

УДК 615.07 : 543.58:532.63

## ИЗУЧЕНИЕ УГЛЕВОДНОГО СОСТАВА СИНЮХИ ГОЛУБОЙ (*POLEMONIUM CAERULEUM* L.)

© А.А. Гудкова\*, Г.Ю. Шестакова, А.И. Сливкин, А.С. Чистякова, В.А. Агафонов, П.В. Чавро

Воронежский государственный университет, Университетская пл., 1,  
Воронеж, 394018 (Россия), e-mail: al.f84@mail.ru

Синюха голубая является весьма перспективным для изучения растением. Несмотря на имеющиеся в литературе данные, касающиеся анализа главной группы соединений синюхи голубой (тритерпеновые сапонины), остальные группы метаболома практически не затрагивались для изучения. Цель исследования – изучение углеводов травы и корневищ с корнями синюхи голубой. Объектами исследования являлись образец травы и корневища с корнями синюхи голубой. Содержание суммы полисахаридов и свободных сахаров в пересчете на глюкозу определяли согласно соответствующим фармакопейным статьям ГФ РФ XIV изд. Выявлено, что сумма полисахаридов растения представлена водорастворимыми полисахаридами, пектиновыми веществами, гемицеллюлозами А и Б. Изучение профиля и количественного содержания простых восстанавливающих сахаров проводили методом капиллярного электрофореза. В работе впервые изучена сумма свободных полисахаридов и простых сахаров в траве и корневищах с корнями синюхи голубой в сравнении с использованием современных физико-химических методов. Выявлено, что содержание суммы свободных полисахаридов, как и суммы простых сахаров в пересчете на глюкозу, в надземной части синюхи голубой выше, чем в подземной. Показано, что состав свободных простых сахаров между органами растения различен и представлен фруктозой и сахарозой.

*Ключевые слова:* простые сахара, полисахариды, углеводы, синюха голубая, капиллярный электрофорез, спектрофотометрия, гравиметрия.

### Введение

Важным звеном в разработке новых лекарственных растительных препаратов является всестороннее изучение химического состава растений. При этом большое внимание уделяется соединениям, ранее остающимся в тени основных групп веществ и не вызывавшим должного интереса у исследователей. К подобным забытым компонентам метаболома можно отнести соединения первичного синтеза растения, в частности, углеводы (полисахариды и простые сахара), присутствующие абсолютно в каждом растительном объекте.

Углеводы играют важную роль в организме человека, обладая способностью улучшать усвоение дру-

*Гудкова Алевтина Алексеевна* – кандидат фармацевтических наук, доцент,  
e-mail: maltseva@pharm.vsu.ru, al.f84@mail.ru

*Шестакова Галина Юрьевна* – аспирант,  
e-mail: wwwshestakova@mail.ru

*Сливкин Алексей Иванович* – декан фармацевтического факультета, заведующий кафедрой фармацевтической химии и фармацевтической технологии, доктор фармацевтических наук, профессор,  
e-mail: slivkin@pharm.vsu.ru

*Чистякова Анна Сергеевна* – кандидат фармацевтических наук, доцент,  
e-mail: anna081189@yandex.ru

*Агафонов Владимир Александрович* – заведующий кафедрой ботаники и микологии, доктор биологических наук, e-mail: agarphonov@mail.ru

*Чавро Полина Витальевна* – студент,  
e-mail: polinachavro1999@gmail.com

гих лекарственных средств, а также имея свои выраженные фармакологические эффекты [1, 2]. Например, данная группа соединений способна повышать иммунитет и устойчивость организма к воздействию неблагоприятных факторов, обладает обволакивающим, ранозаживляющим эффектами [3–7]. Большой интерес среди ученых вызывает муколитическая активность [8].

Одним из растений своим отхаркивающим эффектом, привлекающим с 50-х гг. XX столетия внимание исследователей, медицинских работников и потребителей, является *Polemonium coeruleum* L. (синюха голубая). К медицинскому применению допустима подземная часть растения

\* Автор, с которым следует вести переписку.

(корневища с корнями), используемая в виде отвара [9–11]. Активность *Polemonium coeruleum* ученые связывают с наличием в ее составе тритерпеновых пентациклических сапонинов (полемониозидов) [12–14], а данные об изучении углеводного комплекса в доступной литературе не представлены.

