

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ  
РЕСУРСНЫХ ВИДОВ

ЭКДИСТЕРОИДЫ И ФЕНОЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ  
НЕКОТОРЫХ ВИДОВ CARYOPHYLLACEAE

© 2020 г. Л. Н. Зибарева<sup>1,\*</sup>, Е. С. Филоненко<sup>1</sup>, Е. А. Кастерова<sup>1</sup>, Т. П. Анцупова<sup>2</sup>,  
Г. Б. Ендонова<sup>2</sup>, С. В. Нестерова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Томский государственный университет, Сибирский ботанический сад, г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, г. Улан-Удэ, Россия

<sup>3</sup>Ботанический сад-институт ДВО РАН, г. Владивосток, Россия

\*e-mail: zibareva.lara@yandex.ru

Поступила в редакцию 27.02.2020 г.

После доработки 03.03.2020 г.

Принята к публикации 18.03.2020 г.

Методом ВЭЖХ проведено изучение компонентного состава экидистероидов и фенольных соединений семи видов (13 образцов) семейства Caryophyllaceae Juss. (Гвоздичные). Установлено, что состав, содержание экидистероидов и флавоноидов *Silene jensisensis* Willd., *Silene repens* Patr. из разных районов Бурятии и Дальнего Востока России различаются. Выявлены характерные вторичные метаболиты в образцах *S. jensisensis* – 20-гидроксиэкидизон, 2-дезоксизэкидизон, экидизон, ориентин. Установлено отсутствие мажорного экидистероида 20-гидроксиэкидизона в видах *Lychnis sibirica* L., *Stellaria dichotoma* L., *Dianthus superbus* L., *Eremogone meyer* (Fenzl) Ikonn., *Stellaria longifolia* Muhl. ex Willd. и образце *Silene repens* из Бурятии (Куйтун). Больше содержание экидистероидов определено в *S. jensisensis* (3.5%) из Бурятии, в *S. repens* Приморского края – 1.2%. Показано, что наибольшее содержание флавоноидов наблюдали в *Stellaria longifolia* – 4.6%. Для изученных видов родов *Silene* L. и *Lychnis* L. характерно присутствие ориентина, тогда как для других родов – витексина и изовитексина.

**Ключевые слова:** *Silene* L., *Lychnis* L., *Eremogone* Fenzl, *Stellaria* L., *Dianthus* L., Caryophyllaceae, экидистероиды, фенольные соединения, флавоноиды, ВЭЖХ

**DOI:** 10.31857/S0033994620020119

Род *Silene* L. семейства Caryophyllaceae Juss. является одним из многочисленных родов мировой флоры. По данным Greuter [1] в нем насчитывается более 700 видов. Для рода *Silene* характерен широкий ареал, большая часть видов произрастает в странах Средиземноморья. Только в Греции встречается не менее 119 видов [1], в Турции – 122, в Иране – 141, в северной Африке – 92, а в целом в Европе – 203 вида [2]. На территории СНГ произрастает 206 видов [3], в Сибири – 40, в Томской области – 4 вида [4], на Дальнем Востоке России – 9 видов [3].

Известно, что для Caryophyllaceae характерным признаком является присутствие тритерпеновых гликозидов (сапонинов), кроме того, в компонентный состав входят алкалоиды, флавоноиды, кумарины. Внимание к семейству Гвоздичных возросло многократно в последние годы в связи с обнаружением гормонов линьки насекомых в растениях этого семейства. Большая часть видов, синтезирующих искомые соединения, встречается в трибе Lychnideae подсемейства Caryophylloideae – родах *Silene* L., *Lychnis* L., *Petrocoptis* A. Braun, *Sagina* L., *Saponaria* L. Растения семейства Гвоздичные характеризуются разнообразным составом экидистероидов, наличием множества новых соеди-

нений, обнаруженных пока только в них, высоким содержанием мажорных компонентов фракции экидистероидов. Из растений этого семейства выделено более 93 экидистероидов. В настоящее время по литературным и нашим экспериментальным данным экидистероиды обнаружены более чем в 140 видах *Silene* [4–6]. Ни в одном из других семейств не выявлено такое множество экидистероидосодержащих видов. Наиболее часто встречающимися являются такие экидистероиды как 20-гидроксиэкидизон (20E), полиподин В (ПВ), витекостерон Е, 2-дезоксизэкидизон (Е), интегристерона А. Для растений рода *Silene* свойственно наличие большого числа не только свободных экидистероидов, но и различных производных.

Из соединений полифенольного комплекса Caryophyllaceae наиболее изучены флавоноиды. Показано, что виды рода *Silene* [7, 8] содержат витексин, изовитексин, ориентин, гомоориентин, изосапонарин, адонивернит, сапонаретин, витексин и др. Так в *S. compta* установлено присутствие 24 фенольных соединений, включая оксикоричные кислоты и флавоноиды (гесперидин, рутин, гиперозид, лютеолин, кемпферол, апигенин и др.) [9]. В 26 видах рода *Silene*, включая

*S. graminifolia* Otth, *S. jensseensis* Willd., *S. chlorantha* Willd., *S. italica* (L.) Pers. обнаружены виценин-2, витексин [10], в *S. schafta* S.G.Gmel. ex Hohen — шафтозид [11], в *S. nutans* L. — луценин-2, виценин-2, шафтозид, изошафтозид и С-моногликоиды [12].

В других родах семейства Caryophyllaceae *Cerastium* L., *Arenaria* L., *Stellaria* L., *Allochrysa* Bunge ex Boiss. обнаружен виценин [13]. Следует заметить, что С-гликозиды флавонов встречаются реже других флавоноидов.

