

Фармакогностическое исследование подземных и надземных органов *Echium vulgare* (L.)

Д.С. Круглов, А.В. Богданов, В.В. Величко

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия

АННОТАЦИЯ

В в е д е н и е . Растения рода *Echium* L. являются перспективным источником биологически активных соединений (БАС) фенольной и нафтохиноновой природы, однако их фармакогностические характеристики изучены недостаточно.

Ц е л ь . Установление диагностических признаков надземных и подземных органов *E. vulgare* и количественное определение содержания наиболее значимых групп БАС.

М а т е р и а л ы и м е т о д ы . Объектами исследования служили подземные и надземные органы растения, заготовленные в Новосибирской области. Проведены микроскопические исследования анатомического строения растения с использованием светового и сканирующего электронного микроскопов, а также спектрофотометрическое и титриметрическое определение содержания флавоноидов, гидроксикоричных кислот, дубильных веществ, полисахаридов и нафтохинонов.

Р е з у л ь т а т ы . Установлены диагностические анатомические признаки корней, стеблей, листьев и генеративных органов. Показано, что надземные органы характеризуются высоким содержанием флавоноидов ($1,35 \pm 0,15$ %) и гидроксикоричных кислот ($1,85 \pm 0,2$ %), тогда как в корнях преобладают нафтохиноны (шиконин – $0,034 \pm 0,06$ %).

З а к л ю ч е н и е . *Echium vulgare* L. представляет собой перспективный источник фенольных соединений и нафтохинонов. Полученные данные могут быть использованы при разработке методов стандартизации и создании фитопрепаратов.

Ключевые слова: *Echium vulgare*, фармакогнозия, флавоноиды, гидроксикоричные кислоты, шиконин, морфолого-анатомический анализ.

Образец цитирования: Круглов Д.С., Богданов А.В., Величко В.В. Фармакогностическое исследование подземных и надземных органов *Echium vulgare* (L.) // Journal of Siberian Medical Sciences. 2026;10(3):71-81. DOI: 10.31549/2542-1174-2026-10-3-71-81

Pharmacognostic study of underground and aboveground organs of *Echium vulgare* (L.)

D.S. Kruglov, A.V. Bogdanov, V.V. Velichko

Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia

ABSTRACT

I n t r o d u c t i o n . Plants of the genus *Echium* L. are a promising source of biologically active compounds (BACs), including phenols and naphthoquinones, however, their pharmacognostic characteristics have been insufficiently studied.

A i m . Determination of morphological and anatomical features of the aboveground and underground organs of *Echium vulgare* L. and quantification of the main groups of BACs.

Поступила в редакцию 15.12.2025
Прошла рецензирование 02.02.2026
Принята к публикации 19.02.2026

Автор, ответственный за переписку
Величко Виктория Владимировна: ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России. 630091, г. Новосибирск, Красный просп., 52.
E-mail: velichkvik@rambler.ru

Received 15.12.2025
Revised 02.02.2026
Accepted 19.02.2026

Corresponding author
Victoria V. Velichko: Novosibirsk State Medical University, 52, Krasny prosp., Novosibirsk, 630091, Russia.
E-mail: velichkvik@rambler.ru

Materials and methods. The objects of the study were the underground and aboveground organs of the plant harvested in the Novosibirsk region. Microscopic examinations of the plant anatomy were carried out using light and scanning electron microscopes, as well as quantification of flavonoids, hydroxycinnamic acids, tannins, polysaccharides, and naphthoquinones was performed with spectrophotometry and titrimetry.

Results. Diagnostic anatomical features of the roots, stems, leaves, and reproductive organs were established. It was shown that the aboveground organs have a high content of flavonoids ($1,35 \pm 0,15\%$) and hydroxycinnamic acids ($1,85 \pm 0,2\%$), whereas naphthoquinones predominate in the roots (shikonin: $0,034 \pm 0,06\%$).

Conclusion. *Echium vulgare* L. represents a promising source of phenolic compounds and naphthoquinones. The data obtained can be used in the development of methods for standardization and herbal medicinal products.

Keywords: *Echium vulgare*, pharmacognosy, flavonoids, hydroxycinnamic acids, shikonin, morphological and anatomical analysis.

Citation example: Kruglov D.S., Bogdanov A.V., Velichko V.V. Pharmacognostic study of underground and aboveground organs of *Echium vulgare* (L.). *Journal of Siberian Medical Sciences*. 2026;10(3):71-81. DOI: 10.31549/2542-1174-2026-10-3-71-81

ВВЕДЕНИЕ

Растения семейства *Boraginaceae* содержат разнообразные биологически активные соединения (БАС), в основном фенольной природы [1–3], обладающие широким спектром фармакологической активности, в частности противомикробной, противовирусной, противовоспалительной и антиагрегантной [4, 5]. В семействе выделяют несколько триб, в том числе трибу воробейниковых, для растений которой характерно наличие в составе соединений нафтохинонового ряда – например, шиконина. Нафтохиноны обладают выраженной биологической активностью, включая противоопухолевое действие [6].

В трибе воробейниковых можно выделить род *Echium* (E.) L., объединяющий, согласно последней классификации Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV), около 70 видов травянистых растений, широко распространенных в Европе, Средиземноморье и Западной Азии, обладающих высокой экологической пластичностью и значительной сырьевой продуктивностью, что определяет их потенциальную фармакогностическую ценность. Представители рода *Echium* издавна применялись в народной медицине Европы и Ближнего Востока. Настои из надземных и подземных органов растения использовали как противовоспалительное, седативное, ранозаживляющее и отхаркивающее средство при заболеваниях дыхательных путей, воспалениях кожи и желудочно-кишечных расстройствах [7].

Современные исследования подтверждают наличие у различных видов *Echium* антиоксидантной, антимикробной, противовоспалительной и цитопротекторной активности [6]. Экспери-

INTRODUCTION

Plants of the *Boraginaceae* family contain a variety of biologically active compounds (BACs), primarily of phenolic nature [1–3], possessing a broad spectrum of pharmacological activity, antimicrobial, antiviral, anti-inflammatory, and antiplatelet in particular [4, 5]. Several tribes are distinguished within the family, including the tribe *Lithospermeae*, whose plants are characterized by the presence of naphthoquinone compounds, such as shikonin. Naphthoquinones exhibit pronounced biological activity, including antitumor effects [6].

