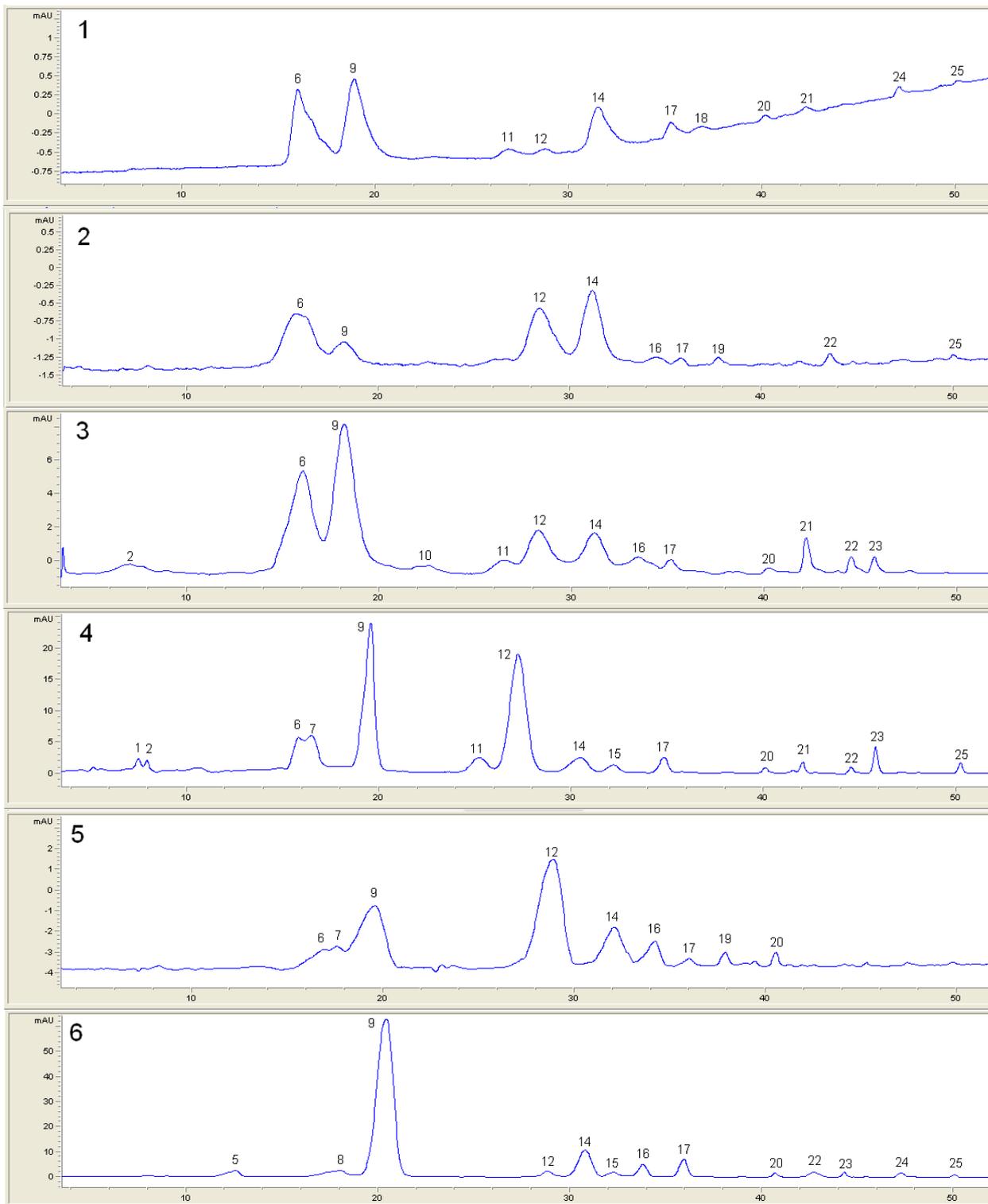
Продолжение приложения 3

2	-	11,73	4,15	11,89	2,53	2,39	33,68	42,61	17,18
3	-	13,26	8,49	8,02	2,37	3,46	27,55	48,29	27,91
4	-	7,80	4,69	10,58	1,98	1,94	28,32	36,78	17,77
5	-	4,90	4,67	11,6	1,49	3,05	26,41	30,83	19,53
6	-	8,25	8,59	8,16	1,96	5,10	25,66	39,06	35,14
7	-	9,14	7,36	8,09	1,39	3,69	24,78	44,47	27,18
8	-	6,01	7,74	6,46	0,95	2,47	24,3	29,29	23,43
9	-	7,30	4,40	9,73	1,23	1,93	37,9	31,55	17,00
10	-	8,50	7,78	9,93	1,75	2,82	26,99	39,66	25,29