В настоящее время существует большое разнообразие физико-химических методов, использующихся для изучения углеводов растений, к которым можно отнести рефрактометрию, ВЭТСХ, капиллярный электрофорез, ВЭЖХ, спектрофотометрию, гравиметрию и др. [15–19].

Принимая во внимание фармакологические особенности синюхи голубой, малую изученность состава, а также широту биологической активности и низкую токсичность углеводов соединений, исследование данной группы веществ в составе *Polemonium coeruleum* является актуальной задачей.

Цель исследования – изучение углеводов травы и корневищ с корнями растения *Polemonium coeruleum*.

### Экспериментальная часть

Объектами исследования являлись образец травы (Тр) и корневища с корнями (КсК) *Polemonium coeruleum*, заготовленные в Алтайском крае и приобретенные у частного поставщика. Трава растения *Polemonium coeruleum* была собрана во время цветения, подземные органы – осенью, в конце вегетации растения на первом году жизни растения. Все образцы подвергались воздушно-теневого сушке, далее частично измельчались и подвергались хранению согласно утвержденным правилам [19].

Содержание суммы полисахаридов и свободных сахаров в пересчете на глюкозу определяли согласно соответствующим фармакопейным статьям ГФ РФ XIV изд.: методом гравиметрии после осаждения полисахаридов спиртом этиловым 95% (ФС.2.5.0032.15 «Подорожника большого листья»), методом спектрофотометрии по реакции простых сахаров с пикриновой кислотой (пикриновый метод) и антроном (антроновый метод) (ФС.2.5.0027.15 «Мать-и-мачехи обыкновенной листья», ОФС.1.2.3.0019.15 «Определение сахаров спектрофотометрическим методом») [19]. Для извлечения сахаров, определяемых спектрофотометрическим методом, навеску сырья экстрагировали водой в присутствии хлористоводородной кислоты в соотношении сырье – экстрагент 1 : 20 в течение 30 мин, кратность экстракции – 3 раза, далее рН извлечения доводят до 4–4.5 раствором натрия гидроксида 40%. Рабочий раствор для пикринового метода состоит из 5,0 мл извлечения из растительного сырья, 2,5 мл раствора пикриновой кислоты 1%, 7,5 мл натрия карбоната 20%. Аналитическая длина волны при использовании пикринового метода – 470 нм. Рабочий раствор для антронового метода состоит из 3,0 мл исследуемого извлечения, охлажденного до 0 °С, 6,0 мл антронового реактива 0.2%. Аналитическая длина волны при использовании пикринового метода – 625 нм. Растворы сравнения имеют состав аналогичный рабочим за исключением исследуемого извлечения.

Содержание водорастворимых полисахаридов (ВРПС), пектиновых веществ (ПВ), гемицеллюлозы А (ГЦА) и гемицеллюлозы Б (ГЦБ) определяли с помощью методики последовательного фракционного экстрагирования Н.К. Кочеткова, описанной в работе И.Л. Дроздовой [3]. Подробные условия гравиметрического определения разных групп полисахаридов приведены в таблице 1.

Изучение профиля и количественного содержания простых восстанавливающих сахаров проводили методом капиллярного электрофореза [20–22]. Для этого сахара извлекали из растительного сырья дистиллированной водой. Детектирование исследуемых компонентов проводили косвенным способом, регистрируя поглощение при длине волны 254 нм. Фоновый электролит: рН=12.1 на основе сорбата калия с добавкой ЦТАБ. Капилляр: ID = 50 мкм Лэфф/ Лобщ = 65/75 см. Напряжение – 25 кВ. Ввод пробы 150 мбар·с. Температура 20 °С [22]. Расчет содержания всех групп соединений проводился в пересчете на абсолютно сухое сырье.

Реактивы и растворители, используемые в работе: спирт этиловый 95%, дистиллированная вода, этилацетат (х.ч., База №1 Химреактивов, 2019), кислота соляная (х.ч., СигмаТек, 2019), натрия карбонат (х.ч., Вектон, 2019), натрия гидроксид (х.ч., Вектон, 2019), пикриновая кислота («ч», Вектон, 2019), антрон (ЧДА, Вектон, 2018).

Оборудование, используемое в работе: фильтр белая лента обеззоленный (ООО «Бавер», Россия), баня водяная Loip LB – 160 (Россия, АО ЛОИП), спектрофотометр СФ 2000-01 (Россия, ОКБ Спектр), система капиллярного электрофореза «Капель-105/105М» («Льюмэкс», СПб., Россия).

