

УДК 615.074

<https://doi.org/10.33380/3034-3925-2026-3-1-56>

ВЭТСХ-скрининг фенольных соединений и сапонинов сырья синюхи голубой

Е. С. Кириллова¹✉, В. С. Шуракова^{1,2}, А. Р. Валиуллина¹, Е. В. Жохова¹, И. И. Тернинко¹

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный химико-фармацевтический университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО СПХФУ Минздрава России). 197022, г. Санкт-Петербург, вн. тер. г. муниципальный округ Аптекарский остров, ул. Профессора Попова, д. 14, литера А

² Общество с ограниченной ответственностью «Эколер». 414041, Россия, Астраханская область, г. Астрахань, ул. Яблочкова, д. 11, кв. 21

✉ Контактное лицо: Кириллова Елизавета Сергеевна. E-mail: elizaveta.ponikarovskaya@spcru.ru

ORCID: Е. С. Кириллова – <https://orcid.org/0009-0005-5126-0034>;
В. С. Шуракова – <https://orcid.org/0009-0001-9938-1549>;
А. Р. Валиуллина – <https://orcid.org/0009-0005-7788-024X>;
Е. В. Жохова – <https://orcid.org/0000-0002-9763-096X>;
И. И. Тернинко – <https://orcid.org/0000-0002-2942-1015>.

Статья поступила: 03.11.2025

Статья принята в печать: 12.01.2026

Статья опубликована: 12.01.2026

Резюме

Введение. Синюха голубая (*Polemonium caeruleum* L.) – перспективное лекарственное растение с мультивекторным терапевтическим эффектом. Однако ограниченные данные о его фитохимическом составе затрудняют разработку современных лекарственных препаратов на его основе. Необходимость детального изучения химического состава и оптимизации методов стандартизации обусловлена растущим интересом к использованию синюхи голубой для лечения заболеваний нервной системы и запросом социума на нейротропные фитопрепараты.

Цель. Проведение ВЭТСХ-анализа для фитохимического скрининга извлечений из синюхи голубой.

Материалы и методы. В работе использовали образцы корневищ с корнями синюхи голубой, заготовленные в Ленинградской области. Для фитохимического анализа применяли стандартные образцы флавоноидов, гидроксикоричных кислот и β-эсцина. Из сырья получали очищенные (с предварительным обезжириванием хлороформом в аппарате Сокслета) и неочищенные извлечения путем экстракции 80%-м этанолом с использованием ультразвуковой бани. ВЭТСХ-анализ проводили на пластинках Silica gel 60 F₂₅₄ в системах растворителей: толуол – этилацетат – муравьиная кислота – вода (для фенольных соединений) и *n*-бутанол – уксусная кислота – вода (для сапонинов). Детекцию осуществляли в УФ-свете и с помощью детектирующих реагентов.

Результаты и обсуждение. На основании проведенного ВЭТСХ-анализа в корневищах с корнями синюхи голубой идентифицирована хлорогеновая кислота. Установлено, что процедура обезжиривания сырья приводит к снижению содержания фенольных соединений, а кислотный гидролиз существенно изменяет их хроматографический профиль. Для детекции сапонинов показана неэффективность методики, регламентированной Государственной фармакопеей РФ, и в качестве детектирующего агента предложен серной кислоты раствор 50 %, позволивший однозначно идентифицировать β-эсцин (R_f = 0,32). Хроматографический анализ выявил сложный многокомпонентный состав извлечений, включающий несколько групп БАВ.

Заключение. В условиях растущей потребности в эффективных и безопасных фитопрепаратах нейротропного и отхаркивающего действия, а также недостаточной изученности химического состава синюхи голубой был проведен ее комплексный фитохимический скрининг. Методом ВЭТСХ в подземных органах растения идентифицирована хлорогеновая кислота, а также подтверждено наличие маркерного сапонины – β-эсцина, для детекции которого оптимизирован выбор детектирующего агента. Полученные данные восполняют дефицит современных научных знаний о данном виде сырья и формируют основу для разработки стандартизированных ЛРС на его основе.

Ключевые слова: *Polemonium caeruleum* L., фитохимический скрининг, ВЭТСХ, фенольные соединения, тритерпеновые сапонины

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Е. С. Кириллова – литературный обзор, выполнение экспериментальной части, получение и обработка данных. В. С. Шуракова – выполнение экспериментальной части, формулирование выводов и написание статьи. А. Р. Валиуллина – выполнение экспериментальной части, получение и обработка данных. Е. В. Жохова – консультирование по работе на лабораторном оборудовании при выполнении экспериментальной части. И. И. Тернинко – идея и планирование дизайна эксперимента, редактирование рукописи.

Финансирование. Анализ выполнен на базе центра коллективного пользования (ЦКП) «Аналитический центр» ФГБОУ ВО СПбХФУ Минздрава России.

Для цитирования: Кириллова Е. С., Шуракова В. С., Валиуллина А. Р., Жохова Е. В., Тернинко И. И. ВЭТСХ-скрининг фенольных соединений и сапонинов сырья синюхи голубой. *Гербаруум*. 2026;3(1):10–22. <https://doi.org/10.33380/3034-3925-2026-3-1-56>

HPTLC screening of phenolic compounds and saponins in *Polemonium caeruleum* L. raw material

Elizaveta S. Kirillova¹✉, Valeriya S. Shurakova^{1, 2}, Alina R. Valiullina¹,
Elena V. Zhokhova¹, Inna I. Terninko¹

¹ Saint-Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University, letter A, 14, Professora Popova str., ext. ter. Aptekarsky Island municipal district, Saint-Petersburg, 197022, Russia

² Limited Liability Company "Ekoler". Apt. 21, 11, Yablochkova str., Astrakhan, Astrakhan Region, 414041, Russia

✉ **Corresponding author:** Elizaveta S. Kirillova. **E-mail:** elizaveta.ponikarovskaya@spcpcu.ru

ORCID: Elizaveta S. Kirillova – <https://orcid.org/0009-0005-5126-0034>;

Valeriya S. Shurakova – <https://orcid.org/0009-0001-9938-1549>;

Alina R. Valiullina – <https://orcid.org/0009-0005-7788-024X>;

Elena V. Zhokhova – <https://orcid.org/0000-0002-9763-096X>;

Inna I. Terninko – <https://orcid.org/0000-0002-2942-1015>.

Received: 03.11.2025

Accepted: 12.01.2026

Published: 12.01.2026

Abstract

Introduction. *Polemonium caeruleum* L. is a promising medicinal plant with multivector therapeutic effect. However, the limited data on its phytochemical composition makes it difficult to develop modern medicines based on it. The need for a detailed study of chemical composition and optimization of standardization methods is due to the growing interest in the use of *Polemonium caeruleum* L. for the treatment of diseases of the nervous system and the societal demand for neurotropic phytodrugs.