11	-	10,94	5,66	9,70	2,35	2,57	26,34	42,86	21,63
12	-	9,57	6,34	17,75	1,58	3,13	41,12	38,23	26,39
13	-	7,46	4,66	11,41	1,68	3,64	33,63	35,94	20,32
14	-	11,26	9,94	14,66	1,41	3,11	36,11	47,44	26,48
15	-	7,24	4,94	11,59	2,48	2,29	30,11	37,79	19,08

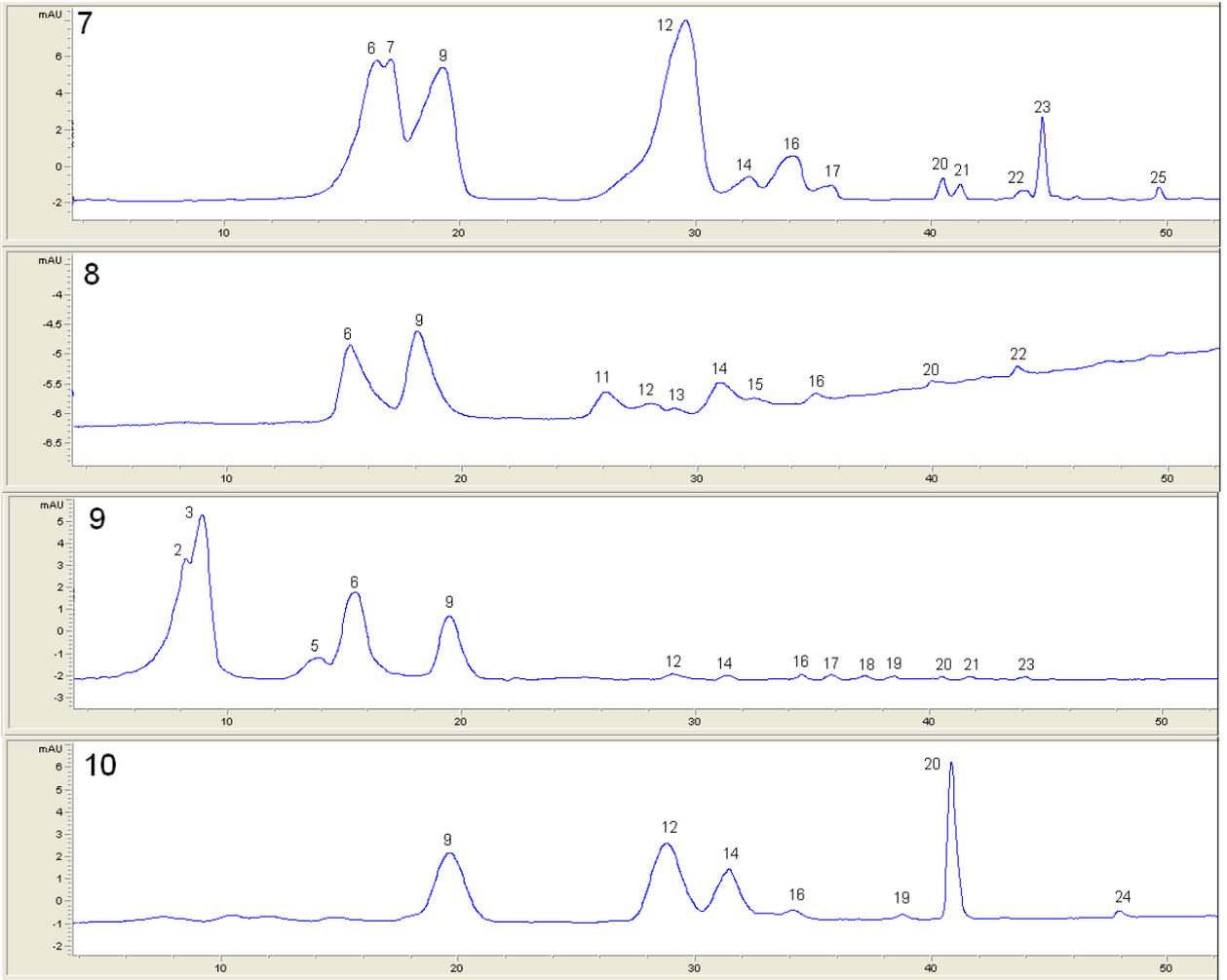
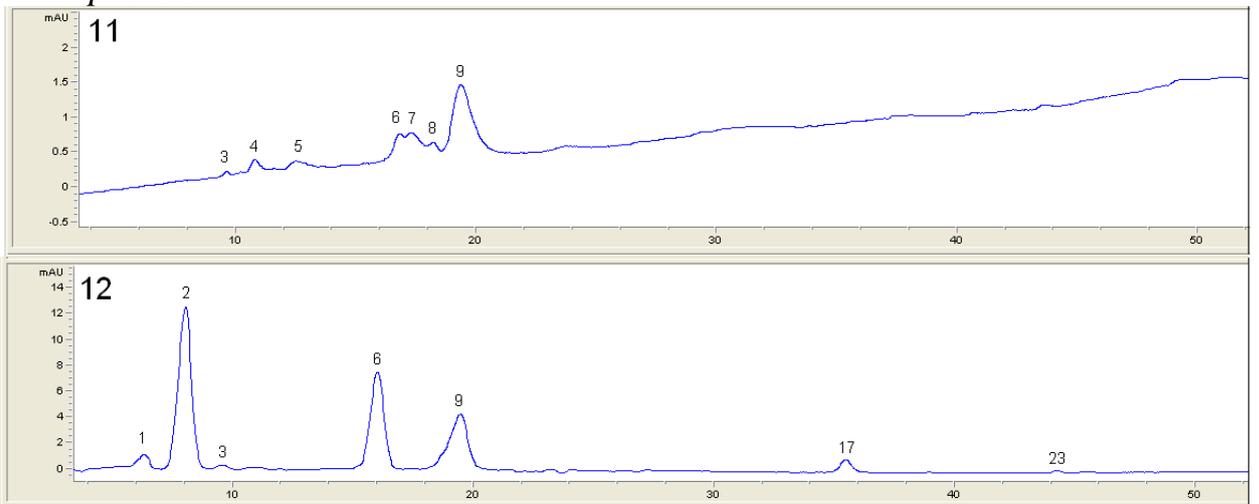
Примечание: «к» – корневища, «л» – листья, «с» – соцветия, «-» означает отсутствие вещества, в левой колонке приведены номера индивидуальных растений.