Within the tribe *Lithospermeae*, the genus *Echium* (E.) L. can be distinguished, which, according to the latest of the Angiosperm Phylogeny Group IV (APG IV) classification, comprises about 70 species of herbaceous plants that are widely distributed in Europe, the Mediterranean, and Western Asia, and exhibit high ecological adaptability and significant raw material-based productivity, which determines their potential pharmacognostic value. Representatives of the genus *Echium* have long been used in folk medicine of Europe and the Middle East. Extracts from the aboveground and underground organs of the plant were used as anti-inflammatory, sedative, wound-healing, and expectorant agents for respiratory diseases, skin inflammations, and gastrointestinal disorders [7].

Modern studies confirm the presence of antioxidant, antimicrobial, anti-inflammatory, and cytoprotective activities in various species of the genus *Echium* [6]. Experimental data show that extracts from *Echium amoenum* Fisch. & C.A. Mey. exhibit a pronounced anti-inflammatory effect in cell line models by inhibiting nitric oxide production by mac-

ментальные данные показывают, что извлечения из травы синяка приятного (*E. atoenum* Fisch. & С.А. Меу.) проявляют выраженное противовоспалительное действие на клеточных моделях за счет ингибирования продукции оксида азота макрофагами [8]. Фармакологическая активность растений рода напрямую связана с их вторичным метаболизмом, прежде всего с присутствием нафтохиноновых пигментов и фенольных соединений. Существенным фактором, ограничивающим медицинское применение растений семейства *Boraginaceae* в целом и рода *Echium* в частности, является присутствие пирролизидиновых алкалоидов, обладающих гепатотоксическими свойствами. Вместе с тем в нашем исследовании [9] показано, что содержание данной группы БАС в растениях трибы воробейниковых незначительно и не вызывает проявления острой токсичности при применении фитопрепаратов.

Следует отметить, что *E. plantagineum* L., считающийся дикорастущим видом [10], в России имеет заносный характер [11, 12] и, конечно, не может рассматриваться как источник лекарственного растительного сырья. В свою очередь, синяк русский (*E. rossicum* Gmel.), также рассматриваемый как вид рода *Echium* [10], по данным генетического анализа в рамках классификации APG IV определен как *Pontechium maculatum* (L.) Böhle & Hilger и выделен в отдельный род *Pontechium* Böhle & Hilger [13], поэтому в настоящее время к роду *Echium* отношения не имеет.

С учетом современных представлений, основанных на результатах молекулярно-генетических исследований [14], из представителей рода *Echium* на территории России произрастают только два вида синяка – синяк обыкновенный (*E. vulgare* L.) и синяк итальянский (*E. italicum* L.) (рис. 1).

Из этих двух видов только *E. vulgare* L. имеет необходимый ресурсный потенциал и является перспективным для проведения скрининга новых лекарственных растений.

Синяк обыкновенный (*E. vulgare* L.) – двулетнее травянистое растение высотой до 1 м, с прямым стеблем с линейно-ланцетными листьями и зигоморфными цветками синего цвета. Данные о химическом составе растения имеют разрозненный характер, при этом в большей степени исследована подземная часть растения.

Общий фитохимический анализ, проведенный ранее [16], позволил выделить в качестве определяющих фармакологический эффект гидроксикоричные кислоты, флавоноиды, нафтохиноны и их дериваты, а также дубильные вещества и полисахариды.

рофages [8]. The pharmacological activity of plants of the genus is directly related to their secondary metabolism, primarily due to the presence of naphthoquinone pigments and phenolic compounds. A significant factor limiting the medical use of plants of the *Boraginaceae* family on the whole and the genus *Echium* in particular is the presence of pyrrolizidine alkaloids with hepatotoxic properties. However, our study [9] has shown that the content of this group of BACs in plants of the tribe *Lithospermeae* is insignificant and does not cause acute toxicity when using herbal medicinal products.

It should be noted that *E. plantagineum* L., considered a wild species [10], is a stranger in Russia [11, 12] and, obviously, cannot be viewed as a source of medicinal raw materials. In turn, *E. rossicum* Gmel., also considered as a species of the genus *Echium* [10], according to genetic analysis within the framework of the APG IV classification, was identified as *Pontechium maculatum* (L.) Böhle & Hilger, and was allocated to a separate genus *Pontechium* Böhle & Hilger [13], therefore, it is not currently related to the genus *Echium*.

Considering current concepts based on the results of molecular genetic studies [14], only two species of the genus *Echium* grow up in Russia – *E. vulgare* L. and *E. italicum* L. (Fig. 1).

Of these two species, only *E. vulgare* L. has the necessary resource potential and is promising for screening new medicinal plants.

E. vulgare L. is a biennial herbaceous plant that can grow up to 1 m in height, with an erect stem, linear-lanceolate leaves, and zygomorphic blue flowers. Data on the chemical composition of the plant are fragmentary; moreover, the underground part of the plant being studied to a greater extent.

A general phytochemical analysis performed [16] made it possible to identify hydroxycinnamic acids, flavonoids, naphthoquinones and their derivatives as well as tannins and polysaccharides as the compounds determining the pharmacological effect.

AIM OF THE RESEARCH

Identification of morphological and anatomical features of the aboveground and underground organs of *Echium vulgare* L. and quantification of the main groups of BACs.

MATERIALS AND METHODS

The objects of the study were the underground and aboveground organs of *E. vulgare*, harvested in the summer of 2025 in the Novosibirsk region (steppe meadow in the vicinity of the village of Morozovo, Iskitimsky District, 54°77' N, 83°23' E). After