Таблица 1. Условия гравиметрического определения содержания полисахаридов в растительном сырье *Polemonium coeruleum*

Условия	Гравиметрия			
	ГФ XIV изд.	ВРПС	ПВ	ГЦА
Экстракт	Вода	Вода	Смесь (1 : 1) 0.5% растворов щавелевой кислоты и оксалата аммония	10% раствор натрия гидроксида
Соотношение сырье – экстракт	1 : 20	1 : 15	1 : 20	1 : 10
Общее время экстракции, ч	1.5	2	2	12
Кратность экстракции	3	3	3	1
Температура нагревания	100 °С	100 °С	80–85 °С	20–25 °С
Осаждающий агент	Этанол 95%			Уксусная кислота (лед.)

### Обсуждение результатов

Полисахариды и простые сахара не являются главными группами метаболома *Polemonium coeruleum*, и для дальнейшей работы нами был проведен анализ методов их количественного определения, прописанных для лекарственных растений, источников полисахаридов в действующей нормативной документации (Государственная фармакопея РФ XIV изд.), с целью дальнейшего сравнения полученных нами результатов с нормативным содержанием углеводов в официальных видах. В настоящее время из 116 растительных объектов, включенных в ГФ РФ XIV [19], всего 9 растений (7.7%) подлежат стандартизации по сумме полисахаридов и простых сахаров. Для 5 из них (56%) рекомендовано проводить оценку качества по содержанию суммы полисахаридов (метод гравиметрии) и для 4 (44%) – по содержанию суммы простых/восстанавливающих сахаров в пересчете на фруктозу или глюкозу (табл. 2).

На первом этапе работы для изучения суммы свободных полисахаридов в растительном сырье *Polemonium coeruleum* была использована гравиметрическая методика, наиболее часто применяемая для анализа содержания суммы полисахаридов в растительном сырье (табл. 2) [19]. Было установлено, что в наземной части растения данный показатель почти в 2.5 раза выше (10.72%), чем в подземной (4.19%). Результаты отражены в таблице 3. Полученную разницу в количестве свободных полисахаридов между органами растения можно связать с особенностями метаболических процессов. Данное предположение подтверждается мнением ученых, опубликовавших работу [23], считающих, что трава характеризуется большей метаболической активностью, чем корни и корневища, что они связывают с высоким количеством протопластов в клетках [23].

Учитывая, что основной группой комплекса соединений *Polemonium coeruleum* являются тритерпеновые пентациклические сапонины, имеющие способность к осаждению при смене растворителя, метод гравиметрии может давать искаженные результаты.

Согласно ГФ РФ XIV изд., для растений, являющихся источниками полисахаридов, предусмотрена стандартизация спектрофотометрическим методом («пикриновый метод») по реакции продуктов гидролиза углеводов с пикриновой кислотой в щелочной среде. Данный метод позволяет оценить всю сумму простых сахаров (свободных и связанных) в пересчете на глюкозу (или фруктозу) [19, 20]. Также в нормативной документации в ОФС.1.2.3.019.15 «Определение простых сахаров спектрофотометрическим методом» предусмотрено проводить оценку содержания простых антроновым и орциновым методами, которые так же, как и пикриновый метод, подразумевают предварительную деструкцию углеводов с образованием простых сахаров в кислой среде [19, 20].

С использованием спектрофотометрических методик было выявлено, что в траве *Polemonium coeruleum* содержание суммы простых сахаров в пересчете на глюкозу выше, чем в корневищах с корнями. В траве значение данного показателя составило 8.81% и 18.09% для пикринового и антронового метода соответственно. В подземных органах *Polemonium coeruleum* сумма простых сахаров в пересчете на глюкозу варьирует 6.67% и 13.01% для пикринового и антронового метода соответственно (табл. 3).

Столь высокое содержание простых сахаров, которое мы наблюдаем при их анализе после гидролиза, объяснимо, в первую очередь, тем, что все органы растения богаты соединениями гликозидного характера, представленными флавоноидами, тритерпеновыми сапонинами сложного строения, гликон которых состоит из многочисленных остатков моносахаров [10], лабильных в кислой среде и подвергающихся гидролизу с освобождением большого количества простых сахаров.