Приложение 4

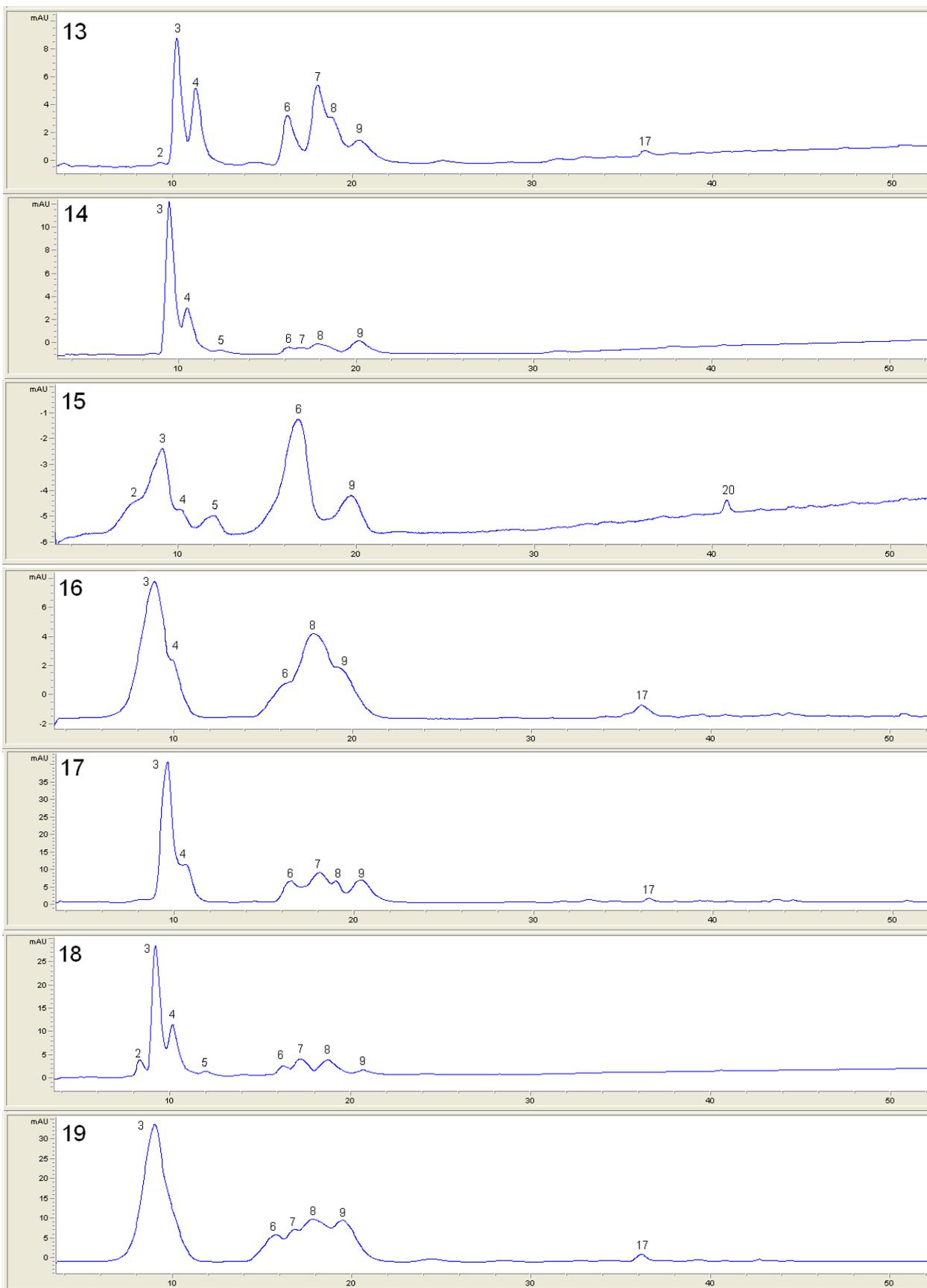
Хроматограммы экстрактов листьев растений *B. officinalis* (1-10), *B. alopecuroides* (11-20) и *B. elliptica* (21-26) из разных природных популяций (см. таблицу 13)