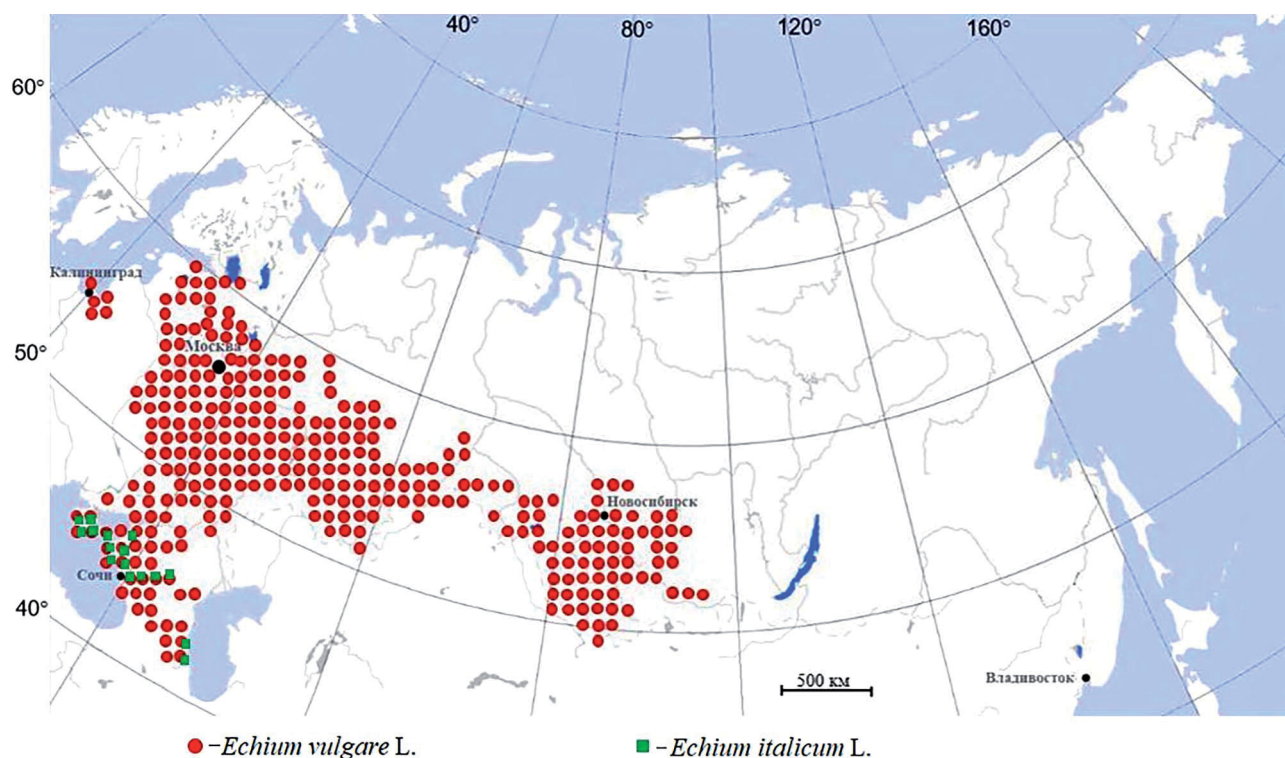


Рис. 1. Ареалы произрастания растений рода *Echium* L. на территории России (по [15])
Fig. 1. Habitats of plants of the genus *Echium* L. in the territory of Russia (according to [15])

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Установление диагностических признаков надземных и подземных органов *E. vulgare* и количественное определение содержания наиболее значимых групп БАС.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объектов исследования выступали подземные и надземные органы *E. vulgare*, заготовленные летом 2025 г. на территории Новосибирской области (остепненный луг в окрестностях с. Морозово Искитимского района 54°77' с.ш., 83°23' в.д.). После заготовки проводили первичную обработку сырья: надземные органы очищали от поврежденных частей, а корни быстро промывали в проточной воде и разрезали на куски длиной 2–3 см (части корней более 1 см в диаметре разрезали вдоль). Сырье сушили до воздушно-сухого состояния при комнатной температуре в помещении, исключая попадание на сырье прямого солнечного света.

Для определения микроморфологического строения листьев проводили предварительное размачивание объектов путем кипячения в течение одной минуты в 5% водном растворе натрия гидроксида. Анатомическое строение осевых органов исследовали на поперечных срезах кор-

harvesting, primary processing of the raw material was carried out: the aboveground organs were cleaned of damaged parts, and the roots were quickly washed in running water and cut into pieces 2–3 cm long (root parts more than 1 cm in diameter were cut lengthwise). The raw material was dried to an air-dry state at room temperature indoors, excluding exposure to direct sunlight.

To determine the micromorphological structure of the leaves, the objects were preliminarily macerated by boiling for one minute in a 5% aqueous solution of sodium hydroxide. The anatomical structure of the axial organs was examined on transversal sections of roots and stems, which were preliminarily exposed for 2 months to a the fixing solution of water : glycerin : 95% ethanol at a ratio of 1:1:1. A mixture of water and glycerin at a ratio of 1:1 was used as a mounting and clearing liquid. To identify lignified elements in the root structure, sections were stained with a 0,1% solution of paranitroaniline. Microscopic examination was carried out using a Zeiss Axio Scope.A1 microscope at magnifications ×25–400 in transmitted light. The obtained images were recorded using a Zeiss AxioCam 512 color digital camera. The ultrastructure of the fruits was examined using a MERLIN Compact scanning electron microscope (Carl Zeiss).

ней и стеблей, которые предварительно выдерживали в течение 2 мес в фиксирующем растворе вода : глицерин : 95% этанол в соотношении 1:1:1. В качестве заключающей и просветляющей жидкостей использовали смесь воды и глицерина в соотношении 1:1. Для выявления лигнифицированных элементов в структуре корней проводили окрашивание срезов 0,1% раствором паранитроанилина. Микроскопическое исследование проводили с использованием микроскопа Zeiss Axio Scope.A1 при увеличении 25–400 в проходящем свете. Полученные изображения фиксировали с помощью цифровой фотокамеры Zeiss AxioCam 512 color. Ультраструктуру плодов исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа MERLIN Compact (Carl Zeiss).

Для изучения компонентного и количественного состава сырья методом спектрофотометрии использовали суммарные извлечения. В качестве экстрагента для их получения использовали 70% этанол (для извлечения оксикоричных кислот и флавоноидов) и воду очищенную (для извлечения дубильных веществ и полисахаридов). Спектры поглощения определяли на спектрофотометре СФ-56 (АО «ЛОМО», Санкт Петербург, Россия) в диапазоне волн от 200 до 600 нм в кювете с толщиной поглощающего слоя 10 мм. Для количественного определения флавоноидов использовали метод дифференциальной спектрофотометрии, который основан на поглощении света хромогенным комплексом, образованным в результате взаимодействия извлечения с 2% раствором алюминия хлорида в 95% этаноле при длине волны 410 нм. Количественное определение суммы оксикоричных кислот проводили методом прямой спектрофотометрии при длине волны 330 нм (характерный максимум поглощения розмариновой кислоты). Количественное определение дубильных веществ проводили методом титрования в соответствии с ОФС «Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных средствах растительного происхождения» в пересчете на катехин. Содержание полисахаридов определяли гравиметрически [17].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В результате морфо-анатомических исследований установлено следующее:

- корни *E. vulgare* имеют непучковое вторичное строение (рис. 2, А) с вместилищами схизогенной структуры в коровой части корня (рис. 2, В, С), в которых накапливается шиконин;

To carry out compositional assay and quantitative chemical assay of the raw material by spectrophotometry, total extracts were used. In order to obtain them, 70% ethanol (for extraction of hydroxycinnamic acids and flavonoids) and purified water (for extraction of tannins and polysaccharides) were used as extractants. Absorption spectra were determined on an SF-56 spectrophotometer (LOMO JSC, St. Petersburg, Russia) at a wavelength range from 200 to 600 nm in a cell with thickness of an absorbing layer of 10 mm. For quantitative determination of flavonoids, differential spectrophotometry method was used, which is based on the absorption of UV light by a chromogenic complex formed by the interaction of the extract with a 2% solution of aluminum chloride in 95% ethanol at a wavelength of 410 nm. Quantification of the sum of hydroxycinnamic acids was carried out by direct spectrophotometry at a wavelength of 330 nm (characteristic absorption maximum of rosmarinic acid). Quantification of tannins was carried out by titration in accordance with the General Pharmacopoeia Monograph "Determination of the content of tannins in medicinal plant raw materials and medicinal herbal products" in terms of catechin. The content of polysaccharides was determined gravimetrically [17].

RESULTS AND DISCUSSION

The morphological examination of plant organs showed the following:

- roots of *E. vulgare* have a non-fascicular secondary structure (Fig. 2, A) with schizogenous conceptacles in the bark layer of the root (Fig. 2, B, C), where shikonin accumulates;

- the stem morphology is secondary, non-fascicular; the covering layer of the epidermis and the pubescence are represented by rigid trichomes – emergences;

- leaves have an amphistomatic structure. The epidermis of the upper part is represented by straight-sided cells and is thickly pubescent with long (up to 3 mm) straight and curved hairs (Fig. 2, D); along the leaf veins, a crystal-bearing sheath (Fig. 2, E) consisting of prismatic crystals is located;

- epidermal cells of the lower side are characterized by sinuated walls, and stomata of anamocytic type (Fig. 2, F) located mainly on the lower side of the leaf as well.

The reproductive organs have a number of features:

- the pistil is two-forked, up to 1 mm of the style length (Fig. 3, A); the stigma has cells capturing pol-

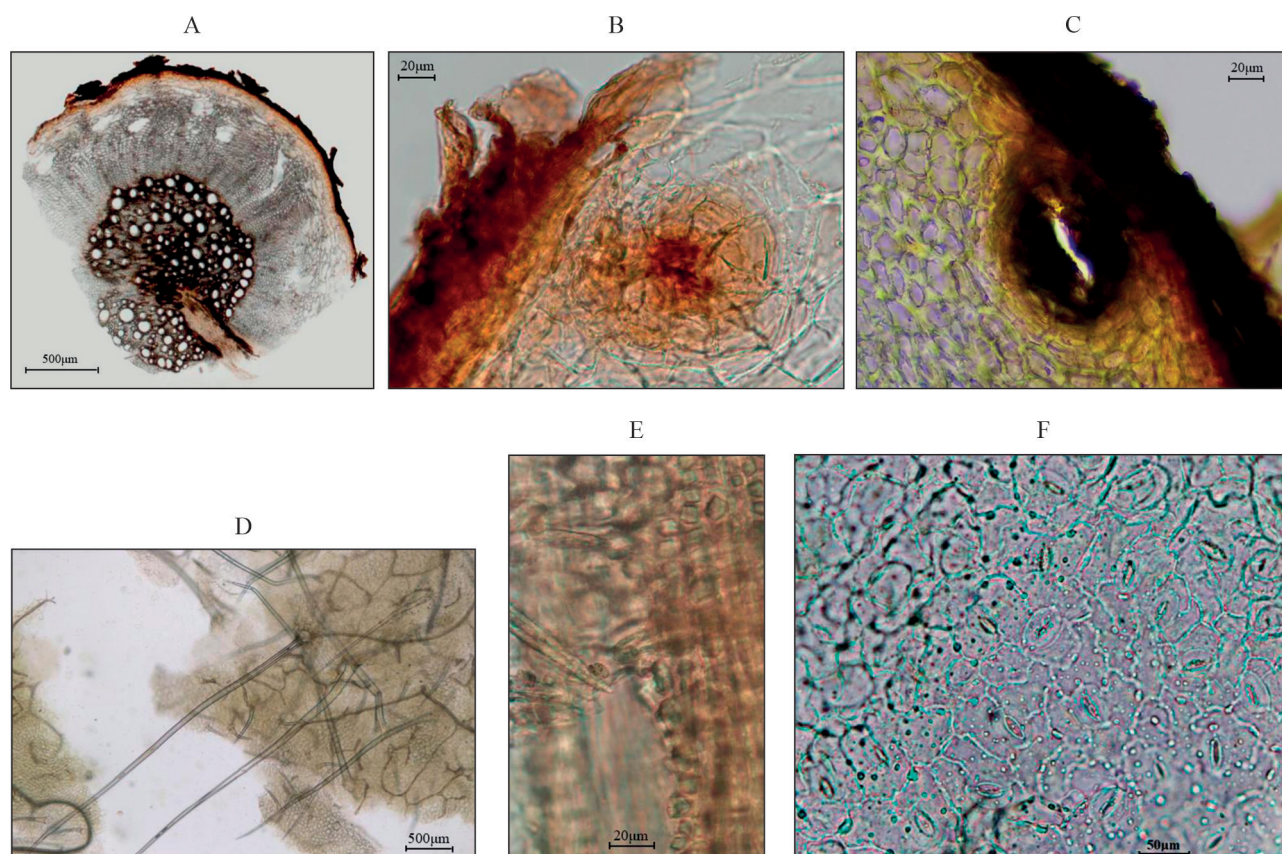


Рис. 2. Строение корня и листовой пластинки *E. vulgare*
Fig. 2. The structure of the root and leaf blade of *E. vulgare*

- строение стебля вторичное, непучковое; покровная ткань эпидерма, опушение представлено жесткими трихомами – эмергенцами;

- лист имеет амфистоматическое строение. Эпидерма верхней части представлена прямостенными клетками и густо опушена длинными (до 3 мм) прямыми и изогнутыми волосками (рис. 2, D), вдоль жилок листа располагается кристаллоносная обкладка (рис. 2, E), состоящая из призматических кристаллов;

- клетки эпидермы нижней стороны извилистостенные, устьица анамоцитного типа (рис. 2, F), также расположены преимущественно на нижней стороне листа;

Генеративные органы имеют ряд особенностей:

- пестик раздвоенный до 1 мм длины столбика (рис. 3, A), на рыльце имеются извилистостенные пыльцеуловительные клетки (рис. 3, B), пестик опушен одноклеточными волосками;

- тычинка состоит из двух пыльников округлой формы диаметром 0,5–0,7 мм (рис. 3, C), сама пыльца эллипсоидальной формы длиной до 20 мкм (рис. 3, D).