Aim. To conduct HPTLC analysis for phytochemical screening of *Polemonium caeruleum* L. extracts.

Materials and methods. This study utilized samples of rhizomes and roots of *Polemonium caeruleum*, collected in the Leningrad region. Standard samples of flavonoids, hydroxycinnamic acids, and β -aescin were used for phytochemical analysis. Purified (preliminary defatting with chloroform in a Soxhlet apparatus) and crude extracts were obtained from the raw material by extraction with 80 % ethanol using an ultrasonic bath. HPTLC analysis was performed on Silica gel 60 F₂₅₄ plates in the following solvent systems: toluene – ethyl acetate – formic acid – water (for phenolic compounds) and *n*-butanol – acetic acid – water (for saponins). Detection was performed under UV light and using detection reagents.

Results and discussion. On the basis of HPTLC-analysis carried out in rhizomes with *Polemonium caeruleum* L. roots, chlorogenic acid has been identified. It has been established that the procedure of degreasing the raw material leads to a decrease in the content of phenolic compounds, and acid hydrolysis significantly changes their chromatographic profile. For the detection of saponins, the ineffectiveness of the method regulated by the State Pharmacopoeia of the Russian Federation is shown, and a solution of 50 % sulfuric acid was proposed as the detecting agent, which allowed the unambiguous identification of β -aescin ($R_f = 0.32$). The chromatographic analysis revealed a complex multicomponent composition of extractions, including several groups of bioactive compounds.

Conclusion. In view of the growing need for effective and safe phyto-drugs with a neurotropic and expectorant action, as well as insufficient knowledge of the chemical composition of *Polemonium caeruleum* L., its complex phytochemical screening was carried out. By HPTLC method in the underground organs of the plant chlorogenic acid was identified, and also confirmed the presence of a marker saponin – β -aescin, for the detection of which the selection of the detecting agent was optimized. The data obtained fill the gap in modern scientific knowledge about this type of raw material and form the basis for the development of standardized medicinal plant raw materials based on it.

Keywords: *Polemonium caeruleum* L., HPTLC, phenolic compounds, saponins

Conflict of interest. The authors declare that they have no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. Elizaveta S. Kirillova – literature review, experimental design, data acquisition and processing. Valeriya S. Shurakova – experimental design, conclusion formulation, and manuscript writing. Alina R. Valiullina – experimental design, data acquisition and processing. Elena V. Zhokhova – consulting on the work on laboratory equipment during the execution of the experimental part. Inna I. Terninko – concept and design planning of the experiment, manuscript editing.

Funding. The analysis was carried out on the basis of the Shared Use Center «Analytical Center» of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Saint Petersburg State Chemical and Pharmaceutical University» of the Ministry of Health of Russia

For citation: Kirillova E. S., Shurakova V. S., Valiullina A. R., Zhokhova E. V., Terninko I. I. HPTLC screening of phenolic compounds and saponins in *Polemonium caeruleum* L. raw material. *Herbarium*. 2026;3(1):10–22. (In Russ.) <https://doi.org/10.33380/3034-3925-2026-3-1-56>

Введение

Синюха голубая (*Polemonium caeruleum* L.) – лекарственное растение, произрастающее на территории России и издавна используемое в традиционной медицине [1]. Данный растительный объект характеризуется мультивекторным терапевтическим эффектом за счёт содержащихся в нем различных групп биологически активных веществ (БАВ) [2–5]. Ключевыми БАВ являются тритерпеновые сапонины спиртового характера – полемониумсапонины 1, 2 и 3 типов [6]. Именно с их накоплением связывают проявление выраженного седативного действия, которое превосходит эффект валерианы лекарственной [7].

Ретроспективный анализ литературных данных [5, 6] показал, что сухой экстракт корневищ с корнями синюхи также проявляет выраженное отхаркивающее действие, что характерно для класса тритерпеновых пентациклических сапонинов [6, 8–9]. Следовательно, благодаря направленному фармакологическому действию сухой экстракт из подземных органов синюхи голубой может являться перспективной фармацевтической субстанцией растительного происхождения (ФСРП) для разработки лекарственных растительных препаратов (ЛРП) нейротропного и отхаркивающего действия.

Разработка лекарственных средств (ЛС) с выраженным эффектом седации особенно актуальна с учетом запроса социума, который проявляется в увеличении доли депрессий, посттравматических стрессовых расстройств и синдрома профессионального выгорания в общей структуре заболева-

емости нервной системы¹ [10–11]. С другой стороны, актуальность разработки именно фитопрепаратов нейротропного действия обусловлена возможностью снижения количества побочных реакций, характерных для синтетических ЛС данной нозологической группы.

Вывод на фармацевтический рынок нового ЛС (в том числе и фитопрепарата) требует комплексной фармацевтической разработки в парадигме принципа QbD, что подразумевает сквозную стандартизацию на этапе от лекарственного растительного сырья (ЛРС) до ЛС с учетом и контролем возможных рисков. В свою очередь, научно обоснованный подход к стандартизации и контролю качества фитопрепаратов требует формирования системных научных знаний о химическом составе исходного растительного сырья.

Интерес научного сообщества к синюхе голубой отличается неоднородностью. Так, он имел монотонную тенденцию к росту в 30–50-х годах XX века, а в 80-х произошло резкое снижение, и на данный момент роста публикаций в отношении синюхи голубой, по данным различных наукометрических баз, не наблюдается (рисунок 1). Это обуславливает ограниченные данные о фитохимическом составе ЛРС синюхи и подтверждает актуальность ее комплексного фитохимического изучения.

¹ СКС, психические расстройства, болезни нервной системы и органов чувств, в любом возрасте, на 100 000 населения. Доступно по: https://gateway.euro.who.int/ru/indicators/hfa_260-1900-sdr-mental-disorders-diseases-of-nervous-system-and-sense-organs-all-ages-per-100-000. Ссылка активна на 05.08.2025.



Рисунок 1. Данные наукометрических баз PubMed, eLIBRARY и ScienceDirect по количеству публикаций в год по запросу «*Polemonium caeruleum*» (глубина поиска – 15 лет)

Figure 1. Data from the scientometric databases PubMed, eLIBRARY and ScienceDirect on the annual number of publications retrieved using the search term «*Polemonium caeruleum*» (search depth: 15 years)

Первым этапом системного фитохимического анализа является фитохимический скрининг, как направленный – в рамках определенной группы БАВ, так и ненаправленный – по различным классам соединений. Для целей скрининга оптимальным методом является высокоэффективная тонкослойная хроматография (ВЭТСХ), которая отличается относительной доступностью и большей экспрессностью в сравнении с жидкостной хроматографией, однако не уступает ей в разделяющей и селективной способности, что делает данный метод основным как для скрининговых целей в разработке, так и для идентификации групп БАВ в рутинном контроле качества.