В связи с тем, что экидстероиды обладают широким спектром фармакологического действия, а виценин-1 в комплексе с тригонеозидом Ib рекомендуется для лечения аутоиммунных заболеваний [14], виценин-2 проявляет антиоксидантные, противовоспалительные, противоопухолевые и гепатопротекторные свойства, антидиабетическую активность, т.к. сильно ингибирует  $\alpha$ -глюкозидазу [15], поиск перспективных источников таких ценных вторичных метаболитов является актуальным.

Целью данного исследования является выявление перспективных образцов видов родов *Silene*, *Lychnis*, *Eremogone*, *Stellaria*, *Dianthus*, содержащих экидстероиды и флавоноиды.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Надземная часть исследуемых видов собрана в фазу цветения в 2012–2017 гг. (табл. 1). Измельчение сухого сырья проводили с помощью универсальной роторной ножевой лабораторной мельницы ЛМ 201 с размольной камерой, охлаждаемой водой (ООО Плаун, Россия). Размер размоленного образца 500–10 мкм. Навеску воздушно-сухого сырья массой около 1 г пятикратно экстрагировали 70% этиловым спиртом на водяной бане при температуре 55 °С. Полученные экстракты фильтровали и концентрировали с помощью ротационного испарителя ИКА НВ 10 digital (Германия) при температуре 50 °С. Полученные экстракты использовали для дальнейшего анализа.

Анализ биологически активных веществ выполнен методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) на жидкостном хроматографе Shimadzu LC-20AD (Япония), диодноматричный детектор, хроматографическая колонка Perfect Sil Target ODS-3; 4.6 × 250 мм, размер зерна сорбента — 5 мкм. Элюент А: смесь ацетонитрила, изопропилового спирта (5 : 2 v/v); элюент В: 0.1% трифторуксусная кислота. Время анализа — 60 мин. Скорость элюирования — 1 мл/мин. Режим элюирования: градиент низкого давления; программа градиента: 0–40 мин 15–35% элюент А, 40–60 мин 35% элюент А. Объем пробы 5 мкл. Аналитическая длина волны  $\lambda_{\max}$  = 242 нм для регистрации экидстероидов и 272 нм — флавоноидов. Идентификацию сигналов на хроматограммах осуществляли сопоставлением времен удерживания и максимумов поглощения компонентов экстрактов и стандартных образцов. Фе-

нольные соединения идентифицированы с использованием стандартов (Sigma-Aldrich, Lachema; чистота  $\geq 95.0\%$ ). Экидстероиды — 20-гидроксиэкидзон, 2-дезоксизэкидзон, 2-дезоксизэкидзон-2-ацетат, птеростерон, 20-гидроксиэкидзон-2-ацетат, используемые в качестве внутренних стандартов, ранее выделены и идентифицированы методами масс-спектрометрии и ядерно-магнитного резонанса [6, 16, 17]. Содержание БАВ рассчитывалось по площадям пиков образца и соответствующих стандартов с помощью калибровочной кривой, построенной с использованием программного обеспечения LC Postrun Calibration Curve. Анализ проводили в 3-х повторениях, статистические расчеты осуществляли в Microsoft Excel, 2007. Данные представлены в виде среднего арифметического и стандартной ошибки.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Ввиду сложной классификации родов семейства Caryophyllaceae, которая основана преимущественно на морфологических признаках растений, получение данных о составе и содержании вторичных метаболитов будет способствовать выяснению целого ряда спорных вопросов о филогенетическом статусе некоторых видов. Известно, что экидстероиды имеют хемотаксономическое значение в роде *Silene* [6], а флавоноиды являются хемотаксономическими маркерами в ряде семейств [18]. В связи с тем, что в настоящее время идентифицированы флавоноиды лишь в 5% видов многочисленного рода *Silene*, то новые данные дополняют информацию об особенностях состава вторичных метаболитов рода.

ВЭЖХ анализ показал, что во всех исследованных образцах растений *Silene jensseensis* обнаружены экидстероиды — 20-гидроксиэкидзон, экидзон, птеростерон, 2-дезоксизэкидзон, 20-гидроксиэкидзон-2-ацетат, 2-дезоксизэкидзон (табл. 2). Показано, что состав и уровни экидстероидов в исследованных образцах *S. jensseensis* сильно различаются.

Общими компонентами являются 20-гидроксиэкидзон, 2-дезоксизэкидзон и 2-дезоксизэкидзон. В образцах Муйского, Баргузинского районов и окрестности г. Улан Удэ обнаружены дополнительно экидзон и 20-гидроксиэкидзон-2-ацетат, в растениях Муйского р-на и окрестности г. Улан Удэ — птеростерон. Кроме того, в образцах *S. jensseensis* обнаружен ряд неидентифицированных соединений с максимумами поглощения 240–248 нм, собственными экидстероидам (рис. 1). Из-за отсутствия стандартов некоторых экидстероидов идентифицировать их пока не представляется возможным.

Наиболее богатыми по общему содержанию экидстероидов, включая неидентифицированные, являются образцы растений *S. jensseensis*, произрастающие в Бурятии в Муйском, Баргузинском

**Таблица 1.** Виды растений Caryophyllaceae, использованные в эксперименте  
**Table 1.** Caryophyllaceae species used in the experiment