B. officinalis

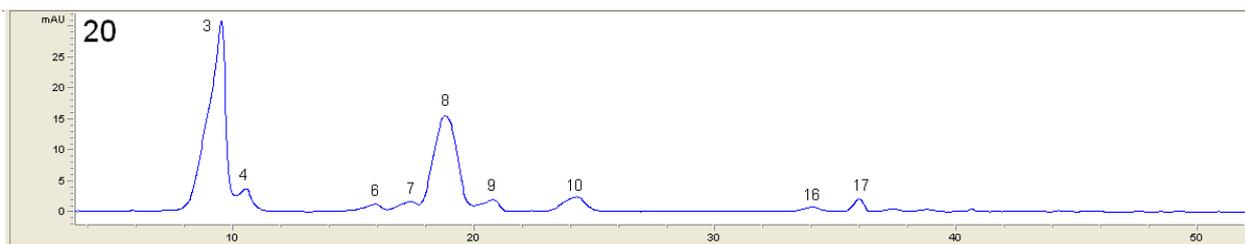
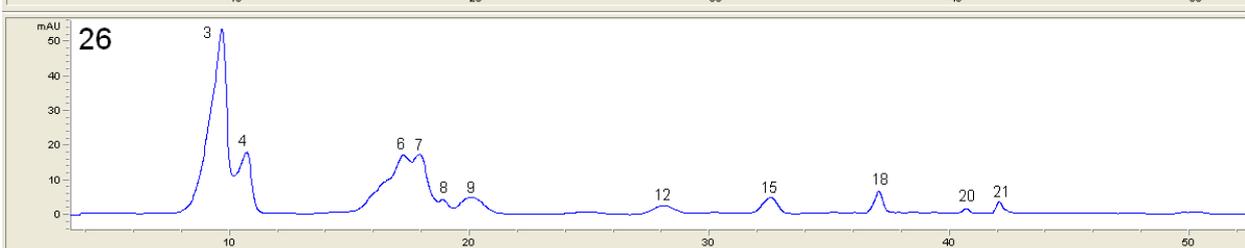
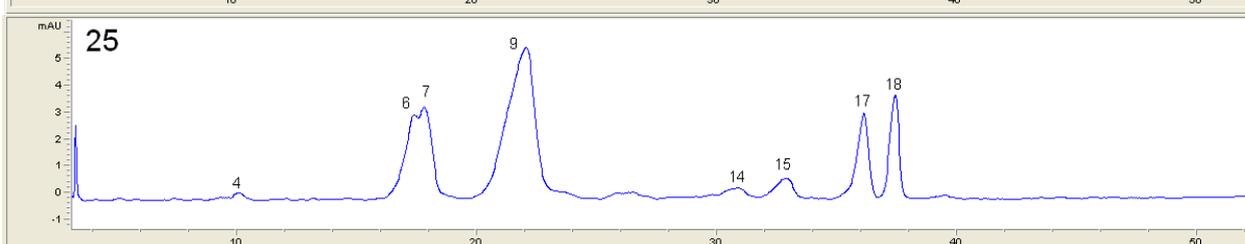
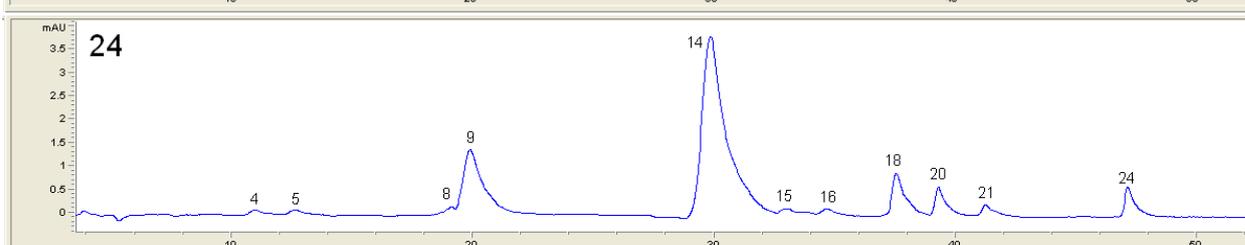