Таблица 2. Рекомендуемые нормы содержания суммы полисахаридов и простых сахаров, согласно ГФ РФ XIV, не менее...%

Метод	ФС на ЛРС	Норма по НД, не менее ... %
Гравиметрия, по сумме свободных полисахаридов	ФС «Ламинарии слоевища»	8.0
	ФС «Подорожника большого листья»	12.0
	ФС «Льна посевного семена»	7.0
	ФС «Фиалки трава»	8.0
	ФС «Череды трехраздельной трава»	3.5
Спектрофотометрия (пикриновый метод) по содержанию суммы простых сахаров	ФС «Липы цветки»	2.0
	ФС «Мать-и-мачехи листья»	10.0
	ФС Настойка гомеопатическая матричная фукуса визикулуса	5.0
	ФС Настойка гомеопатическая матричная кактуса грандифлоруса	0.16
Спектрофотометрия (по реакции с резорцином)	ФС «Лопуха корни»	8.0
	ФС «Девясила высокого корневища и корни»	25.0

Таблица 3. Количественное содержание углеводов в корневищах с корнями и траве растения *Polemonium coeruleum* (n=3, P>95%) фармакопейными методами

Методы определения	Содержание, %	
	Корневища с корнями	Трава
Сумма полисахаридов (гравиметрия)	4.19±1.98	10.72±0.78
Сумма свободных сахаров в пересчете на глюкозу (пикриновый метод)	6.67±0.54	8.81±0.15
Сумма свободных сахаров в пересчете на глюкозу (антроновый метод)	13.01±0.75	18.09±0.48

Для разделения суммы полисахаридов на фракции был использован метод последовательного фракционного выделения полисахаридов Н.К. Кочеткова [3]. Эксперимент проводили двумя способами – без предварительной обработки сырья этанолом (для очистки от сопутствующих соединений) и с предварительным экстрагированием сырья 70% этанолом на водяной бане в течение 30 мин. Далее по методике были выделены четыре группы соединений – ВРСП, ПВ, ГЦА и ГЦБ. Полученные результаты проиллюстрированы рисунками 1 и 2, где представлены усредненные значения (n=3).

При анализе содержания соединений, выделенных из растительного сырья *Polemonium coeruleum*, видно, что без предварительной обработки его этанолом в водную среду извлекается и осаждается вместе с полисахаридами большое количество сопутствующих соединений, в первую очередь, сапонинов, дающих сильно завышенные значения (рис. 1). В результате предварительной обработки растительного сырья этанолом мы наблюдаем извлечение от 3 до 10% сопутствующих веществ. Кроме того, происходит увеличение выхода ГЦБ, что связано с воздействием этанола на растительную клетку [24].

При анализе данных рисунка 2 необходимо отметить преобладание в растительном сырье *Polemonium coeruleum* таких фракций, как ВРСП (10.42 и 8.21% для КсК и Тр соответственно) и ГЦА (9.1 и 9.09% для КсК и Тр соответственно). В минорном количестве присутствует ГЦБ (1.1 и 1.99% для КсК и Тр соответственно). Сравнивая содержание выделенных фракций полисахаридов в Тр и КсК *Polemonium coeruleum* (рис. 2), видим, что в большем количестве они содержится в траве, ГЦА в Тр и КсК находится на одинаковом уровне, а ПВ и ГЦБ в надземной части содержится выше, чем в подземной. Кроме того, установлено, что надземная часть *Polemonium coeruleum* ПВ содержит в пять раз больше, чем подземная часть.

Характеристика выделенных групп соединений представлена в таблице 4.

Наиболее точное представление о содержании свободных простых сахаров в траве и корневищах с корнями растения *Polemonium coeruleum* дает метод капиллярного электрофореза. Установленное данным методом содержание свободных простых сахаров отражено на рисунке 3.

В результате эксперимента было установлено, что содержание свободных простых сахаров в растительном сырье *Polemonium coeruleum* невелико и составляет 0.82% в корневищах с корнями и 0.77% – в траве растения. Выявлено, что глюкоза в свободном виде не была выявлена ни в подземной, ни в надземной части. Основным сахаром *Polemonium coeruleum*, присутствующим в ней в свободном виде, является сахароза (0.74% для корневищ с корнями и 0.77% для травы *Polemonium coeruleum*). В качестве отличия в составе простых сахаров надземной и подземной частей *Polemonium coeruleum* следует отметить наличие в последней свободной формы фруктозы (0.084%).