№	Образцы Samples	Место сбора сырья Origin of the raw materials
1	<i>Silene jensiseensis</i> Willd. (смолевка енисейская)	Республика Бурятия, Муйский р-н, окр. п. Таксимо, высота над ур. моря 516 м, открытая местность, луг Republic of Buryatia, Muisky district, near Taksimo village, elevation above sea level 516 m, open area, meadow
2	<i>S. jensiseensis</i>	Республика Бурятия, окр. г. Улан Удэ, высота над ур. моря 500 м, разреженный лес Buryatia, the vicinity of Ulan Ude, elevation above sea level 500 m m., sparse forest
3	<i>S. jensiseensis</i>	Республика Бурятия, Баргузинский р-н, с. Улюн, высота над ур. моря 490 м, скалистый склон юго-восточной экспозиции, разреженный лиственничный лес Republic of Buryatia, Barguzinsky district, Ulyun village, elevation above sea level 490 m, rocky slope of the southeast exposure, sparse larch forest
4	<i>S. jensiseensis</i>	Республика Бурятия, окр. г. Улан Удэ (ст. Комушка), высота над ур. моря 597 м, разнотравно-злаковая степь Republic of Buryatia, suburbs of Ulan Ude (Komushka), elevation above sea level 597 m, motley grass-grass steppe
5	<i>S. jensiseensis</i>	Приморский край, Ханкайский р-н, окр. п. Турый Рог, побережье о. Ханка Primorsky Territory, Khankaisky district, outskirts of Tury Rog village, coast of Lake Khanka
6	<i>S. repens</i> Patrin (смолевка ползучая)	Республика Бурятия, Курумканский р-н, улус Барагхан, заимка Куйтун, высота над ур. моря 495 м Republic of Buryatia, Kurumkansky district, Baraghan ulus, Kuitun settlement, elevation above sea level 495 m
7	<i>S. repens</i>	Республика Бурятия, Окинский р-н, база отдыха “Шумак”, высота над ур. моря 1500 м, субальпийский луг Republic of Buryatia, Okinsky district, recreation center “Shumak”, elevation above sea level 1500 m, subalpine meadow
8	<i>S. repens</i>	Приморский край, Лазовский р-н, окр. п. Заповедное, бухта Киевка Primorsky Territory, Lazovsky District, outskirts of Zapovednoye village, Kievka Bay
9	<i>Lychnis sibirica</i> L. (лихнис сибирский)	Республика Бурятия, окр. г. Улан Удэ, п. Верхняя Березовка, высота над ур. моря 500 м, сухой сосновый лес Republic of Buryatia, outskirts of Ulan Ude, Verkhnyaya Berezovka, elevation above sea level 500 m, dry pine forest
10	<i>Eremogone meyeri</i> (Fenzl) Ikonn. (еремогоне Мейера)	Республика Бурятия, Селенгинский р-н, высота над ур. моря 580 м, щебнистый склон Buryatia, Selenginsky district, height above sea level 580 m, detrital slope
11	<i>Stellaria longifolia</i> Muhl. ex Willd. (звездчатка длиннолистная)	Республика Бурятия, Заиграевский р-н, п. Онохой, высота над ур. моря 542 м, берег р. Уда Republic of Buryatia, Zaigraevsky district, Onokhoy village, elevation above sea level 542 m, the bank of the Uda River
12	<i>Stellaria dichotoma</i> L. (звездчатка развилистая)	Республика Бурятия, Иволгинский р-н, окр. п. Сотниково, высота над ур. моря 521 м, разнотравно-злаковая степь Republic of Buryatia, Ivolginsky district, outskirts of Sotnikovo village, elevation above sea level 521 m, motley grass-grass steppe
13	<i>Dianthus superbus</i> L. (гвоздика пышная)	Республика Бурятия, окр. г. Улан Удэ, п. Верхняя Березовка, высота над ур. моря 525 м, редкоствольный смешанный сосново-лиственничный лес Republic of Buryatia, outskirts of Ulan Ude, Verkhnyaya Berezovka, elevation above sea level 525 m, sparse mixed pine-larch forest

районах и окрестности г. Улан Удэ (ст. Комушка) – 3,5, 1,1 и 0,7% соответственно. Наименьший уровень содержания экидистероидов определен в образце из Приморского края – 0,4%.

Изучение состава экидистероидов в *S. repens* показало, что во всех образцах присутствует мажорный компонент экидистероидсодержащих видов – 20-гидроксиэкидизон, за исключением образца 6

**Таблица 2.** Состав и содержание экистероидов в изученных образцах Caryophyllaceae (% на абс. сух. сырье)  
**Table 2.** Composition and content of ecdysteroids in the studied samples of Caryophyllaceae (% on dry weight basis)

№*	20-Гидроксиэклизон 20-Hydroxyecdysone	Эклизон Ecdysone	Птеростерон Pterosterone	2-Дезокси-20-гидроксиэклизон 2-deoxy-20-hydroxyecdysone	20-Гидроксиэклизон-2-ацетат 20-Hydroxyecdysone-2-acetate	2-Дезоксиэклизон 2-deoxyecdysone	Суммарное содержание экистероидов** Total content of ecdysteroids**
1	2.03 ± 0.01	0.06 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0.25 ± 0.02	0.01 ± 0.01	0.42 ± 0.03	3.54 ± 0.06
2	0.32 ± 0.02	0.03 ± 0.01	0.01 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.54 ± 0.03
3	0.64 ± 0.03	0.03 ± 0.01		0.05 ± 0.01	0.004 ± 0.001	0.13 ± 0.01	1.09 ± 0.01
4	0.61 ± 0.02			0.02 ± 0.01		0.02 ± 0.01	0.73 ± 0.01
5	0.21 ± 0.03			0.01 ± 0.01		0.03 ± 0.02	0.36 ± 0.02
6							
7	0.43 ± 0.03						0.68 ± 0.02
8	0.85 ± 0.03	0.06 ± 0.02					1.25 ± 0.03

Примечание: \* – Нумерация образцов соответствует таковой в таблице 1; \*\* – суммарное содержание экистероидов, включая неидентифицированные, данные представлены в виде среднего арифметического и стандартной ошибки ( $m \pm SEM$ ).  
 Note: \* – The numbering of samples corresponds to that in table 1; \*\* – total content of ecdysteroids, including unidentified, data are expressed as arithmetic mean and standard error ( $m \pm SEM$ ).