В ФС.2.5.0039.15 «Синюхи голубой корневища с корнями»¹ Государственной фармакопеи (ГФ) РФ XV издания приведена ТСХ-методика для определения подлинности сырья. Однако предложенная методика не селективна и не позволяет идентифицировать конкретные БАВ (в том числе и β -эсцин, по которому проводят количественную оценку качества сырья).

Кроме ГФ РФ, в литературе [6, 11, 12] представлено несколько вариантов пробоподготовки ЛРС для извлечения сапонинов и последующего проведения ВЭТСХ-анализа, например жидкость-жидкостная экстракция с использованием различных растворителей, нагревание с 70%-м спиртом этиловым на кипящей водяной бане с обратным холодильником или экстрагирование хлороформом в аппарате Сокслета [11–

19]. Подбор методики пробоподготовки зависит от структуры конкретных сапонинов и их физико-химических свойств (полярность и растворимость), что обуславливает различия в подходах к экстракции.

Фенольная фракция корневищ с корнями синюхи голубой (вторая после сапонинов по значимости группа БАВ) остается малоизученной. На сегодняшний день отсутствуют достоверные данные о полном спектре фенольных соединений (производных фенилпропаноидов) в сырье синюхи голубой, их качественном и количественном содержании. Из-за ограниченности научных данных об этих веществах в ЛРС затруднено и изучение взаимосвязи между фармакологической активностью и составом, что затрудняет разработку ЛС на основе фенольной фракции данного растения. В связи с этим изучение профиля фенилпропаноидов синюхи голубой, в том числе с использованием ВЭТСХ, представляет научный и практический интерес.

С учетом всего вышесказанного **целью данной работы** является проведение ВЭТСХ-анализа для фитохимического скрининга извлечений из синюхи голубой.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовали ЛРС синюхи голубой. Корневища с корнями заготавливали на базе питомника лекарственных растений ФГБОУ ВО СПХФУ МЗ РФ в Ленинградской области, поселок Лемболово (60.411057, 30.367315), в августе 2024 года. Сырье очищали от земли и высушивали в воздушной сушилке при температуре 50–60 °С. Идентификацию образцов проводили по комплексу морфологических признаков с использованием

¹ ГФ РФ, ФС.2.5.0039.15 «Синюхи голубой корневища с корнями». Доступно по: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-13/2/2-5/2-5-39/sinyukhi-goluboy-kornevishcha-s-korniyami-polemonii-caerulei-rhizomata-cum-radicebus/> Ссылка активна на 20.05.2025.

коллекции LE 01176445 Виртуального гербария Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН¹. Для получения извлечений сырье измельчали до размера частиц, проходящих сквозь сито с диаметром пор 5 мм.

Стандартные образцы (СО). Использовали ряд стандартных образцов фенольных соединений: флавоноиды (рутин, кверцетин, апигенин, мирицетин, кемпферол, лютеолин (производитель – Sigma-Aldrich) – 0,1 мг/мл), гидроксикоричные кислоты (хлорогеновая, кумаровая, феруловая, кофейная (производитель – ChemCruz) – 1 мг/мл, розавин (производитель – Sigma-Aldrich) – 0,1 мг/мл).

В качестве СО сапонины использовался β -эсцин (производитель – ChemCruz). Около 10 мг (точная навеска) субстанции β -эсцина помещали в мерную колбу вместимостью 10 мл и доводили до метки метанолом ($C = 1$ мг/мл).

Испытуемые образцы. Очищенное извлечение получали путем экстракции спиртом этиловым 80%-м (соотношение сырье – экстрагент 1:20) с предварительным обезжириванием сырья в аппарате Сокслета хлороформом в течение 3 ч. Экстракцию спиртом проводили в течение суток, предварительно подвергая сонификации в УЗ-бане при температуре 50 °С в течение 15 мин. После нагрева на УЗ-бане колбу оставляли на сутки при комнатной температуре. Полученное извлечение фильтровали, упаривали под вакуумом при помощи роторного испарителя при 50 °С, 190 мБар, 120 об/мин и высушивали в сушильном шкафу при температуре 40 °С досуха.

Параллельно получали неочищенное извлечение, для чего проводили все вышеуказанные стадии, кроме обезжиривания сырья в аппарате Сокслета.

Около 10 мг (точная навеска) полученных извлечений помещали в мерные колбы вместимостью 10 мл и растворяли в спирте этиловом 96%-м, доводили до метки тем же растворителем, получая два отдельных раствора ($C = 1$ мг/мл).

Для каждого извлечения проводили гидролиз хлористоводородной кислотой концентрированной (АО «ВЕКТОН», Россия) в соотношении 1:2 спиртового раствора сухого извлечения (1 мг/мл) и хлористоводородной кислоты при нагревании при 45 °С на УЗ-бане в течение 20 мин. Затем проводили нейтрализацию 1 М раствором натрия гидроксида до pH ~ 7.

Для качественного анализа основных групп БАВ использовали метод высокоэффективной тонкослойной хроматографии (ВЭТСХ). Приборное оборудование метода включало устройство CAMAG, пластины MERCK HPLC Silica gel 60 F₂₅₄⁺, 20 × 10 см, полуавтоматический аппликатор Linomat 5 для нанесения образцов и автоматическую камеру CAMAG TLC Visualiser 2 для элюирования пластин. Для установки па-

раметров и обработки результатов хроматографирования использовали программу VisionCATS. На линию старта аппликатор наносил по 4 мкл раствора СО с концентрацией 1 мг/мл, по 10 мкл – СО с концентрацией 0,1 мг/мл, спиртовые растворы извлечений – по 25 мкл, гидролизованные растворы извлечений – по 40 мкл. Идентификацию фенольных соединений проводили, сравнивая значения факторов удерживания (R_f) пятен на треках испытуемых растворов и СО путем оценки хроматограмм в фильтрованном УФ-свете (при 254 нм и 366 нм), а для детекции сапонинов использовали дериватизирующие реактивы: 50%-й раствор серной кислоты; 0,2%-й раствор ванилина в хлористоводородной кислоте; фосфорно-вольфрамовой кислоты спиртовой раствор 25%-й. Растворители для приготовления хроматографических систем использовали квалификации «ч.д.а.» или «х.ч.». Для скрининга фенольных соединений использовалась специфичная для этой группы БАВ система «толуол – этилацетат – муравьиная кислота – вода» (10:20:5:2), тогда как для скрининга сапонинов подвижная фаза была вариативна: использовалась система, рекомендованная ГФ РФ, ФС.2.5.0039.15 «Синюхи голубой корневища с корнями»¹, «*n*-бутанол – этанол 96%-й – аммиак» (7:2:5) и альтернативная система «*n*-бутанол – ледяная уксусная кислота – вода» (7:1:2).

Результаты и обсуждение

Хроматограммы, полученные в результате фитохимического скрининга корневищ с корнями синюхи методом ВЭТСХ, представлены на рисунках 2–5.