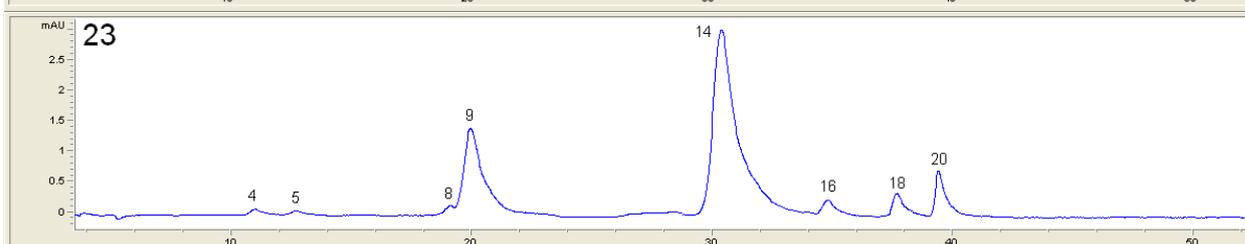
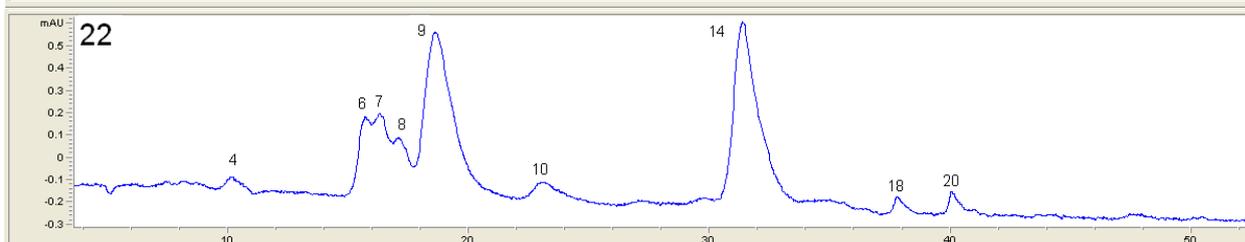
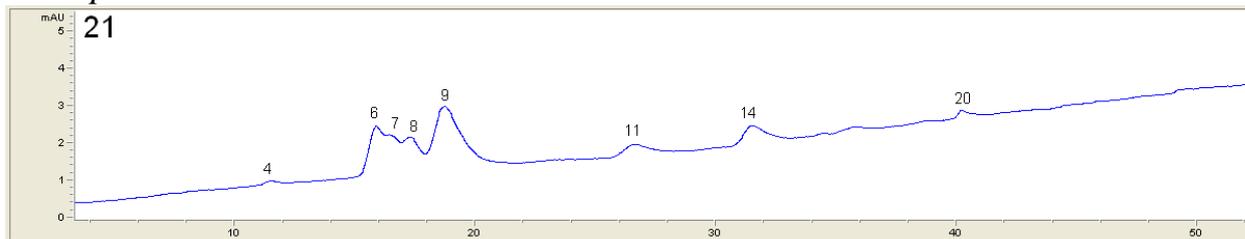
Продолжение приложения 4