из местности Куйтун, в котором не обнаружены и другие экистероиды. Следует отметить, что в образце из Приморского края дополнительно выявлен эклизон. Большее содержание экистероидов определено в растениях *S. repens* приморского происхождения – 1.2%, практически в 2 раза больше, чем в субальпийском образце из Бурятии.

В экстрактах видов *Lychnis sibirica* и *Stellaria dichotoma* обнаружены только минорные неидентифицированные экистероиды, тогда как в видах *Dianthus superbus*, *Eremogone meyeri* и *Stellaria longifolia* из Бурятии экистероиды не выявлены, аналогично, как и в образцах одноименных видов, произрастающих на Алтае [19, 20].

Ранее установлено, что растения *S. jensiseensis* алтайского происхождения содержали 20-гидроксиэклизон [20]. Как показано другими авторами, этот вид, помимо 20-гидроксиэклизона, 2-дезоксизэклизона, 2-деокси-20-гидроксиэклизона, интегристерона А, понастерона А, синтезирует дакрихайнанстерон [21], обнаруженный ранее только в 3 видах Asteraceae и Podocarpaceae [19, 13]. Согласно литературным данным [22], в *S. jensiseensis* в цветках и листьях содержится 4.21 мг/г и 1.65 мг/г 20-гидроксиэклизона, 0.79 мг/г 2-дезоксизэклизона в цветках и менее 0.01 мг/г в листьях, по 0.7 мг/г 2-деокси-20-гидроксиэклизона в этих же органах, в то время как в образцах *S. jensiseensis*, исследованных в настоящей работе, содержится значительно больше экистероидов.

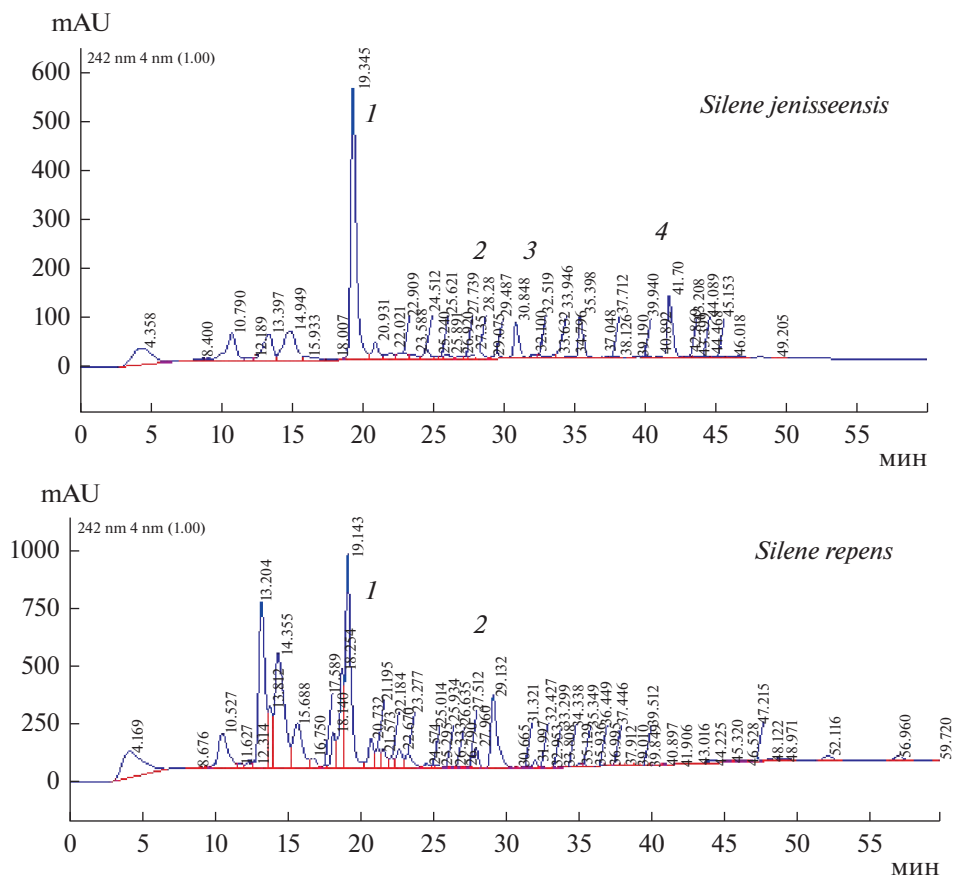
В литературе [22] приводятся данные о выделении и идентификации 2-деокси-20-гидрок-

сизэклизона, 2-дезоксизэклизона, полиподина В, 20-гидроксиэклизона и интегристерона А в монгольских растениях *S. repens*, показано, что содержание экистероидов и флавоноидов – составляет 1.1 и 2.4% соответственно. Ранее сообщалось о присутствии экистероидов в видах *Lychnis sibirica* и *Stellaria dichotoma* [23–25].

На основании хроматографических и спектральных данных (табл. 3) в экстрактах *S. jensiseensis* выявлен ряд флавоноидов: вицинин-2, ориентин, цинарозид и апигенин. Цинарозид обнаружен в двух образцах *S. jensiseensis* из Бурятии, его содержание больше в растениях, собранных в с. Улюн.

Во всех образцах *S. repens* обнаружен ориентин, в растениях из заимки Куйтун – вицинин-2 и витексин, в образце из Приморского края – витексин. Характерной особенностью всех изученных видов рода *Silene* является наличие ориентина, причем большее содержание определено в приморском образце *S. repens*.