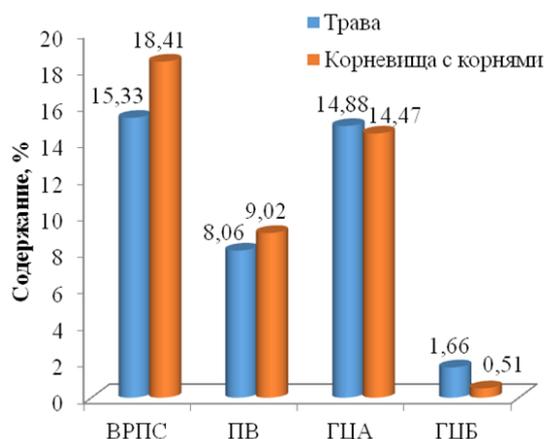


Рис. 1. Содержание полисахаридов *Polemonium coeruleum*, выделенных методом последовательного экстрагирования без предварительной обработки растительного сырья этанолом

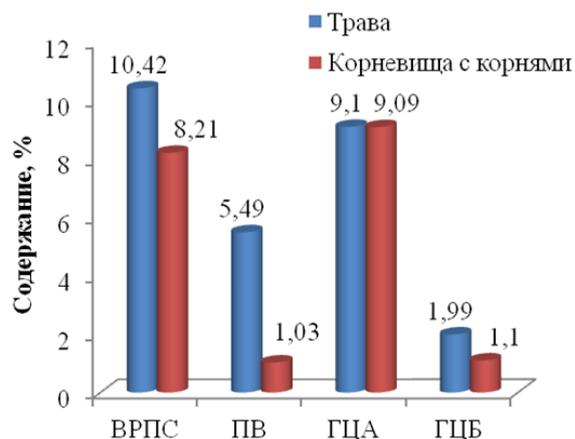
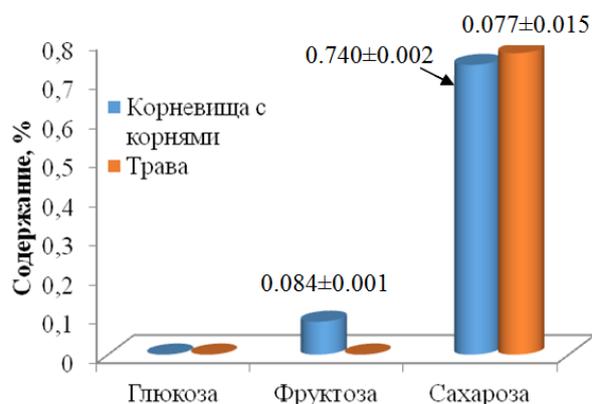


Рис. 2. Содержание полисахаридов *Polemonium coeruleum*, выделенных методом последовательного экстрагирования после предварительной обработки растительного сырья этанолом

Таблица 4. Характеристика полисахаридов растения *Polemonium coeruleum*

Группа соединений	Описание
ВРПС	Буровато-коричневого цвета аморфный порошок, дающий опалесцирующие растворы, нерастворим в спирте и ацетоне
ПВ	Жетовато-серый аморфный порошок, растворимый в воде
ГЦА	Желтовато-коричневый аморфный порошок, хорошо растворимый в воде
ГЦБ	

Рис. 3. Содержание простых сахаров в растительном сырье *Polemonium coeruleum* (метод капиллярного электрофореза)



Таким образом, впервые был проведен подробный анализ углеводов *Polemonium coeruleum*, выявлено высокое содержание суммы полисахаридов и простых сахаров, которые, в совокупности с тритерпеновыми сапонинами, могут вносить свой вклад в наличие отхаркивающего эффекта у растения.

### Выводы

Впервые изучена сумма свободных полисахаридов и простых сахаров в траве и корневищах с корнями растения *Polemonium coeruleum* в сравнении с использованием современных физико-химических методов. Выявлено, что наземная часть *Polemonium coeruleum* содержит большее количество, как суммы свободных полисахаридов, так и суммы простых сахаров в пересчете на глюкозу, чем подземная часть. В результате фракционного разделения групп полисахаридов при выделении установлено, что сумма полисахаридов включает ВРПС, ПВ, ГЦА и ГЦБ, определено их количественное содержание. Показано, что состав свободных простых сахаров между органами растения различен и представлен фруктозой и сахарозой. Установлено, что растение *Polemonium coeruleum* не уступает известным фармакопейным растениям по сумме свободных полисахаридов и простых сахаров. Результаты, полученные на данном этапе работы, открывают

перспективность дальнейших исследований углеводного комплекса *Polemonium coeruleum*, как с точки зрения химического анализа, так и доклинических исследований.