Плоды имеют вид неправильной треугольной пирамиды высотой около 3 мм, ширина у основа-

len with sinuated walls (Fig. 3, B), the pistil is pubescent with unicellular hairs;

- the stamen consists of two rounded anthers with a diameter of 0,5–0,7 mm (Fig. 3, C), the ellipsoid-shaped pollen is up to 20 µm long (Fig. 3, D).

The fruits have the shape of an irregular triangular pyramid approximately 3 mm in height, with a width at the base of approximately 1 mm (Fig. 3, E) and an indistinct cicatrix (Fig. 3, F).

Analysis of the spectrum obtained for extracts from roots and leaves (Fig. 4) shows that hydroxycinnamic acids are present in trace amounts in the roots, whereas the absorption spectrum of the grass extract exhibits a maximum at 330 nm, which corresponds to the spectrum of the standard sample of rosmarinic acid.

The absence of the bathochromic shift in the spectrum of the solution, formed after 2% solution of aluminum chloride was added to the extract, indicated trace amounts of flavonoids in the underground organs, whereas the spectrum of the grass extract, obtained under the same conditions, exhibited a shift in the absorption maximum from 360 to 410 nm, characteristic of rutin.

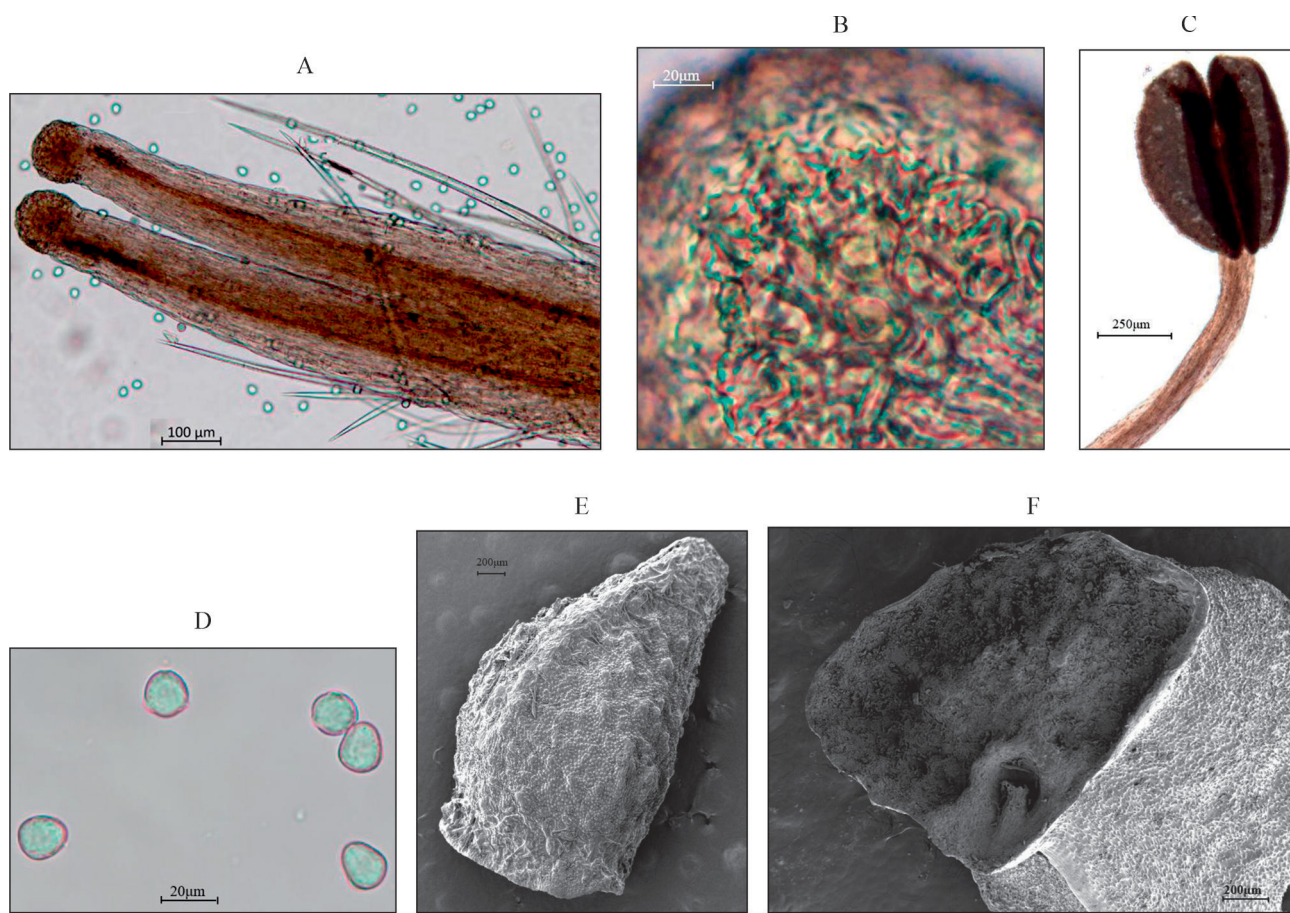


Рис. 3. Генеративные органы *E. vulgare*
Fig. 3. Reproductive organs of *E. vulgare*

ния около 1 мм (рис. 3, E), с неявно выраженным цикатриком (рис. 3, F).

