

Содержание

Род <i>Bistorta</i> Scop. (Polygonaceae): химический состав и биологическая активность М. С. ВОРОНКОВА, Г. И. ВЫСОЧИНА	209
Загрязнение окружающей среды при сжигании попутного нефтяного газа на территории нефтедобывающих предприятий Л. К. АЛТУНИНА, Л. И. СВАРОВСКАЯ, И. Г. ЯЩЕНКО, М. Н. АЛЕКСЕЕВА	217
Влияние наноаэрозольной формы лекарственных препаратов на их базовую активность С. В. АНЬКОВ, Т. Г. ТОЛСТИКОВА, М. В. ХВОСТОВ, А. А. ОНИЩУК, А. М. БАКЛАНОВ, В. В. БОЛДЫРЕВ	223
Химический и фазовый состав техногенных аэрозолей в районе Сибирского химического комбината (Томская обл.) С. Ю. АРТАМОНОВА	229
Влияние силикатного модуля и модифицирования металлами на кислотные и каталитические свойства цеолита типа ZSM-5 в процессе изомеризации <i>n</i> -октана Л. М. ВЕЛИЧКИНА, Д. А. КАНАШЕВИЧ, Л. Н. ВОСМЕРИКОВА, А. В. ВОСМЕРИКОВ	241
Окислительное обезвреживание товарной формы пестицида цинеб Т. Н. ВОЛГИНА, В. Т. НОВИКОВ, А. И. ТАТАРКИНА	251
Изучение состава и структуры микросфер зол уноса Южно-Сахалинской ГРЭС и их сорбционных свойств для извлечения нефтепродуктов из загрязненных вод Н. В. ЖУРАВЛЕВА, Р. Р. ПОТОКИНА, З. Р. ИСМАГИЛОВ, Н. В. ШИКИНА, Г. В. БОЛДЫРЕВ	257
Геохимия дренажных вод горнорудных объектов вольфрамового месторождения Бом-Горхон (Забайкалье) Л. В. ЗАМАНА, Л. П. ЧЕЧЕЛЬ	267
Изучение сорбентов, полученных из сапропелей озер Качкульня и Барчин (Новосибирская обл.) И. П. ИВАНОВ, В. И. ШАРЫГОВ, А. В. РУДКОВСКИЙ, О. П. ТАРАН, В. Д. СТРАХОВЕНОК, Б. Н. КУЗНЕЦОВ	275
Элементный состав атмосферных аэрозолей как глобальная инварианта С. З. КАРДАНОВ	283
К механизму анальгетической активности высокоэффективных анальгетиков нового структурного типа: эксперименты <i>in vitro</i> Е. А. МОРОЗОВА, Т. А. ЗАПАРА, А. С. РАТУШНЯК, С. О. ВЕЧКАПОВА, Т. Г. ТОЛСТИКОВА, Э. Э. ШУЛЬЦ	289
Содержание некоторых групп соединений в вегетативных органах безвременника <i>Colchicum autumnale</i> (Melanthiaceae) Л. Л. СЕДЕЛЬНИКОВА, Т. А. КУКУШКИНА	295
Элементный состав и интенсивность накопления химических элементов в листьях сибирской облепихи (<i>Hippophae rhamnoides</i> L.) Г. М. СКУРИДИН, О. В. ЧАНКИНА, А. А. ЛЕГКОДЫМОВ, Н. В. БАГИНСКАЯ, К. П. КУЦЕНОГИЙ	301
Изменение структурно-механических параметров углеводов после высокочастотного акустического воздействия Р. В. АНУФРИЕВ, Г. И. ВОЛКОВА	307
Исследование реакции озонлиза каменноугольного сырого бензола Е. С. МИХАЙЛОВА, С. Ю. ЛЫРЩИКОВ, З. Р. ИСМАГИЛОВ	313
Исследование сернокислотного разложения фторсодержащих отходов алюминиевого производства с целью выделения фторида водорода И. В. ПЕТЛИН, А. Н. ДЬЯЧЕНКО	319
О некоторых проблемах природопользования и устойчивого развития химической промышленности А. А. ШАТОВ, Е. А. САФАРГАЛЕЕВА	327

УДК 582.665.11:577.13(571.1/5)

Род *Bistorta* Scop. (Polygonaceae): химический состав и биологическая активность

М. С. ВОРОНКОВА, Г. И. ВЫСОЧИНА

Центральный сибирский ботанический сад Сибирского отделения РАН,
ул. Золотодолинская, 101, Новосибирск 630090 (Россия)

E-mail: bmc_87@mail.ru

(Поступила 21.03.14; после доработки 11.04.14)

Аннотация

Выполнен обзор сведений по химическому составу и биологической активности видов рода *Bistorta* Scop. мировой флоры. Показано, что виды рода *Bistorta* представляют интерес в качестве источника сырья, содержащего ценные биологически активные вещества – фенолкарбоновые кислоты, флавоноиды, тритерпеноиды, стероиды.