Фенольные соединения

Результаты ВЭТСХ-анализа фенольных соединений (зоны адсорбции, значения факторов удерживания) представлены в таблице 1.

В ходе исследования в корневищах с корнями синюхи было идентифицировано 8 и 7 зон адсорбции в неочищенном и очищенном извлечениях соответственно. Таким образом, можно сделать вывод, что обезжиривание сырья негативно сказывается на содержании фенольных соединений. Ввиду ограниченного спектра используемых СО в очищенном и неочищенном извлечениях было идентифицировано только 1 соединение (хлорогеновая кислота – серая флуоресценция при 254 нм, зелено-голубая при 366 нм, $R_f = 0,12$), хотя на хроматограмме при длине волны 366 нм продетектирован еще ряд веществ, предположительно относящихся к фенольным соединениям. После гидролиза фенольные соединения в извлечениях не идентифицируются, кроме кофейной кислоты, которая присутствует в неочищенном извлечении после гидролиза. Следовательно, гидролитическое расщепление негативно сказывается на профиле гидроксикоричных кислот, приводя, скорее всего, к изменению хроматографического поведения данных соединений.

¹ Образец LE 01176445. Виртуальный гербарий Ботанического института им. В. Л. Комарова РАН. Доступно по: <https://herbariumle.ru/?t=occ&id=243012>. Ссылка активна на 20.05.2025.

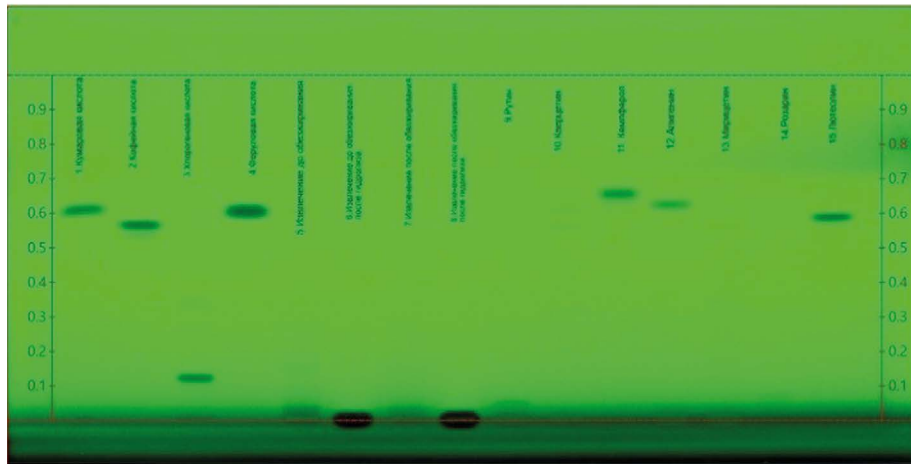


Рисунок 2. Хроматограмма флавоноидов и гидроксицирричных кислот синюхи при 254 нм
Figure 2. Chromatogram of flavonoids and hydroxycinnamic acids of *P. caeruleum* at 254 nm

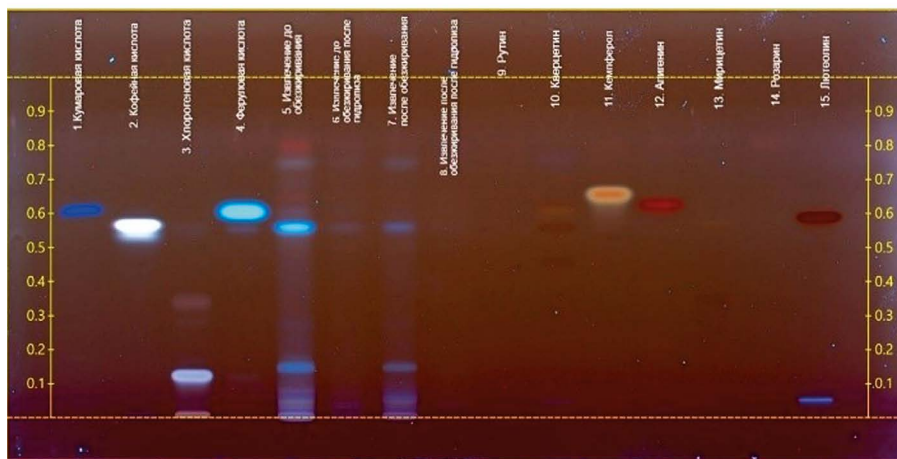


Рисунок 3. Хроматограмма флавоноидов и гидроксицирричных кислот синюхи при 366 нм
Figure 3. Chromatogram of flavonoids and hydroxycinnamic acids of *P. caeruleum* at 366 nm

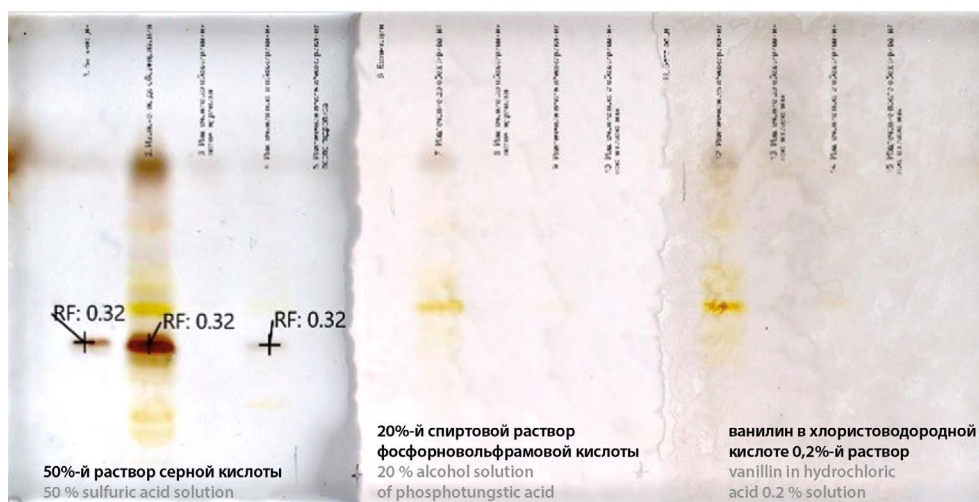


Рисунок 4. Хроматограмма сапонинов синюхи после проявления при просмотре в видимом свете
Figure 4. Chromatogram of *P. caeruleum* saponins after development, viewed in visible light