Наблюдается хемотаксономическое проявление состава фенольных соединений в родах семейства Caryophyllaceae. Как следует из данных табл. 3, состав фенольных соединений видов разных родов различается. Так, если для видов *Silene* и *Lychnis* свойственно присутствие ориентина, то в изученных видах других родов Caryophyllaceae – *Eremogone*, *Stellaria*, *Dianthus* он не обнаружен. Наиболее часто встречаемыми флавоноидами в видах *Lychnis sibirica*, *Stellaria longifolia*, *Stellaria dichotoma* и *Dianthus superbus*, являются витексин и изовитексин. В *Dianthus superbus* обнаружен ру-



**Рис. 1.** ВЭЖХ этанольных экстрактов *Silene jenseensis* (Республика Бурятия, г. Улан Удэ) и *Silene repens* (Приморский край); 1 – 20-гидроксиэклизон, 2 – эклизон, 3 – 2-деокси-20-гидроксиэклизон, 4 – 2-деоксиэклизон.  
**Fig. 1.** HPLC of ethanol extracts of *Silene jenseensis* (Republic of Buryatia, Ulan Ude) and *Silene repens* (Primorsky Territory) 1 – 20-hydroxyecdysone, 2 – ecdysone, 3 – 2-deoxy-20-hydroxyecdysone, 4 – 2-deoxyecdysone.

**Таблица 3.** Состав и содержание фенольных соединений в изученных образцах Caryophyllaceae (% на абс. сух. сырье)  
**Table 3.** The composition and content of phenolic compounds in the studied samples of Caryophyllaceae (% on dry weight basis)

№*	Вицинин-2 Vicenin-2	Ориентин Orientin	Цинарозид Cynaroside	Витексин Vitexin	Изовитексин Isovitexin	Неидентифици- рованный флавоноид** Unidentified flavonoid**	Суммарное содержание Total content
1		0.53 ± 0.03				0.44 ± 0.04	2.36 ± 0.04
2	0.10 ± 0.02	0.13 ± 0.03	0.25 ± 0.03				1.14 ± 0.05
3	0.04 ± 0.01	0.17 ± 0.03	0.49 ± 0.03				2.23 ± 0.04
4		0.13 ± 0.02				0.33 ± 0.04	0.89 ± 0.03
5	0.01 ± 0.01	0.02 ± 0.01				0.09 ± 0.01	0.53 ± 0.04
6	0.12 ± 0.02	0.12 ± 0.02		0.02 ± 0.01		0.53 ± 0.05	2.27 ± 0.04
7		0.67 ± 0.03				0.67 ± 0.04	2.94 ± 0.05
8		1.04 ± 0.03		0.25 ± 0.03		1.57 ± 0.04	4.10 ± 0.05
9	0.01 ± 0.01	0.10 ± 0.02		0.003 ± 0.001	0.29 ± 0.02	0.10 ± 0.02	1.94 ± 0.04
10	0.22 ± 0.02			0.03 ± 0.01	0.04 ± 0.01	0.11 ± 0.01	1.16 ± 0.04
11				0.08 ± 0.01	0.27 ± 0.02	0.36 ± 0.04	4.57 ± 0.06
12				0.14 ± 0.02	0.002 ± 0.001	0.05 ± 0.01	1.64 ± 0.05
13				0.04 ± 0.01	0.03 ± 0.01	0.08 ± 0.01	0.69 ± 0.03

Примечание: \* – Нумерация образцов соответствует таковой в таблице 1; \*\* – неидентифицированный флавоноид –  $t_R$  13.5 мин, данные представлены в виде среднего арифметического и стандартной ошибки ( $m \pm SEM$ ).  
 Note: \* – the numbering of samples corresponds to that in table 1; \*\* – unidentified flavonoid  $t_R$  13.5 min. data are expressed as arithmetic mean and standard error ( $m \pm SEM$ ).

тин. На основании совпадения времени удерживания и максимумов поглощения стандарта и пиков в экстрактах сделано предположение о присутствии байкалина в образце *S. repens* из Куйтуна и видах *Stellaria*, что требует дальнейшего подтверждения.

Методом ВЭЖХ обнаружен ряд других неидентифицированных флавоноидов с максимумами поглощения 271 и 331 нм, которые, по мнению В.Н. Дармограя, характерны для С-гликозидов флавонов [7]. Так, флавоноид с временем удерживания 13.3–13.5 мин является мажорным (рис., табл. 3) и выявлен в большинстве образцов Caryophyllaceae. Наибольшее содержание его установлено в *S. repens* из Приморского края – 1.6%.

Содержание ориентина колеблется в образцах *Silene* в интервале 0.02–1.0%, вицинина-2 в видах *Silene* и *Lychnis* – в интервале 0.01–0.1%, наибольшее оказалось в *Eremogone meyeri*. Уровни витексина в исследованных образцах варьируют в пределах 0.003–0.1%, изовитексина – 0.002–0.3%. Общее содержание флавоноидов с учетом неидентифицированных в образцах *Silene jensiseensis* колеблется в интервале 0.5–2.4%, в *S. repens* – 2.3–4.1%, наибольшие уровни отмечены в наземной части *Stellaria longifolia* (4.6%).

Таким образом, проведенный анализ позволил выявить перспективные образцы видов Caryophyllaceae. Установлены закономерности состава синтезируемых биологически активных веществ в разных родах Caryophyllaceae.

## ВЫВОДЫ

1. ВЭЖХ анализ показал, что состав и содержание экистероидов различается в видах разных ро-

дов. В образцах вида *Silene jensiseensis* обнаружены 20-гидроксиэкизон, экизон, птеростерон, 2-дезокси-20-гидроксиэкизон, 20-гидроксиэкизон-2-ацетат, 2-дезоксизэкизон. В *S. repens* обнаружены 20-гидроксиэкизон и дополнительно экизон в приморском образце. В видах других родов – *Lychnis sibirica* и *Stellaria dichotoma* выявлены миорные неидентифицированные экистероиды.