*B. alopecuroides*

Продолжение приложения 4



Продолжение приложения 4

*B. elliptica*

Приложение 5

Индекс GI обследуемых до и после лечения и изменение состояния
пациентов (в %)

1 группа (экстракт <i>Bistorta officinalis</i>)		Изменение состояния, %	2 группа (Метрогил Дента)		Изменение состояния, %	3 группа (плацебо)		Изменение состояния, %
До	После		До	После		До	После	
1,1	0,3	73	0,9	0	100	2,3	2,1	9
1	0,4	60	2	1,2	40	1	1	0
1,3	0,2	85	1,4	0,7	50	1,2	1,3	-8
0,9	0,1	89	1,4	0,5	64	1,4	1,4	0
2	1,1	45	1	0	100	2,5	2,4	4
1,4	-0,4	71	1,7	1	41	2,1	1,9	10
1,4	0,5	64	1,7	0,9	47	1,2	0,8	33
1	0	100	2	1,1	45	0,9	1	-11
1,7	0,9	47	1,7	0,8	53	1,4	1,4	0
2	0,8	60	1,9	1,2	37	1,4	1,5	-7
1,7	0,7	59	1,5	0,2	87	1	1	0
1,9	1	47	1,1	0,1	91	1,7	1,6	6
1,5	0,5	67	1	0,5	50	0,9	0,9	0
1	1	0	1,3	0,2	85	2	1,9	5
0,5	0,1	80	0,9	1	-11	1,4	1,4	0
1	0	100	2	1	50	1,4	1,5	-7
0,3	0	100	1	0	100	1,5	1,6	-7
1,4	0,5	64	0,3	0,1	67	2,4	2,2	8
1,2	0,4	67	1,4	0,7	50	0,6	0,7	-17
1,1	0	100	1,2	0,4	67	1,5	1,4	7
1,8	0,9	50	1,1	0,2	82	2,4	2	17
1	0,1	90	2	1,1	45	1,1	1,1	0
0,9	0	100	2,3	1,4	39	1,2	1,3	-8
0,7	0,3	57	0,9	0	100	2	2	0
1,5	1	33	1,5	0,6	60	0,3	0,4	-33
Среднее значение		68	Ср. значение		62	Ср. значение		0