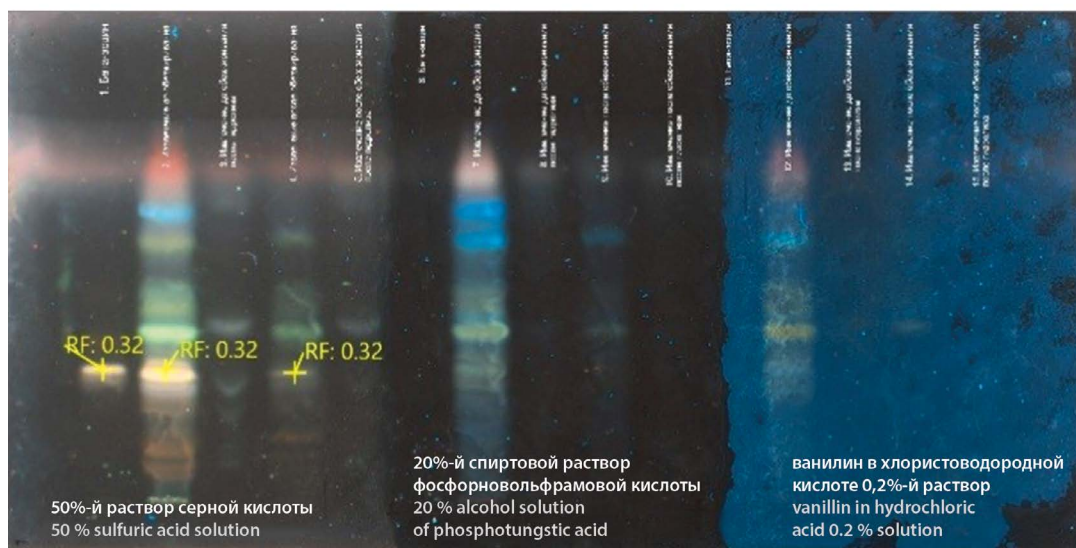


Рисунок 5. Хроматограмма сапонинов синюхи после проявления при просмотре в УФ-свете (366 нм)
Figure 5. Chromatogram of *P. caeruleum* saponins after development, viewed under UV-light (366 nm)

Таблица 1. Результаты ВЭТСХ-скрининга гидроксикоричных кислот и флавоноидов в корневищах с корнями синюхи голубой

Table 1. Results of HPTLC screening of hydroxycinnamic acids and flavonoids in the rhizomes and roots of *P. caeruleum*

СО / пятно в треке испытуемого образца RS / spot on test sample track	Окраска зон адсорбции Coloring of adsorption zones		Rf
	УФ-свет (366 нм) UV light (366 nm)	УФ-свет (254 нм) UV light (254 nm)	
Кумаровая кислота Coumaric acid	Синяя Dark blue	Светло-серая Light gray	0,61
Кофейная кислота Caffeic acid	Голубая Light blue	Серая Gray	0,54
Хлорогеновая кислота Chlorogenic acid	Голубая Light blue	Серая Gray	0,12
	Синяя (следы) Light gray (traces)	Светло-серая (следы) Light gray (traces)	0,34
	Синяя (следы) Dark blue (traces)	–	0,56
Феруловая кислота Ferulic acid	Голубая Light blue	Темно-серая Dark gray	0,62
Рутин Rutin	Светло-коричневая Light brown	Светло-серая Light gray	0,06
Кверцетин Quercetin	Зелено-голубая Green and light blue	Светло-серая Light gray	0,61
Кемпферол Kaempferol	Голубая Light blue	Серая Gray	0,66
Апигенин Apigenin	Коричневая Brown	Светло-серая Light gray	0,62
Мирицетин Myricetin	Голубая Light blue	–	0,57
Розавин Rosavin	–	Светло-серая Light gray	0,08
Лютеолин Luteolin	Коричневая Brown	Серая Gray	0,59

Окончание таблицы 1

СО / пятно в треке испытуемого образца RS / spot on test sample track	Окраска зон адсорбции Coloring of adsorption zones		Rf
	УФ-свет (366 нм) UV light (366 nm)	УФ-свет (254 нм) UV light (254 nm)	
Трек 4. Неочищенное извлечение Track 4. Unpurified extraction			
Пятно 1 Spot 1	Зелено-голубая Green and light blue	–	0,05
Пятно 2 Spot 2	Синяя Dark blue	–	0,06
Пятно 3 Spot 3	Голубая Light blue	–	0,08
Пятно 4 Spot 4	Голубая Light blue	Серая Gray	0,14
Пятно 5 Spot 5	Синяя Dark blue	–	0,12
Пятно 6 Spot 6	Темно-голубая Blue	–	0,58
Пятно 7 Spot 7	Голубая Light blue	–	0,75
Пятно 8 Spot 8	Красная Red	–	0,8
Трек 5. Неочищенное извлечение после гидролиза Track 5. Unpurified extraction after hydrolysis			
Пятно 1 Spot 1	Зелено-голубая Green and light blue	–	0,05
Пятно 2 Spot 2	Синяя Dark blue	–	0,06
Пятно 3 Spot 3	Голубая Light blue	–	0,56
Пятно 4 Spot 4	Голубая Light blue	–	0,75
Трек 6. Очищенное извлечение Track 6. Purified extraction			
Пятно 1 Spot 1	Зелено-голубая Green and light blue	–	0,05
Пятно 2 Spot 2	Синяя Dark blue	–	0,06
Пятно 3 Spot 3	Голубая Light blue	–	0,08
Пятно 4 Spot 4	Голубая Light blue	Серая Gray	0,14
Пятно 5 Spot 5	Синяя Dark blue	–	0,12
Пятно 6 Spot 6	Темно-голубая Blue	–	0,58
Пятно 7 Spot 7	Голубая Light blue	–	0,75
Трек 7. Очищенное извлечение после гидролиза Track 7. Purified extraction after hydrolysis			
Пятно 1 Spot 1	Синяя Dark blue	–	0,58

Сапонины

Хроматографические условия для ТСХ, которые приведены в ФС «Синюхи голубой корневища с корнями», являются неспецифичными ввиду отсутствия сравнения пятен испытуемого раствора с растворами СО. Идентичность сырья определяют по количеству пятен (зон адсорбции) определенной окраски, которые детектируют с помощью неспецифического реактива – фосфорно-вольфрамовой кислоты спиртового раствора 25%-го. При воспроизведении хроматографических условий ФС с использованием раствора СО β-эсцина было продемонстрировано отсутствие видимой окраски/флуоресценции зон адсорбции β-эсцина как в треке СО, так и в извлечениях. Ввиду этого была использована альтернативная хроматографическая система (*n*-бутанол – уксусная кислота ледяная – вода в соотношении 7:1:2) и несколько детектирующих агентов (см. рисунки 4–5). При проявлении хроматограмм фосфорновольфрамовой кислоты спиртовым раствором 25%-м и 0,2%-м раствором ванилина в хлористоводородной кислоте окраски пятна β-эсцина (как в треке СО, так и в испытуемом растворе) не обнаруживаются. После обработки пластинки серной кислотой раствором 50%-м и выдерживания ее при температуре 100–105 °С в течение 5–10 мин на всех треках хроматограммы обнаруживались четкие пятна темно-коричневого цвета (при дневном освещении), имеющие оранжево-желтую флуоресценцию (при просмотре в УФ-свете, 366 нм), совпадающие с фактором удерживания ($R_f = 0,32$) пятна СО β-эсцина.