### Список литературы

1. Оленников Д.Н., Танхаева Л.М. Методика количественного определения суммарного содержания полифруктанов в корнях лопуха // Химия растительного сырья. 2010. №1. С. 115–120.
2. Ботов А.Ю., Северин А.П., Яцюк В.Я., Сипливая Л.Е. Исследование углеводного состава некоторых растений семейства Asteraceae // Российский медико-биологический вестник им. акад. И.П. Павлова. 2012. Т. 20. №4. С. 142–145.
3. Дроздова И.Л. Выделение и химическое изучение полисахаридов травы донника рослого (*Melilotus altissimus* Thuil.) // Вестник ВГУ. Сер. Хим. Биолог. Фарм. 2004. №1. С. 173–175.
4. Шестопалова Н.Н. Изучение полисахаридов травы *Acroptilon repens* L. флоры Тульской области // Научный результат. Медицина и фармация. 2018. Т. 4. №1. С. 70–76. DOI: 10.18413/2313-8955-2018-4-1-70-76.
5. Лысыков Ю.А. Углеводы в клиническом питании // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. 2013. №2. С. 89–110.
6. Бутенко Л.И., Лигай Л.В., Подгорная Ж.В. Исследование полисахаридного комплекса моркови дикой // Международный журнал экспериментального образования. 2016. №10-2. С. 193–195.
7. Боков Д.О., Самылина И.А., Попов Д.М. Качественное и количественное определение углеводов в сырье и настояках матричных гомеопатических подснежника Воронова, белоснежного методами тонкослойной хроматографии и УФ-спектрофотометрии // Бутлеровские сообщения. 2015. Т. 41. №3. С. 95–102.
8. Мельникова И.М., Мизерницкий Ю.Л. Отхаркивающая и муколитическая терапия при острых и хронических бронхолегочных заболеваниях у детей // Практическая медицина. 2014. №9 (85). С. 76–81.
9. Хишова О.М., Щербинин И.Ю., Дубашинская Н.В. Изучение седативной активности капсул сухого экстракта корневищ с корнями синюхи голубой // Вестник фармации. 2010. №4. С. 59–64.
10. Мальцева А.А. Исследование комплекса биологически активных веществ растения *Polemonium coeruleum* L.: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. М., 2011. 25 с.
11. Регистр лекарственных средств России: справочник лекарственных препаратов. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.rlsnet.ru>.
12. Щербинина Е.Ф. Фармакогностическое изучение синюхи голубой флоры Западной Сибири: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. Тюмень, 1990. 24 с.
13. Глушко Т.В., Ермолинская Т.М., Сугакова А.В. Разработка методик идентификации и количественного анализа лекарственных средств на основе синюхи голубой // Труды БГУ. 2010. Т. 5. №2. С. 63–68.
14. Мальцева А.А., Брежнева Т.А., Сорокина А.А., Сливкин А.И., Карлов П.М., Чистякова А.С., Казьмина О.М. Разработка методики хроматографического определения полимониозидов // Сорбционные и хроматографические процессы. 2014. Т. 14, вып. 4. С. 684–690.
15. Разумников Н.А., Винокурова Р.И., Конюхова О.М. К методике оценки содержания сахаров в плодах груши // Известия ОГАУ. 2011. №4. С. 27–29.
16. Круглова М.Ю., Круглов Д.С., Ханина М.А., Фурса Н.С. Полисахаридный и аминокислотный состав наиболее распространенных видов лабазника // Медицина и образование в Сибири. 2011. №5. С. 14.
17. Никулин А.В., Терещенко С.Г., Потанина О.Г. Определение суммы полисахаридов и свободных сахаров в листьях мать-и-мачехи методом УФ-спектрофотометрии // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2016. Т. 19. №9. С. 3–7.
18. Тринеева О.В., Казьмина М.А., Сливкин А.И. Разработка и валидация методики определения суммы свободных и связанных простых сахаров в плодах облепихи крушиновидной // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2017. №1. С. 138–143.
19. Государственная фармакопея Российской Федерации: в 4 т. 14-е изд. М., 2018. URL: <http://femb.ru/femb/pharmacopoea.php>
20. Тринеева О.В., Сливкин А.И. Определение суммы полисахаридов и простых сахаров в листьях крапивы двудомной // Вестник ВГУ, Серия: Химия. Биология. Фармация. 2017. №1. С. 164–169.
21. Колосова О.А., Горохова Т.А., Фурса Н.С. Определение свободных и связанных сахаров в подземных органах валерианы сомнительной // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сборник научных трудов. 2013. Вып. 68. С. 58–59.
22. Комарова Н.В., Каменцев Я.С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза Капель. СПб., 2006. 213 с.