Анализ спектра, полученного при исследовании извлечений из корней и листьев (рис. 4), показывает, что гидроксикоричные кислоты в корнях находятся в следовых количествах, в то время как на спектре извлечения из травы присутствует максимум поглощения при 330 нм, что соответствует спектру стандартного образца розмариновой кислоты.

Отсутствие батохромного сдвига в спектре раствора, образующегося при добавлении к извлечению 2% раствора алюминия хлорида, свидетельствует о следовых количествах флавоноидов в подземных органах, тогда как в спектре извлечения из травы в тех же условиях обнаруживался сдвиг максимума поглощения с 360 на 410 нм, что характерно для рутина.

Спектр в диапазоне 300–600 нм (см. рис. 4) показал наличие максимумов поглощения для извлечения из травы в диапазоне 420–430 и 460 нм, а для поглощения извлечения из корня – в диапазоне 485–495 и 520 нм.

The spectrum at a range of 300–600 nm (Fig. 4) showed the presence of absorption maximums for the grass extract at a range of 420–430 and 460 nm and for the root extract – at the ranges of 485–495 and 520 nm.

Such spectra are characteristic of shikonin (495 and 520 nm [18]) and geranylhydroquinone (420–460 nm [19]). It should be noted that shikonin biosynthesis [20] begins in the leaves, where geranyl-geranyl pyrophosphate, interacting with 4-hydroxybenzoic acid, forms geranylhydroquinone, which is then enzymatically transformed into shikonin in the roots. The shikonin that is obtaining accumulates in the bark layer of the root in schizogenous conceptacles.

The content of various BACs in the aboveground and underground organs of *E. vulgare* is shown in Table 1.

As expected, the content of tannins and polysaccharides in the aboveground organs was higher than in the underground ones. The phenolic complex, consisting of flavonoids and hydroxycinnamic acids, is virtually absent in the underground organs. It is noteworthy that the content of the shikonin

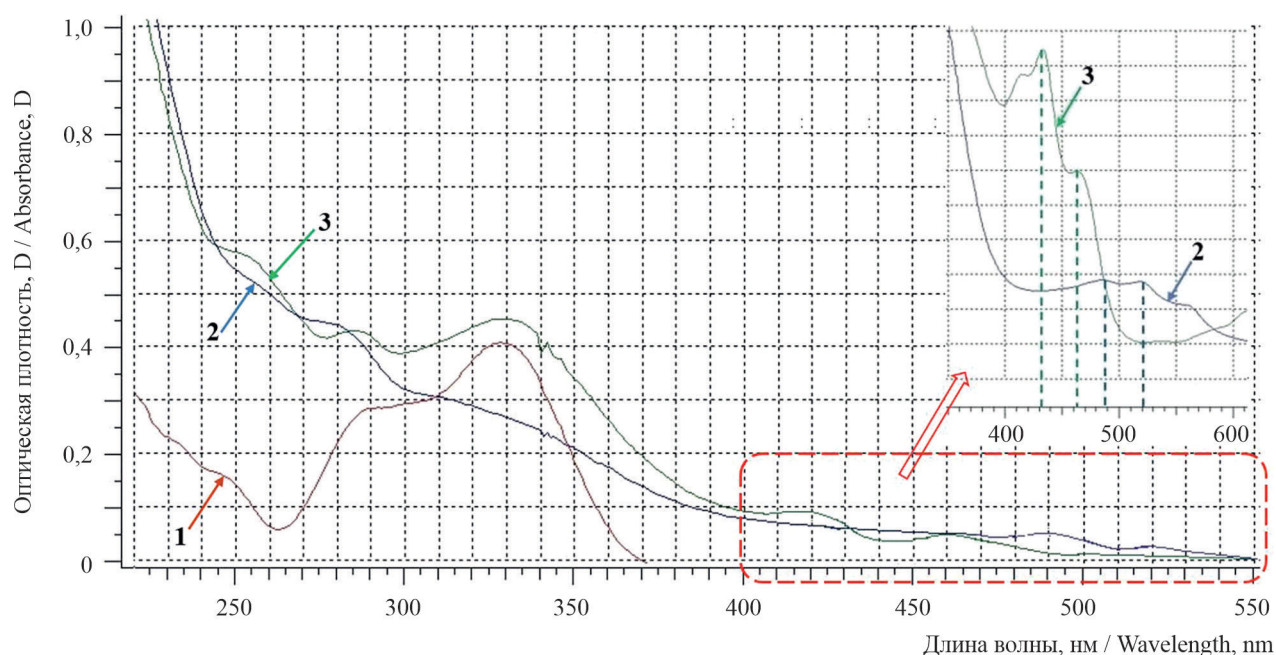


Рис. 4. УФ-спектр извлечений из корней (2), травы (3) *E. vulgare*;
1 – раствор стандартного образца розмариновой кислоты
Fig. 4. Ultraviolet spectra of extracts from roots (2), grass (3) of *E. vulgare*;
1 – solution of the standard sample of rosmarinic acid

Подобные спектры характерны для шиконина (495 и 520 нм [18]) и геранилгидрохинона 420–460 нм [19]. Следует обратить внимание, что биосинтез шиконина [20] начинается в листьях, где геранил-геранилпирофосфат, взаимодействуя с 4-гидроксibenзойной кислотой, образует геранилгидрохинон, который уже в корнях ферментативно переходит в шиконин. Образующийся шиконин накапливается в коровой части корня в склизгенных вместилищах.

Содержание различных БАС в надземных и подземных органах *E. vulgare* приведено в табл. 1.

precursor, geranylhydroquinone, in the grass was 0,29%, which is an order of magnitude higher than the content of shikonin formed from it in the roots – 0,034%.

CONCLUSION

The pharmacognostic study of the underground and aboveground organs of *E. vulgare* L. has made it possible to comprehensively characterize the morphological, anatomical, and phytochemical features of this species, important for the standardization of raw materials.