Таким образом, можно сделать вывод, что серной кислоты раствор 50%-й, в отличие от других детектирующих реагентов, позволяет идентифицировать полный профиль тритерпеновых соединений (в том числе и β-эсцин), следовательно, он является оптимальным вариантом идентификации этого класса БАВ.

Результаты ВЭТСХ-анализа сапонинов представлены в таблице 2.

Как видно из рисунков 4–5 и таблицы 2, кроме β-эсцина, в извлечении в данных хроматографических условиях также обнаруживаются другие соединения и группы БАВ. Так, можно выделить 3 группы БАВ – пятна, флуоресцирующие при 366 нм оранжевым цветом, предположительно, можно отнести к тритерпеновым сапонином, а также две группы БАВ по цветам (зеленые и голубые цвета) – к фенольным соединениям. Как и в случае фенольных соединений, обезжиривание сырья привело к значительной потере сапонинов (уменьшение интенсивности цвета), и гидролиз извлечений также ведет к гидролитическому расщеплению и потере практически всех соединений (10 пятен в нативном извлечении против 3–5 в гидролизатах). Следовательно, можно предположить, что хлороформ обладает избирательной способностью к экстракции данного

комплекса БАВ, а гидролиз ведет к потере целевых объектов. Также следует обратить внимание, что в синюхе присутствуют неидентифицированные соединения, которые проявляются всеми тремя детектирующими агентами, но имеют различную окраску.

Заключение

В ходе работы был выполнен фитохимический скрининг извлечений из подземных органов синюхи голубой (*Polemonium caeruleum* L.) с использованием метода ВЭТСХ. В извлечениях из корневищ с корнями синюхи голубой была идентифицирована хлорогеновая кислота при изучении профиля фенольных соединений, а также впервые идентифицирован β-эсцин. Кроме того, хроматографический анализ выявил наличие ряда других флуоресцирующих зон, соответствующих фенольным соединениям, что указывает на сложный и многокомпонентный состав данной фракции и открывает перспективы для ее дальнейшего, более углубленного изучения.

Важным этапом работы стала оптимизация методики детекции тритерпеновых сапонинов. Была продемонстрирована неэффективность подхода к идентификации сапонинов, регламентированного ГФ РФ, и установлено, что использование серной кислоты раствора 50%-го с последующим нагреванием является наиболее селективным и чувствительным способом визуализации этой группы БАВ. Применение оптимизированного метода позволило впервые подтвердить наличие в исследуемых извлечениях маркерного тритерпенового сапониона – β-эсцина.

Полученные данные также позволили оценить влияние методов пробоподготовки на состав извлечения. Установлено, что предварительное обезжиривание сырья хлороформом приводит к значительным потерям как фенольных соединений, так и сапонинов. Показано, что кислотный гидролиз существенно изменяет хроматографический профиль БАВ, приводя к исчезновению большинства соединений, что свидетельствует об их лабильности.

Таким образом, работа вносит существенный вклад в восполнение дефицита актуальных научных знаний о фитохимическом составе синюхи голубой. Полученные результаты не только расширяют представления о качественном составе ее подземных органов, но и формируют прочную научную основу для последующей разработки современных методов стандартизации как ЛРС, так и готовых ЛС на их основе в соответствии с принципами QbD. Перспективными направлениями для дальнейших исследований являются более детальный анализ идентифицированных групп БАВ с использованием хроматомасс-спектрометрии, их количественное определение, изучение фармакологической активности отдельных фракций и установление корреляции между химическим составом и терапевтическим эффектом.

Таблица 2. Результаты ВЭТСХ-скрининга сапонинов в корневищах с корнями синюхи голубой

Table 2. Results of HPTLC screening of saponins in the rhizomes and roots of *P. saeruileum*

Трек, №, название Track №, name	Пятно, № Spot, №	Rf	Серной кислоты раствор 50%-й 50 % solution of sulfuric acid		Фосфорновольфрамовой кислоты спиртовой раствор 25%-й 25 % ethanol solution of phosphotungstic acid		0,2%-й раствор ванилина в хлористоводородной кислоте 0,2 % solution of vanillin in hydrochloric acid	
			Окраска в видимой области Coloring in visible area	Окраска в УФ-свете (366 нм) Coloring in UV light (366 nm)	Окраска в видимой области Coloring in visible area	Окраска в УФ-свете (366 нм) Coloring in UV light (366 nm)	Окраска в видимой области Coloring in visible area	Окраска в УФ-свете (366 нм) Coloring in UV light (366 nm)
Трек 1. СО β-эсцина Track 1. B-escin reference standard	1	0,32	Коричневая Brown	Оранжевая Orange	-	-	-	-
	1	0,06	-	-	-	Красная Red	-	-
	2	0,12	Желтая Yellow	Оранжевая Orange	-	-	-	-
	3	0,15	Желтая Yellow	Оранжевая Orange	-	Синяя Dark blue	-	-
	4	0,27	Желтая Yellow	Оранжевая Orange	-	-	-	-
Трек 2. Неочищенное извлечение Track 2. Unpurified extraction	5	0,3	-	-	-	-	Слабо-желтая Light yellow	Зелено-голубая Green and light blue
	6	0,32	Коричневая Brown	Оранжевая Orange	-	-	-	-
	7	0,33	-	-	-	Зеленая Green	Слабо-желтая Light yellow	Зелено-голубая Green and light blue
	8	0,34	-	-	-	-	Оранжевая Orange	Грязно-зеленая Dirty green
	9	0,36	Желтая Yellow	Зеленая Green	Желтая Yellow	Зеленая Green	Желтая Yellow	Зеленая Green
	10	0,37	-	-	-	Синяя Dark blue	-	-
	11	0,38	Желтая Yellow	Грязно-зеленая Dirty green	-	Зеленая Green	Желтая Yellow	Зеленая Green
	12	0,39	Слабо-желтая Light yellow	Зеленая Green	-	-	-	-
	13	0,46	Желтая Yellow	Грязно-зеленая Dirty green	-	Голубая Light blue	Слабо-желтая Light yellow	Голубая Light blue
	14	0,54	-	Голубая Light blue	-	Голубая Light blue	-	Синяя Dark blue
15	0,74	Темно-коричневая Dark brown	Красная Red	Серая Gray	Красная Red	Серая Gray	Красная Red	