23. Зорикова О.Г., Маняхин А.Ю., Боровая С.А., Раилко С.П. Сезонная динамика содержания полисахаридов в сырье *Reynoutria japonica* // Химия растительного сырья. 2018. №3. С. 33–39. DOI: 10.14258/jcrpm.2018033777.
24. Слепцов И.В., Журавская А.Н. Полисахариды в вегетативной массе *Amaranthus retroflexus*, *Agastache rugosa* и *Thlaspi arvense* в условиях центральной Якутии // Химия растительного сырья. 2018. №4. С. 73–79.

Поступила в редакцию 5 ноября 2020 г.

После переработки 25 декабря 2020 г.

Принята к публикации 14 апреля 2021 г.

**Для цитирования:** Гудкова А.А., Шестакова Г.Ю., Сливкин А.И., Чистякова А.С., Агафонов В.А., Чавро П.В. Изучение углеводного состава синюхи голубой (*Polemonium caeruleum* L.) // Химия растительного сырья. 2021. №3. С. 107–114. DOI: 10.14258/jcrpm.2021038795.

*Gudkova A.A.\**, *Shestakova G.Yu.*, *Slivkin A.I.*, *Chistyakova A.S.*, *Agafonov V.A.*, *Chavro P.V.* STUDY OF CARBOHYDRATE COMPOSITION OF BLUE BLUE (*POLEMONIUM CAERULEUM* L.)

*Voronezh State University, Universitetskaya pl., 1, Voronezh, 394018 (Russia), e-mail: al.f84@mail.ru*

*Polemonium caeruleum* (Greek valerian) is a very promising plant for study. Despite the data available in the literature concerning the analysis of the main group of compounds of Greek valerian (triterpene saponins), the remaining groups of the metabolome were practically not affected for study. The aim of the study was to study the carbohydrates of grass and rhizomes with Greek valerian roots. The objects of the study were a sample of grass and rhizomes with Greek valerian roots. The content of the sum of polysaccharides and free sugars in terms of glucose was determined in accordance with the corresponding pharmacopoeial articles of the State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIV ed.

The profile and quantitative content of simple reducing sugars was studied by capillary electrophoresis. This work was the first to study the sum of free polysaccharides and simple sugars in grass and rhizomes with Greek valerian roots in comparison with the use of modern physicochemical methods. It was revealed that the content of the sum of free polysaccharides and the sum of simple sugars in terms of glucose in the aboveground part of Greek valerian is higher than in the underground one. It was shown that the composition of free simple sugars between plant organs is different and is represented by fructose and sucrose.

**Keywords:** Simple sugars, polysaccharides, carbohydrates, *Polemonium caeruleum*, capillary electrophoresis, spectrophotometry, gravimetry.

---

\* Corresponding author.