2. Состав фенольных соединений, экистероидов и их содержание в одноименных видах *Silene* различаются в зависимости от места сбора. Наибольшим содержанием экистероидов отличается *Silene jensiseensis* (Муйский район, Республика Бурятия) и *Silene repens* (Приморский край).

3. Впервые установлено, что видам *Silene* и *Lychnis* свойственно присутствие ориентина и большинству исследованных образцов – неидентифицированного флавоноида с временем удерживания 13.3–13.5 мин, кроме того, наиболее часто выявляемым в роде *Silene* является вицинин-2, тогда как в других родах – витексин и изовитексин.

4. Наибольшим содержанием флавоноидов характеризуются *Stellaria longifolia* (Заиграевский район, Республика Бурятия) и *Silene repens* (Приморский край).

## БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают благодарность сотрудникам Лаборатории флористики и геоботаники БНЦ СО РАН О.А. Аненхинову и Т.Д. Пыхаловой за помощь в определении изученных видов растений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Greuter W. 1995. *Silene* (Caryophyllaceae) in Greece: a subgeneric and sectional classification. – Taxon. 44: 543–581. <https://doi.org/10.2307/1223499>
- Tutin T.G., Burges N.A., Chater A.O., Edmondson J.R., Heywood V.H., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., Webb D.A. 1993. *Silene* L. – Flora Europea, ed. 2. Cambridge. 1: 191–218.
- Растительные ресурсы СССР. Цветковые растения, их химический состав, использование. Семейства Magnoliaceae – Limoniaceae. 1985. Л. 460 с.
- Mamadaliyeva N.Z., Lafont R., Wink M. 2014. Diversity of Secondary Metabolites in the Genus *Silene* L. (Caryophyllaceae) – Structures, Distribution, and Biological Properties. – Diversity. 6: 415–499. <https://doi.org/10.3390/d6030415>
- Зибарева Л.Н. 2009. Фитоэкистероиды семейства Caryophyllaceae. – Сибирский экологический журнал. 5: 753–764. [https://www.sibran.ru/journals/issue.php?ID=120627&ARTICLE\\_ID=129606](https://www.sibran.ru/journals/issue.php?ID=120627&ARTICLE_ID=129606)
- Zibareva L., Yeriomina V.I., Munkhjargal N., Girault J.P., Dinan L., Lafont R. 2009. The Phytoecdysteroid Profiles of 7 Species of *Silene* (Caryophyllaceae). – Archives of insect biochemistry and physiology. 72(4): 234–248. <https://doi.org/10.1002/arch.20331>
- Darmograi V. 1977. Flavonoids of plants of the genera *Silene* and *Orites*, family Caryophyllaceae. – Chemistry of Natural Compounds. 13: 102–103. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00566187>
- Дармограй С.В., Фурса Н.С., Дармограй В.Н. 2009. Некоторые результаты изучения видов рода володырник (*Cucubalus* L.) семейства Caryophyllaceae Juss. – В сб.: Труды Рязанского отделения русского ботанического общества. Вып. 1: Флора и растительность. С. 141–142.
- Boğa M. 2017. Chemical Constituents, Cytotoxic, Antioxidant and Cholinesterases Inhibitory Activities of *Silene compacta* (Fischer) Extracts. – Marmara Pharm. J. 21(3): 445–454. <https://doi.org/10.12991/marupj.306789>
- Richardson M. 1978. Flavonols and C-Glycosyl flavonoids of the Caryophyllales. – Biochem. Syst. Ecol. 6(4): 283–286. [https://doi.org/10.1016/0305-1978\(78\)90046-7](https://doi.org/10.1016/0305-1978(78)90046-7)

11. Chopin M.J., Bouillant M.L., Wagner H., Galle K. 1974. Endgültige Struktur von Schaftosidaus *Silene schafta*. – Phytochemistry. 13: 2583–2586. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)86940-X](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)86940-X)
12. Olennikov D.N. 2019. Ecdysteroids, flavonoids, and phenylpropanoids from *Silene nutans*. – Chemistry of Natural Compounds. 55(1): 127–130. <https://doi.org/10.1007/s10600-019-02632-8>
13. Дармограй С.В., Филиппова А.С., Ерофеева Н.С., Афанасьев А.А., Дармограй В.Н. 2017. Фитохимическое изучение некоторых полифенольных и стероидных соединений отдельных видов растений родов *Cerastium* L., *Arenaria* L., *Stellaria* L., *Allochrysa* Bunge ex Boiss. Семейства гвоздичные (Caryophyllaceae Juss.). – Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 12: 54–58. <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11962>
14. Бхаскаран С., Вишвараман М. Композиция для лечения аутоиммунных заболеваний и способы, связанные с ней: Пат. 2575585, № 2013153238/15; Заявл. 10.06.15; Опубл. 20.02.16, Бюл. № 5.
15. Islam M.N., Ishita I.J., Jung H.A., Choi J.S. 2014. Vicenin 2 isolated from *Artemisia capillaris* exhibited potent anti-glycation properties. – Food Chemical Toxicol. 69: 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.03.042>
16. Зибарева Л.Н., Балтаев У.А., Свиридова Т.П., Саатов З., Абубакиров Н.К. 1995. Виды рода *Lychnis* L. - перспективные источники экдистероидов. – Растительные ресурсы. 31(4): 1–9.
17. Зибарева Л.Н. 2012. Фитоэкдистероиды растений семейства Caryophyllaceae. Saarbrücken. 195 с.
18. Высочина Г.И. 2004. Фенольные соединения в систематике и филогении семейства гречишных. – Нск. 240 с.
19. *The Ecdysone Handbook*. <http://ecdybase.org>
20. Ревина Т.А., Ревушкин А.С., Ракутин А.В. 1988. Экдистероидсодержащие виды во флоре Горного Алтая. – Растительные ресурсы. 4: 565–570.
21. Olennikov D.N., Kashchenko N.I. 2017. Phytoecdysteroids from *Silene jennisensis*. – Chem. Nat. Compd. 53(6): 1199–1201. <https://doi.org/10.1007/s10600-017-2239-1>
22. Munkhzhargal N., Zibareva L.N., Lafont R., Pribytkova L.N., Pisareva S.I. 2010. Investigation of Ecdysteroid Content and Composition of *Silene repens* Indigenous in Mongolia and Introduced into Western Siberia. – Russ. J. Bioorg. Chem. 36(7): 923–928. <https://doi.org/10.1134/S1068162010070216>
23. Zibareva L., Volodin V., Saatov Z., Savchenko T., Whiting P., Lafont R., Dinan L. 2003. Distribution of phytoecdysteroids in the Caryophyllaceae. – Phytochemistry. 64(2): 499–517. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00376-5](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00376-5)
24. Дармограй С.В., Ерофеева Н.С., Филиппова А.С., Дубоделова Г.В., Морозова В.А. 2016. Исследование химического состава звездчатки вильчатой (*Stellaria dichotoma* L.). – Наука молодых – Eruditio Juvenium. 4: 60–64. <https://doi.org/10.23888/HMJ2016460-64>
25. Novozhilova E., Rybin V., Gorovoy P., Gavrilenko I., Doudkin R. 2015. Phytoecdysteroids of the East Asian Caryophyllaceae. – Pharmacogn. Mag. 11(42 – Suppl. S1): 225–230. <https://doi.org/10.4103/0973-1296.157746>