Таблица 1. Содержание основных групп биологически активных соединений в надземных и подземных органах *E. vulgare* (%)

Table 1. The content of the main groups of biologically active compounds in the aboveground and underground organs of *E. vulgare* (%)

Биологически активные соединения Biologically active compounds	Трава Grass	Корни Roots
Флавоноиды (в пересчете на рутин) Flavonoids (in terms of rutin)	1,35 ± 0,15	Не обнаружены / Not detected
Гидроксикоричные кислоты (в пересчете на розмариновую кислоту) Hydroxycinnamic acids (in terms of rosmarinic acid)	1,85 ± 0,2	0,08 ± 0,02
Геранилгидрохинон / Geranylhydroquinone	0,29 ± 0,04	Не обнаружен / Not detected
Шиконин / Shikonin	Не обнаружен / Not detected	0,034 ± 0,06
Дубильные вещества (в пересчете на катехин) Tannins (in terms of catechin)	7,2 ± 0,8	4,0 ± 0,4
Полисахариды / Polysaccharides	5,3 ± 0,5	1,26 ± 0,2

Содержание дубильных веществ и полисахаридов в надземных органах оказалось ожидаемо выше, чем в подземных. Фенольный комплекс, представленный флавоноидами и гидроксикоричными кислотами, практически отсутствует в подземных органах. Следует обратить внимание, что содержание предшественника шиконина – геранилгидрохинона – в траве составило 0,29 %, что на порядок больше содержания образующегося из него шиконина в корнях – 0,034%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное фармакогностическое исследование подземных и надземных органов *E. vulgare* L. позволило комплексно охарактеризовать морфолого-анатомические и фитохимические особенности данного вида, что имеет значение для стандартизации сырья.

Установлены диагностически значимые признаки: для корней характерно вторичное непучковое строение и наличие схизогенных вместилищ, служащих местом накопления нафтохинонов; стебель также имеет вторичное строение, а эпидерма покрыта жесткими трихомами; листья характеризуются амфистоматическим строением, выраженным опушением и наличием кристаллоносных клеток; генеративные органы (пестик, тычина и плоды) имеют специфическое строением.

Трава и корни *E. vulgare* L. существенно различаются по содержанию фенольных соединений: в подземных органах флавоноиды практически отсутствуют, а гидроксикоричные кислоты присутствуют в следовых количествах, при этом доминируют нафтохиноновые соединения (шиконин); в листьях преобладают БАС фенольной природы. Данные закономерности подтверждают органоспецифичность метаболизма.

Полученные данные согласуются с современными представлениями о биосинтезе производных нафтохинона: промежуточные соединения формируются в листьях и далее трансформируются в корнях с накоплением конечных продуктов, что подтверждает функциональную дифференцировку органов растения.

Полученные результаты обосновывают перспективность дальнейших фармакогностических и фармакологических исследований *Echium vulgare* L., так как трава этого растения может служить источником фенольных соединений с предполагаемой антиоксидантной активностью, а корни – источником нафтохинонов с противовоспалительным действием.

Diagnostically significant features have been established: the roots are characterized by a secondary non-fascicular structure and the presence of schizogenous conceptacles where naphthoquinone accumulates; the stem also has a secondary structure, and the epidermis is covered with rigid trichomes; the leaves are characterized by an amphistomatic structure, pronounced pubescence, and the presence of crystal-bearing cells; the reproductive organs (pistil, stamen, and fruits) have a specific structure.

The grass and roots of *E. vulgare* L. differ significantly in the content of phenolic compounds: in the underground organs, flavonoids are virtually absent, and hydroxycinnamic acids are present in trace amounts, while naphthoquinone compounds (shikonin) dominate. In the leaves, phenolic BACs prevail. These patterns confirm the organospecific character of metabolism.

The data obtained are consistent with the current concepts of the biosynthesis of naphthoquinone derivatives: intermediate compounds are formed in the leaves and then transformed in the roots accumulating final products, which confirms the functional differentiation of plant organs.

The results obtained substantiate further promising pharmacognostic and pharmacological research of *Echium vulgare* L., since the grass of this plant can serve as a source of phenolic compounds with suspected antioxidant activity, and the roots – as a source of naphthoquinones with anti-inflammatory effects.

Acknowledgements. The authors are grateful to the Center for Collective Use of Microscopic Analysis of Biological Objects of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (<http://www.bionet.nsc.ru/microscopy/>) for the equipment provided, and to the Leading Engineer of the Center – T.E. Aleshina for her assistance in working with the Center's equipment.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Благодарности. Авторы благодарны Центру коллективного пользования микроскопического анализа биологических объектов СО РАН (<http://www.bionet.nsc.ru/microscopy/>) за предоставленное оборудование и ведущему инженеру центра Т.Е. Алешиной за помощь при работе на оборудовании центра.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тамахина А.Я. Микроморфологические особенности эпидермы листьев и вторичные метаболиты перспективного лекарственного растения чернокорня лекарственного (*Cynoglossum officinale* L.) флоры Кабардино-Балкарии // Известия Горского государственного аграрного университета. 2023;60(2):118-128. DOI: 10.54258/20701047_2023_60_2_118.
2. Dresler S., Szymczak G., Wójcik M. Comparison of some secondary metabolite content in the seventeen species of the Boraginaceae family // *Pharm. Biol.* 2017;55(1):691-695. DOI: 10.1080/13880209.2016.1265986.
3. Chrzanowska E., Denisow B., Ekiert H., Pietrzyk Ł. Metabolites obtained from Boraginaceae plants as potential cosmetic ingredients – a review // *Molecules.* 2024;29(21):5088. DOI: 10.3390/molecules29215088.
4. Yan Y., Wei X., Qiu B. et al. Exploring pharmaphylogeny from multiple perspectives: a case study on Lithospermeae // *Sci. Reports.* 2023;13(1):7636. DOI: 10.1038/s41598-023-34830-4.
5. Kararenk A.C., Sönmez H.R., Asgarli T. et al. Comprehensive analysis of elemental and metabolite composition in Boraginaceae species from Türkiye // *Chem. Biodivers.* 2025;22(5):e202402331. DOI: 10.1002/cbdv.202402331.
6. Sheydaei P., Amaral M.E., Duarte A.P. Genus *Echium* L.: Phytochemical characterization and bioactivity evaluation for drug discovery // *Plants (Basel).* 2025;14(16):2548. DOI: 10.3390/plants14162548.
7. Terzieva S., Grozeva N., Tzanova M. A review of the main biologically active compounds of the genus *Echium* L., naturally distributed in Bulgaria, and their pharmacological potential // *Pharmaceuticals.* 2025;18(11):1618. DOI: 10.3390/ph18111618.
8. Naseri N., Kalantar K., Amirghofran Z. Anti-inflammatory activity of *Echium amoenum* extract on macrophages mediated by inhibition of inflammatory mediators and cytokines expression // *Res. Pharm. Sci.* 2018;13(1):73-81. DOI: 10.4103/1735-5362.220970.
9. Величко В.В., Оленников Д.Н., Олешко Е.Д. и др. Пирролизидиновые алкалоиды растений семейства Boraginaceae и оценка безопасности их применения по критерию острой токсичности // Регуляторные исследования и экспертиза лекарственных средств. 2025;15(6):701-711. DOI: 10.30895/1991-2919-2025-15-6-701-711.
10. Дайронас Ж.В. Сравнительное исследование нафтохинонов трех видов рода синяк (*Echium*) семейства бурачниковых (Boraginaceae) // Разработка, исследование и маркетинг новой фармацевтической продукции: сб. науч. трудов. Пятигорск, 2012. Вып. 67. С. 30–31.
11. Шишкин Б.К. Род *Echium* L. // Флора СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1953. Т. 19. С. 208–220.
12. Зернов А.С. Флора Северо-Западного Кавказа. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2006. 664 с.
13. Hilger H.H., Böhle U.-R. *Pontechium*: a new genus distinct from *Echium* and *Lobostemon* (Boraginaceae) // *Taxon.* 2000;49(4):737-746. DOI: 10.2307/1223974.
14. Chacón J., Luebert F., Hilger H.H. et al. The borage family (Boraginaceae s.str.): a revised infrafamilial classification based on new phylogenetic evidence, with