## References

1. Olennikov D.N., Tankhayeva L.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2010, no. 1, pp. 115–120. (in Russ.).
2. Botov A.Yu., Severin A.P., Yatsyuk V.Ya., Siplivaya L.Ye. *Rossiyskiy mediko-biologicheskiy vestnik im. akad. I.P. Pavlova*, 2012, vol. 20, no. 4, pp. 142–145. (in Russ.).
3. Drozdova I.L. *Vestnik VGU. Ser. Khim. Biolog. Farm.*, 2004, no. 1, pp. 173–175. (in Russ.).
4. Shestopalova N.N. *Nauchnyy rezul'tat. Meditsina i farmatsiya*, 2018, vol. 4, no. 1, pp. 70–76. DOI: 10.18413/2313-8955-2018-4-1-70-76. (in Russ.).
5. Lysikov Yu.A. *Ekspperimental'naya i klinicheskaya gastroenterologiya*, 2013, no. 2, pp. 89–110. (in Russ.).
6. Butenko L.I., Ligay L.V., Podgornaya Zh.V. *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*, 2016, no. 10-2, pp. 193–195. (in Russ.).
7. Bokov D.O., Samylina I.A., Popov D.M. *Butlerovskiye soobshcheniya*, 2015, vol. 41, no. 3, pp. 95–102. (in Russ.).
8. Mel'nikova I.M., Mizernitskiy Yu.L. *Prakticheskaya meditsina*, 2014, no. 9 (85), pp. 76–81. (in Russ.).
9. Khishova O.M., Shcherbinin I.Yu., Dubashinskaya N.V. *Vestnik farmatsii*, 2010, no. 4, pp. 59–64. (in Russ.).
10. Mal'tseva A.A. *Issledovaniye kompleksa biologicheskii aktivnykh veshchestv rasteniya Polemonium coeruleum L.: avtoref. dis. ... kand. farm. nauk*. [Investigation of the complex of biologically active substances of the plant *Polemonium coeruleum* L. Abstract of dissertation candidate of pharmaceutical sciences]. Moscow, 2011, 25 p. (in Russ.).
11. *Registr lekarstvennykh sredstv Rossii: spravochnik lekarstvennykh preparatov* [Register of medicines of Russia: reference book of medicines]. URL: <https://www.rlsnet.ru>. (in Russ.).
12. Shcherbinina Ye.F. *Farmakognosticheskoye izucheniye sinyukhi goluboy flory Zapadnoy Sibiri: avtoref. dis. ... kand. farm. nauk*. [Pharmacognostic study of cyanosis of the blue flora of Western Siberia: author. dis. ... Cand. farm. sciences]. Pyatigorsk, 1990, 24 p. (in Russ.).
13. Glushko T.V., Yermolinskaya T.M., Sugakova A.V. *Trudy BGU*, 2010, vol. 5, no. 2, pp. 63–68. (in Russ.).
14. Mal'tseva A.A., Brezhneva T.A., Sorokina A.A., Slivkin A.I., Karlov P.M., Chistyakova A.S., Kaz'mina O.M. *Sorbtsionnyye i khromatograficheskiye protsessy*, 2014, vol. 14, issue 4, pp. 684–690. (in Russ.).
15. Razumnikov N.A., Vinokurova R.I., Konyukhova O.M. *Izvestiya OGAU*, 2011, no. 4, pp. 27–29. (in Russ.).
16. Kruglova M.Yu., Kruglov D.S., Khanina M.A., Fursa N.S. *Meditsina i obrazovaniye v Sibiri*, 2011, no. 5, p. 14. (in Russ.).
17. Nikulin A.V., Tereshchenko S.G., Potanina O.G. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farma-tsevticheskoy khimii*, 2016, vol. 19, no. 9, pp. 3–7. (in Russ.).
18. Trineyeva O.V., Kaz'mina M.A., Slivkin A.I. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2017, no. 1, pp. 138–143. (in Russ.).
19. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii: v 4 t. 14-ye izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation: in 4 volumes. 14th ed.]. Moscow, 2018. URL: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php>. (in Russ.).
20. Trineyeva O.V., Slivkin A.I. *Vestnik VGU, Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*, 2017, no. 1, pp. 164–169. (in Russ.).
21. Kolosova O.A., Gorokhova T.A., Fursa N.S. *Razrabotka, issledovaniye i marketing novoy farmatsevticheskoy produktsii: sbornik nauchnykh trudov*. [Development, research and marketing of new pharmaceutical products: collection of scientific papers]. 2013, vol. 68, pp. 58–59. (in Russ.).
22. Komarova N.V., Kamentsev Ya.S. *Prakticheskoye rukovodstvo po ispol'zovaniyu sistem kapillyarnogo elektro-foreza Kapel'*. [A practical guide to the use of capillary electrophoresis systems Drops]. St.-Petersburg, 2006, 213 p. (in Russ.).
23. Zorikova O.G., Manyakhin A.Yu., Borovaya S.A., Railko S.P. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2018, no. 3, pp. 33–39. DOI: 10.14258/jcprm.2018033777. (in Russ.).
24. Sleptsov I.V., Zhuravskaya A.N. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2018, no. 4, pp. 73–79. (in Russ.).

Received November 5, 2020

Revised December 25, 2020

Accepted April 14, 2021

**For citing:** Gudkova A.A., Shestakova G.Yu., Slivkin A.I., Chistyakova A.S., Agafonov V.A., Chavro P.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 3, pp. 107–114. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021038738.