## Ecdysteroids and Phenolic Compounds in Some Caryophyllaceae Species

L. N. Zibareva<sup>a, \*</sup>, E. S. Filonenko<sup>a</sup>, E. A. Kasterova<sup>a</sup>, T. P. Antsupova<sup>b</sup>,  
G. B. Endonova<sup>b</sup>, S. V. Nesterova<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Tomsk State University, Siberian Botanical garden, Tomsk, Russia

<sup>b</sup>East-Siberian state University of technology and management, Ulan-Ude, Russia

<sup>c</sup>Botanical garden-Institute Fed RAS, Vladivostok, Russia

\*e-mail: zibareva.lara@yandex.ru

**Abstract**—The component composition of ecdysteroids and phenolic compounds in seven species (13 samples) of the family Caryophyllaceae Juss. was studied. Biologically active substances were determined using Shimadzu LC – 20AD HPLC (Japan) equipped with diode array detector and PerfectSil Target ODS-3 HPLC Column. Two eluents were used: eluent A – mixture of acetonitrile, isopropyl alcohol (5 : 2 v/v) and eluent B – 0.1% trifluoroacetic acid. For identification, standard samples of phenolic compounds (Sigma-Aldrich, Lachema; purity ≥95.0%) and internal standards of ecdysteroids were used. It was established that the composition and content of ecdysteroids and flavonoids in *Silene jennisensis* Willd. and *Silene repens* Patr. from different areas of Buryatia and the Far East differ. Within characteristic secondary metabolites of *S. jennisensis* were found 20-hydroxyecdysone, 2-deoxyecdysone, ecdysone, orientin. The major ecdysteroid – 20-hydroxyecdysone was absent in the samples obtained from *Lychnis sibirica* L., *Stellaria dichotoma* L., *Dianthus superbus* L., *Eremogone meyer* (Fenzl) Ikonn., *Stellaria longifolia* Muhl. ex Willd and in the sample of *S. repens* from Buryatia (Kuitun). A higher content of ecdysteroids was determined in *S. jennisensis* from Buryatia (3.54%) and *S. repens* from Primorsky Territory (1.25%). It was shown that the highest flavonoid content was observed in *Stellaria longifolia* – 4.57%. Orientin is characteristic for the studied species of the genera *Silene* L. and *Lychnis* L., whereas for other genera – vitexin and isovitexin.

**Keywords:** *Silene* L., *Lychnis* L., *Eremogone* Fenzl, *Stellaria* L., *Dianthus* L., Caryophyllaceae, ecdysteroids, phenolic compounds, flavonoids, HPLC

## ACKNOWLEDGMENTS

The authors are grateful to O.A. Anenkhonov and T.D. Pykhalova (Laboratory of Floristics and Geobotany, BSC SB RAS) for their assistance in plant species identification.