Продолжение таблицы 2

Трек, №, название Track №, name	Пятно, № Spot, №	Rf	Серной кислоты раствор 50%-й 50 % solution of sulfuric acid		Фосфорновольфрамовой кислоты спиртовой раствор 25%-й 25 % ethanol solution of phosphotungstic acid		0,2%-й раствор ванилина в хлористоводородной кислоте 0,2 % solution of vanillin in hydrochloric acid	
			Окраска в видимой области Coloring in visible area	Окраска в УФ-свете (366 нм) Coloring in UV light (366 nm)	Окраска в видимой области Coloring in visible area	Окраска в УФ-свете (366 нм) Coloring in UV light (366 nm)	Окраска в видимой области Coloring in visible area	Окраска в УФ-свете (366 нм) Coloring in UV light (366 nm)
Трек 3. Неочищенное извлечение после гидролиза Track 3. Unpurified extraction after hydrolysis	1	0,31	-	Серая Gray	-	-	-	-
	2	0,35	Слабо-желтая Light yellow	Зеленая Green	-	-	-	-
	3	0,38	-	-	-	Слабо-зеленая Light green	-	-
	4	0,54	-	Слабо-синяя Light blue	-	Слабо-синяя Light blue	-	-
	5	0,56	-	Зеленая Green	-	-	-	-
	6	0,74	Серая Gray	Красная Red	-	Серая Gray	-	-
Трек 4. Очищенное извлечение Track 4. Purified extraction	1	0,12	Желтая Yellow	Оранжевая Orange	-	-	-	-
	2	0,15	Желтая Yellow	Оранжевая Orange	-	-	-	-
	3	0,27	Желтая Yellow	Оранжевая Orange	-	-	-	-
	4	0,32	Коричневая Brown	Оранжевая Orange	-	-	-	-
Трек 4. Очищенное извлечение Track 4. Purified extraction	5	0,36	Желтая Yellow	Зеленая Green	-	-	Слабо-желтая Light yellow	Слабо-зеленая Light green
	6	0,38	Желтая Yellow	Грязно-зеленая Dirty green	Слабо-желтая Light yellow	Зеленая Green	-	-
	7	0,39	Слабо-желтая Light yellow	Зеленая Green	-	Синяя Dark blue	-	-
	8	0,46	Желтая Yellow	Грязно-зеленая Dirty green	-	Голубая Light blue	-	-
	9	0,54	-	Голубая Light blue	-	Синяя Dark blue	-	-
	10	0,74	Темно-коричневая Dark brown	Красная Red	-	Серая Gray	-	-

Трек, №, название Track №, name	Пятно, № Spot, №	Rf	Серной кислоты раствор 50%-й 50 % solution of sulfuric acid		Фосфорновольфрамовой кислоты спиртовой раствор 25%-й 25 % ethanol solution of phosphotungstic acid		0,2%-й раствор ванилина в хлористоводородной кислоте 0,2 % solution of vanillin in hydrochloric acid	
			Окраска в видимой области Coloring in visible area	Окраска в УФ-свете (366 нм) Coloring in UV light (366 nm)	Окраска в видимой области Coloring in visible area	Окраска в УФ-свете (366 нм) Coloring in UV light (366 nm)	Окраска в видимой области Coloring in visible area	Окраска в УФ-свете (366 нм) Coloring in UV light (366 nm)
Трек 5. Очищенное извлечение после гидролиза Track 5. Purified extraction after hydrolysis	1	0,38	-	Серая Gray	-	-	-	-
	2	0,46	-	Зеленая Green	-	-	-	-
	3	0,74	-	Красная Red	-	-	-	-

Литература

- Курганская С. С. Синюха голубая. *Биология*. 2008;(11):54.
- Башилов А. В. Биохимическая оценка практического использования *Polemonium caeruleum* L. в фармакологии. *Бюллетень Никитского ботанического сада*. 2008;(97):59–62.
- Wang Y., Chen S., Du K., Liang C., Wang S., Owusu Boadi E., Li J., Pang X., He J., Chang Y.-X. Traditional herbal medicine: Therapeutic potential in rheumatoid arthritis. *Journal of Ethnopharmacology*. 2021;279:114368. DOI: 10.1016/j.jep.2021.114368.
- May N., de Sousa Alves Neri J. L., Clunas H., Shi J., Parkes E., Dongol A., Wang Z., Jimenez Naranjo C., Yu Y., Huang X.-F., Charlton K., Weston-Green K. Investigating the Therapeutic Potential of Plants and Plant-Based Medicines: Relevance to Antioxidant and Neuroprotective Effects. *Nutrients*. 2023;15(18):3912. DOI: 10.3390/nu15183912.
- Яблоков Д. Д., Сибирцева А. К. Клинические наблюдения над действием синюхи как отхаркивающего средства. В сб.: Новые лекарственные растения Сибири и их лечебные препараты. 1944. Томск.
- Reznicek G., Jurenitsch J., Kubelka W., Schröder H., Haslinger E., Schöpke T., Hitter K. A. New ester saponin from *Polemonium caeruleum*. *Planta Medica*. 1993;59:A612.
- Самошкина Е. В., Погорелова В. В., Пак А. Н., Шокур О. А., Кондратьева Г. К., Подкорытова Е. А. Изучение возможности применения синюхи голубой (*Polemonium caeruleum* L.) при создании седативных лекарственных средств. *Фармация*. 2022;71(6):34–39.
- Хожаенко Е. В., Пак П. А., Шокур О. А., Кондратьева Г. К., Подкорытова Е. А. Разработка комплексного фитопрепарата на основе синюхи голубой, зверобоя продырявленного, астрагала перепончатого. *Традиционная медицина*. 2022;3(69):47–51. DOI: 10.54296/18186173_2022_3_47.
- Яковичин Л. А., Гришковец В. И. Тритерпеновые сапонины лекарственного препарата Плюща сироп. *Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. Биология. Химия*. 2023;9(75(1)):302–308. DOI: 10.29039/2413-1725-2023-9-1-302-308.
- Деев И. А., Кобякова О. С., Стародубов В. И., Александрова Г. А., Голубев Н. А., Оськов Ю. И., Поликарпов А. В., Шелепова Е. А. и др., ред. Заболеваемость всего населения России в 2023 году с диагнозом, установленным впервые в жизни. М.: ФГБУ «ЦНИИОИЗ» Минздрава России; 2024. 152 с.
- Вайсман Д. Ш. Динамика показателей общей и первичной заболеваемости болезнями нервной системы и показателей их структуры в Российской Федерации в 2019–2024 годах. *Социальные аспекты здоровья населения*. 2025;71(35):3.
- Łaska G., Sieniawska E., Świątek Ł., Zjawiony J., Khan S., Boguszewska A., Stocki M., Angielczyk M., Polz-Dacewicz M. Phytochemistry and biological activities of *Polemonium caeruleum* L. *Phytochemistry Letters*. 2019;30:314–323. DOI: 10.1016/j.phytol.2019.02.017.
- Бугрим Н. А., Носовицкая С. А. Сапонины корней синюхи обыкновенной. *Аптечное дело*. 1953;2(2):45–47.
- Повыдыш М. Н., Лужанин В. Г., Ивкин Д. Ю., Белоусов М. В., Яковлев Г. П. Перспективы использования фитотерапевтических средств при нарушениях жирового и углеводного обмена. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2018;(3):130–135.