Ключевые слова: *Bistorta* Scop., фенолкарбоновые кислоты, флавоноиды, тритерпеноиды, стероиды, биологическая активность

ВВЕДЕНИЕ

Род *Bistorta* Scop. (змеевик) представлен многолетними луговыми и лугово-болотными растениями с толстым змеевидно-изогнутым корневищем. Включает около 50 видов в странах Северного полушария, преимущественно в горных районах [1]. На территории России и сопредельных государств произрастает 12 видов рода *Bistorta*, в Сибири – 6, из них два вида — *Bistorta officinalis* Delarbre и *Bistorta vivipara* (L.) Delarbre – широко распространены в Северном полушарии [2, 3]. Используются в качестве декоративных, пищевых, кормовых и медоносных растений [4].

Цель настоящей работы – обзор опубликованных материалов по составу и биологической активности вторичных метаболитов видов рода *Bistorta* Scop. мировой флоры.

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ *BISTORTA OFFICINALIS*

Химический состав видов этого рода изучен слабо, при этом большая часть исследо-

ваний посвящена двум указанным видам. Опубликован краткий обзор по фитохимии и фармакологии *Polygonum bistorta* L. [5].

Научная медицина признает единственный вид рода – *B. officinalis* Delabre (= *Bistorta major* S.F. Gray, *Polygonum bistorta* L.), змеевик лекарственный, змеевик большой, раковые шейки, горец змеиный. Это многолетнее травянистое растение с колосовидным соцветием высотой до 100 см. Околоцветник бледно- или ярко-розовый. Нижние листья продолговато-яйцевидные или широколанцетные, при основании низбегающие на черешок, к верхушке заостренные. Корневище толстое, деревянистое, изогнутое. *B. officinalis* – типично мезофильное растение. Встречается на лесных, заливных и водораздельных лугах, лесных опушках и кустарниковых зарослях, поднимается в субальпийский пояс. Имеет обширный ареал, охватывающий почти всю территорию Евразии [6].

Корневища *B. officinalis* применяют как вяжущее средство при расстройствах кишечника, воспалении слизистых оболочек, дизентерии. Это хороший заменитель корня тро-

пической ратании [7]. Из подземной части растений получен танинсодержащий препарат “Бистальбин” [8]. Наиболее полно изучена именно подземная часть растений. Содержание дубильных (гидролизуемых) веществ в корневищах варьирует от 8.3 до 36.0 % [9]. Катехины корневищ представлены (+)-катехином, (–)-катехином, (–)-эпикатехином, 7-О-β-D-глюкопиранозидом (+)-катехина, 5-О-β-D-глюкопиранозидом (+)-катехина, 5-О-β-D-глюкопиранозидом (–)-эпикатехина [10–12]. Из 10 кг высушенных корней *P. bistorta* выделено 15 мг фенилпропаноидзамещенного катехина, его структура доказана ЯМР-спектроскопией [13].

В литературе приводятся данные о составе и содержании фенолкарбоновых кислот и их производных в различных частях *P. bistorta*. 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 [11, 12, 14–20]. В хлороформном экстракте *P. bistorta* и растений некоторых других видов рода *Polygonum* L. хромато-масс-спектрометрическим методом обнаружены кислоты: 4-гидроксibenзойная, 4-гидрокси-3-метоксibenзойная, 4-гидрокси-3-метоксикоричная, 4-гидрокси-коричная, 3,4-дигидрокси-коричная – и их метиловые эфиры [17]. По данным [18], в надземной части *P. bistorta* 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 [21].

Новое родственное танину соединение под названием бистортазид А (4-О-β-D-(6'-О-3''-метилгаллоил)-глюкопиранозид-3-метилгалловая кислота).

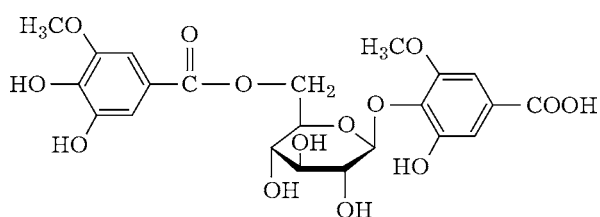


Рис. 1. Бистортазид А – 4-О-β-D-(6'-О-3''-метилгаллоил)-глюкопиранозид-3-метилгалловая кислота.

метилгаллоил)-глюкопиранозид-3-метилгалловая кислота) и известное соединение 3-О-β-D-глюкопиранозид кверцетина выделены из корневищ *Polygonum bistorta* L. [22] (рис. 1).

Автор [23] идентифицировала в корневище *P. bistorta* 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 неизвестных флавонола – 2,3',4',4,6-пентагидрооксифлаван и 2,5',6-тригидрокси-4,2'-диметоксифлаван, которые обладают коагулянтным действием. Благодаря этому подземную часть растений можно использовать в медицине и фармации как нетоксичный природный источник коагулянтов [24].