## REFERENCES

1. Greuter W. 1995. *Silene* (Caryophyllaceae) in Greece: a subgeneric and sectional classification. — Taxon. 44(4): 543–581. <https://doi.org/10.2307/1223499>
2. Tutin T.G., Burges N.A., Chater A.O., Edmondson J.R., Heywood V.H., Moore D.M., Valentine D.H., Walters S.M., Webb D.A. 1993. *Silene* L. — In: Flora Europaea, ed. 2. Vol. 1. Cambridge. P. 191–218.
3. [Plant resources of the USSR: Flowering plants, their chemical composition and use. Families Magnoliaceae – Limoniaceae]. 1985. Leningrad. 460 p. (In Russian)
4. Mamadalieva N.Z., Lafont R., Wink M. 2014. Diversity of Secondary Metabolites in the Genus *Silene* L. (Caryophyllaceae) — Structures, Distribution, and Biological Properties. — Diversity. 6(3): 415–499. <https://doi.org/10.3390/d6030415>
5. Zibareva L.N. 2009. Phytoecdysteroids of Caryophyllaceae Juss. — Contemporary Problems of Ecology. 5: 753–764. [http://sibran.ru/en/journals/issue.php?ID=120627&ARTICLE\\_ID=129606](http://sibran.ru/en/journals/issue.php?ID=120627&ARTICLE_ID=129606) (In Russian)
6. Zibareva L.N., Yeriomina V.I., Munkhzhargal N., Girault J.P., Dinan L., Lafont R. 2009. The Phytoecdysteroid Profiles of 7 Species of *Silene* (Caryophyllaceae). — Arch. Insect Biochem. Physiol. 72(4): 234–248. <https://doi.org/10.1002/arch.20331>
7. Darmograi V. 1977. Flavonoids of plants of the genera *Silene* and *Orites*, family Caryophyllaceae. — Chem. Nat. Compd. 13(1): 102–103. <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00566187>
8. Darmogray S.V., Fursa N.S., Darmogray V.N. 2009. [Some results of the study of species of the genus *Cucubalus* L. of the family Caryophyllaceae Juss.]. — In: Trudy Ryazanskogo otdeleniya russkogo botanicheskogo obshchestva. Vyp. 1: Flora i rastitelnost. P. 141–142. (In Russian)
9. Boğa M. 2017. Chemical Constituents, Cytotoxic, Antioxidant and Cholinesterases Inhibitory Activities of *Silene compacta* (Fischer) Extracts. — Marmara Pharm. J. 21(3): 445–454. <http://dx.doi.org/10.12991/marupj.306789>
10. Richardson M. 1978. Flavonols and C-Glycosyl flavonoids of the Caryophyllales. — Biochem. Syst. Ecol. 6(4): 283–286. [https://doi.org/10.1016/0305-1978\(78\)90046-7](https://doi.org/10.1016/0305-1978(78)90046-7)
11. Chopin M.J., Bouillant M.L., Wagner H., Galle K. 1974. Endgültige Struktur von Schaftosidaus *Silene schafta*. — Phytochemistry. 13(11): 2583–2586. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(00\)86940-X](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(00)86940-X)
12. Olenikov D.N. 2019. Ecdysteroids, flavonoids, and phenylpropanoids from *Silene nutans*. — Chem. Nat. Compd. 55(1): 127–130. <https://doi.org/10.1007/s10600-019-02632-8>
13. Darmogray S.V., Filippova A.S., Erofeeva N.S., Afanas'ev A.A., Darmogray V.N. 2017. [Phytochemical study of some polyphenolic and steroid compounds of certain plant species of the genera *Cerastium* L., *Arenaria* L., *Stellaria* L., *Allochrysa* Bunge ex Boiss. of Caryophyllaceae Juss. family]. Mezhdunarodnyy zhurnal prikladnykh i fundamentalnykh issledovaniy. 12(1): 54–58. <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=11962> (In Russian)
14. Bkhaskaran S., Vishvaraman M. [Composition for treatment of autoimmune diseases and related methods]: Pat. 2575585, №. 2013153238/15; Claim 06.10.15; Publ. 02.20.16, Bull. № 5. (In Russian)
15. Islam M.N., Ishita I.J., Jung H.A., Choi J.S. 2014. Vicenin 2 isolated from *Artemisia capillaris* exhibited potent anti-glycation properties. — Food Chemical Toxicol. 69: 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2014.03.042>
16. Zibareva L.N., Baltaev U.A., Sviridova T.P., Caatov Z., Abubakirov N.K. 1995. Species of the genus *Lychnis* L. — promising source of ecdysteroids. — Rastitelnye resursy. 31(4):1–9. (In Russian).
17. Zibareva L.N. 2012. [Phytoecdysteroids of plants of the family Caryophyllaceae]. Saarbrücken. 195 p. (In Russian)
18. Vysochina G.I. 2004. [Phenolic compounds in systematics and phylogeny of the family Polygonaceae Juss.]. Novosibirsk. 240 p. (In Russian)
19. Lafont R., Harmatha J., Marion-Poll F., Dinan L., Wilson I.D. The Ecdysone Handbook. <http://ecdybase.org>
20. Revina T.A., Revushkin A.S., Rakin A.V. 1988. [Ecdysteroid-containing species in the flora of the Altai Mountains]. — Rastitelnye resursy. 24(4): 565–570. (In Russian)
21. Olenikov D.N., Kashchenko N.I. 2017. Phytoecdysteroids from *Silene jennisensis*. Chem. Nat. Compd. 53(6): 1199–1201. <https://doi.org/10.1007/s10600-017-2239-1>
22. Munkhzhargal N., Zibareva L.N., Lafont R., Pribytkova L.N., Pisareva S.I. 2010. Investigation of Ecdysteroid Content and Composition of *Silene repens* Indigenous in Mongolia and Introduced into Western Siberia. — Russ. J. Bioorg. Chem. 36(7): 923–928. <https://doi.org/10.1134/S1068162010070216>
23. Zibareva L., Volodin V., Saatov Z., Savchenko T., Whiting P., Lafont R., Dinan L. 2003. Distribution of phytoecdysteroids in the Caryophyllaceae. — Phytochemistry. 64(2): 499–517. [https://doi.org/10.1016/S0031-9422\(03\)00376-5](https://doi.org/10.1016/S0031-9422(03)00376-5)
24. Darmogray S.V., Erofeeva N.S., Filippova A.S., Dubodelova G.V., Morozova V.A. 2016. The research of chemical substances from plant *Stellaria dichotoma* L. — Nauka molodykh — Eruditio Juvenium. 4: 60–64. <https://doi.org/10.23888/HMJ2016460-64> (In Russian)
25. Novozhilova E., Rybin V., Gorovoy P., Gavrilenko I., Doudkin R. 2015. Phytoecdysteroids of the East Asian Caryophyllaceae. — Pharmacognosy Magazine. 11(42–1): 225–230. <https://doi.org/10.4103/0973-1296.157746>