15. Компанцева Е. В., Саушкина А. С. Бумажная и тонкослойная хроматография в идентификации гидроксикоричных кислот в растительном сырье. *Химия растительного сырья*. 2023;(3):27–45.
16. Складневская Н. В., Алексеева Ю. С., Понкраторова А. О., Жохова Е. В. Исследование корневищ и корней родиолы розовой методом высокоэффективной тонкослойной хроматографии. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2022;11(3):173–179. DOI: 10.33380/2305-2066-2022-11-3-173-179.
17. Понкраторова А. О., Уэйли А. К., Лужанин В. Г., Жохова Е. В. Использование метода высокоэффективной тонкослойной хроматографии для обнаружения фармакологически активных вторичных метаболитов в водянике черной *Empetrum nigrum* L. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2021;10(4):129–137. DOI: 10.33380/2305-2066-2021-10-4(1)-129-137.
18. Bukharov V. G., Karneeva L. N., Talan V. A. Structure of the carbohydrate chains of polemoniosided B and C. *Chemistry of Natural Compounds*. 1969;5(5):511–515.
19. 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):107–114.

References

1. Kurganskaya S. S. Blue Polemonium. *Biologiya*. 2008;(11):54. (In Russ.)
2. Bashilov A. V. Biochemical assessment of the practical use of *Polemonium caeruleum* L. in pharmacology. *Bulletin of the State Nikitsky Botanical Gardens*. 2008;(97):59–62. (In Russ.)
3. Wang Y., Chen S., Du K., Liang C., Wang S., Owusu Boadi E., Li J., Pang X., He J., Chang Y.-X. Traditional herbal medicine: Therapeutic potential in rheumatoid arthritis. *Journal of Ethnopharmacology*. 2021;279:114368. DOI: 10.1016/j.jep.2021.114368.
4. May N., de Sousa Alves Neri J. L., Clunas H., Shi J., Parkes E., Dongol A., Wang Z., Jimenez Naranjo C., Yu Y., Huang X.-F., Charlton K., Weston-Green K. Investigating the Therapeutic Potential of Plants and Plant-Based Medicines: Relevance to Antioxidant and Neuroprotective Effects. *Nutrients*. 2023;15(18):3912. DOI: 10.3390/nu15183912.
5. Yablokov D. D., Sibirtseva A. K. Clinical observations on the action of Polemonium as an expectorant. In: *New medicinal plants of Siberia and their therapeutic preparations*. 1944. Tomsk. (In Russ.)
6. Reznicek G., Jurenitsch J., Kubelka W., Schröder H., Haslinger E., Schöpke T., Hitter K. A. New ester saponin from *Polemonium caeruleum*. *Planta Medica*. 1993;59:A612.
7. Samoshkina E. V., Pogorelova V. V., Pak A. N., Shokur O. A., Kondratyeva G. K., Podkorytova E. A. Study of the possibility of using *Polemonium caeruleum* L. in the creation of sedative drugs. *Farmatsiya*. 2022;71(6):34–39. (In Russ.)
8. Khozhaenko E. V., Pak P. A., Shokur O. A., Kondrateva G. K., Podkorytova E. A. Development of a complex phytopreparation based on Cyanosis blue, St. John's wort, Astragalus membranous. *Traditsionnaya Meditsina*. 2022;3(69):47–51. (In Russ.) DOI: 10.54296/18186173_2022_3_47.
9. Yakovishin L. A., Grishkovets V. I. Triterpene saponins of the medicinal preparation Ivy Syrup. *Uchenye Zapiski Krymskogo Federal'nogo Universiteta Imeni V. I. Vernadskogo. Biologiya. Khimiya*. 2023;9(75(1)):302–308. (In Russ.) DOI: 10.29039/2413-1725-2023-9-1-302-308.
10. Deev I. A., Kobyakova O. S., Starodubov V. I., Aleksandrova G. A., Golubev N. A., Oskov Yu. I., Polikarpov A. V., Shelepova E. A. et al., editors. *Morbidity of the entire population of Russia in 2023 with a diagnosis established for the first time in life*. Moscow: FGBU "TsNII OIZ" of the Ministry of Health of Russia; 2024. 152 p. (In Russ.)
11. Weisman D. Sh. Dynamics of indicators of general and primary morbidity of nervous system diseases and indicators of their structure in the Russian Federation in 2019–2024. *Sotsial'nye Aspekty Zdorov'ya Naseleniya*. 2025;71(35):3. (In Russ.)
12. Łaska G., Sieniawska E., Świątek Ł., Zjawiony J., Khan S., Boguszewska A., Stocki M., Angielczyk M., Polz-Dacewicz M. Phytochemistry and biological activities of *Polemonium caeruleum* L. *Phytochemistry Letters*. 2019;30:314–323. DOI: 10.1016/j.phytol.2019.02.017.
13. Bugrim N. A., Nosovitskaya S. A. Saponins of the roots of common Polemonium. *Aptechnoe Delo*. 1953;2(2):45–47. (In Russ.)
14. Povydysh M. N., Luzhanin V. G., Ivkin D. Yu., Belousov M. V., Yakovlev G. P. Prospects of using phytotherapy at disorders of fat and carbohydrate metabolism. *Drug development & registration*. 2018;(3):130–135. (In Russ.)
15. Compantseva E. V., Saushkina A. S. Paper and thin-layer chromatography in the identification of hydroxycinnamic acids in plant materials. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*. 2023;(3):27–45. (In Russ.)
16. Sklyarevskaya N. V., Alexeeva Yu. S., Ponkratorova A. O., Zhokhova E. V. Research of *Rhodiola rosea* Rhizomes and Roots Using High Performance Thin Layer Chromatography. *Drug development & registration*. 2022;11(3):173–179. (In Russ.) DOI: 10.33380/2305-2066-2022-11-3-173-179.
17. Ponkratorova A. O., Whaley A. K., Luzhanin V. G., Zhokhova E. V. Using high performance thin layer chromatography for the detection of pharmacologically active secondary metabolites in *Empetrum nigrum* L. *Drug development & registration*. 2021;10(4):129–137. (In Russ.) DOI: 10.33380/2305-2066-2021-10-4(1)-129-137.
18. Bukharov V. G., Karneeva L. N., Talan V. A. Structure of the carbohydrate chains of polemoniosided B and C. *Chemistry of Natural Compounds*. 1969;5(5):511–515.
19. Gudkova A. A., Shestakova G. Y., Slivkin A. I., Chistyakova A. S., Agafonov V. A., Chavro P. V. Study of carbohydrate composition of blue blue (*Polemonium caeruleum* L.). *Chemistry of plant raw material*. 2021;3:107–114. (In Russ.)