Кроме того, в корневище обнаружены 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 стигмат-5-ен-3-он. Фриделин и стигмат-5-ен-3-он идентифицированы для *P. bistorta* впервые [25, 26]. Из подземных органов выделены семь соединений, включая тритерпеноиды, кумарин и стероид [27], а также перстильбен (3,5-метокси-2-гидрокси-E-стильбен) [28].

Кумарины найдены в подземных органах и в надземной части растений: умбеллиферон во всех органах, скополетин – только в корневище [29–31].

Флавоноиды – одна из основных групп веществ комплекса фенольных соединений надземной части *P. bistorta*. Представлены они преимущественно флавонолами. В период массового цветения отмечается пик накопления флавонолов, при этом их содержание варьирует в пределах 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 уровнем моря и выше, содержат флавоноиды в большем количестве, нежели растения луговых сообществ равнинной местности [32]. По данным авторов [29], содержание флавоноидов в листьях *P. bistorta* в период начала плодообразования растений составляет 7.8 %, в

стеблях – 6.5 %, в соцветиях – 14.1 % (на массу абсолютно сухого сырья)

В состав агликонов входят флавонолы кверцетин и кемпферол [33, 34]. Методами высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) установлено, что эти флавонолы содержатся и в гидролизатах водно-спиртовых экстрактов из надземной части, причем основным агликоном является кверцетин [32]. Автор [35], помимо этих компонентов, обнаружила в надземной части *P. bistorta* свободные агликоны: таксифолин, лютеолин, кверцетин-3-метиловый эфир и рамнетин. В работе [35] отмечаются, что среди агликонов преобладает кверцетин.

Из десяти гликозидов *B. officinalis*, выявленных хроматографией на бумаге, выделены кверцимеритрин, авикулярин и 5-О-β-D-глюкопиранозид кверцетина [16, 21, 34]. В работе [23] методами ВЭЖХ идентифицированы в надземной части семь флавонолгликозидов: рутин, гиперин, кверцитрин, изокверцитрин, миквелианин (3-О-β-глюкуронид кверцетина), спиреозид (1'-О-β-глюкозид кверцетина) и астрагалин. В цветках обнаружены антоцианы: цианидин, дельфинидин и неизвестный антоцианидин [36, 37].

Содержание дубильных веществ в листьях растений варьирует от 5.0 до 17.5 % [9].

Из корневищ *P. bistorta* препаративной ВЭЖХ выделены и идентифицированы соединения, обладающие противоопухолевой активностью, в том числе фенольные: галловая, протокатеховая, пара-оксibenзойная, хлорогеновая, ванилиновая, сиреневая кислоты, пирогаллол, гидрохинон, катехол, 2,6-диметоксифенол, 4-метилкатехол, а также жирные кислоты – миристиновая, пальмитиновая, линолевая [40].

В литературе описаны противовоспалительные, противоопухолевые и антибактериальные свойства корневищ *P. bistorta* [25, 38–40]. В Китае они используются в народной медицине 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. [22]. В народной медицине России это растение используется как кровоостанавливающее и вяжущее средство при кровоте-

чениях, 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 [9]. В составе биологически активных веществ с антибактериальными и противоопухолевыми свойствами отмечены галловая и хлорогеновая кислоты, катехин; содержание галловой кислоты в корневищах в среднем составляет 0.50 %, хлорогеновой кислоты – 0.86 %, катехина – 0.77 %. Сообщается о вяжущем, кровоостанавливающем, успокоительном, мочегонном и жаропонижающем действии *P. bistorta* [13]. На основании экспериментов на животных показано, что экстракт корневищ *P. bistorta* обладает мощным гепатопротекторным действием и может использоваться для защиты и лечения токсикологических повреждений печени и почек как средство нетрадиционной медицины [41, 42]. Доказано, что противовоспалительное действие корневищ *P. bistorta* обеспечивают два активных вещества – 5-глютинен-3-он и фриделанол [25]. Спиртовый экстракт корневищ проявляет интерфероподобную активность [43].

Надземная часть растений изучена в меньшей степени. Выявлены активные компоненты экстракта *P. bistorta*, обладающие противовоспалительным действием. Также установлено, что аналогичное действие оказывает сам экстракт при лечении отека лапы крысы, вызванного карагенином [16]. Фракция фенольных соединений экстракта из надземной части проявляет иммуномодулирующий эффект при антителообразовании [44]. Обнаружено, что *P. bistorta* подавляет мутагенность Trp-P-1 [26]. Хлороформная и гексановая фракции из *P. bistorta* 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 [45]. Отмечено, что горец змеиный может быть использован для профилактики и терапии интоксикаций, вызванных кумуляцией катионов стронция [46].