REFERENCES

1. Tamakhina A.Ya. Micromorphological features of the leaf epidermis and secondary metabolites of a promising medicinal plant hound's-tongue (*Cynoglossum officinale* L.) Flora of Kabardino-Balkaria. *Proceedings of Gorsky State Agrarian University.* 2023;60(2):118-128. DOI: 10.54258/20701047_2023_60_2_118. (In Russ.)
2. Dresler S., Szymczak G., Wójcik M. Comparison of some secondary metabolite content in the seventeen species of the Boraginaceae family. *Pharm. Biol.* 2017;55(1):691-695. DOI: 10.1080/13880209.2016.1265986.
3. Chrzanowska E., Denisow B., Ekiert H., Pietrzyk Ł. Metabolites obtained from Boraginaceae plants as potential cosmetic ingredients – a review. *Molecules.* 2024;29(21):5088. DOI: 10.3390/molecules29215088.
4. Yan Y., Wei X., Qiu B. et al. Exploring pharmaphylogeny from multiple perspectives: a case study on Lithospermeae. *Sci. Reports.* 2023;13(1):7636. DOI: 10.1038/s41598-023-34830-4.
5. Kararenk A.C., Sönmez H.R., Asgarli T. et al. Comprehensive analysis of elemental and metabolite composition in Boraginaceae species from Türkiye. *Chem. Biodivers.* 2025;22(5):e202402331. DOI: 10.1002/cbdv.202402331.
6. Sheydaei P., Amaral M.E., Duarte A.P. Genus *Echium* L.: Phytochemical Characterization and Bioactivity Evaluation for Drug Discovery. *Plants (Basel).* 2025;14(16):2548. DOI: 10.3390/plants14162548.
7. Terzieva S., Grozeva N., Tzanova M. A review of the main biologically active compounds of the genus *Echium* L., naturally distributed in Bulgaria, and their pharmacological potential. *Pharmaceuticals.* 2025;18(11):1618. DOI: 10.3390/ph18111618.
8. Naseri N., Kalantar K., Amirghofran Z. Anti-inflammatory activity of *Echium amoenum* extract on macrophages mediated by inhibition of inflammatory mediators and cytokines expression. *Res. Pharm. Sci.* 2018;13(1):73-81. DOI: 10.4103/1735-5362.220970.
9. Velichko V.V., Olennikov D.N., Oleshko E.D. et al. Pyrrolizidine alkaloids of Boraginaceae family and safety assessment of acute toxicity. *Regulatory Research and Medicine Evaluation.* 2025;15(6):701-711. DOI: 10.30895/1991-2919-2025-15-6-701-711. (In Russ.)
10. Daironas Zh.V. (2012). Comparative study of naphthoquinones of three species of the genus *Echium* of the Boraginaceae family. In: Development, Research and Marketing of New Pharmaceutical Products: Collection of Scientific Papers. Pyatigorsk. Is. 67. P. 30–31. (In Russ.)
11. Shishkin B.K. (1953). Genus *Echium* L. In: Flora of the USSR. Moscow; Leningrad: Publishing of the USSR Academy of Sciences. Vol. 19. P. 208–220. (In Russ.)
12. Zernov A.S. (2006). Flora of the Northwestern Caucasus. Moscow. 664 p. (In Russ.)
13. Hilger H.H., Böhle U.-R. *Pontechium*: a new genus distinct from *Echium* and *Lobostemon* (Boraginaceae). *Taxon.* 2000;49(4):737-746. DOI: 10.2307/1223974.
14. Chacón J., Luebert F., Hilger H.H. et al. The borage family (Boraginaceae s.str.): a revised infrafamilial classification based on new phylogenetic evidence, with emphasis on the placement of some enigmatic genera. *Taxon.* 2016;65(3):523-546. DOI: 10.12705/653.6.

- emphasis on the placement of some enigmatic genera // *Тахон*. 2016;65(3):523-546. DOI: 10.12705/653.6.
15. Атлас флоры России / ред. С.В. Дудов, А.П. Серегин. М.: МГУ, 2025. URL: <https://plant.depo.msu.ru/> (дата обращения 09.02.2026).
 16. Богданов А.В., Круглов Д.С., Величко В.В. Содержание фенольных соединений в траве *Echium vulgare* L. в онтогенезе // Создание конкурентоспособных лекарств – приоритетное направление развития фармацевтической науки: сб. материалов Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием (18 декабря 2025 г.). Пермь: ПГФА, 2025. С. 128–131.
 17. Государственная фармакопея. XV изд. М., 2023. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/> (дата обращения: 04.03.2026).
 18. Özgen U., Demirkaya F., Bulut G. Quantitative determination of shikonin derivatives with UV-Vis spectrophotometric methods in the roots of *Onosma nigricaula* // *Rev. Analyt. Chem.* 2011;30(2):59-63. DOI: 10.1515/revac.2011.014.
 19. Hu Y., Jiang Z., Leung K.S.Y., Zhao Z. Simultaneous determination of naphthoquinone derivatives in Boraginaceae herbs by high-performance liquid chromatography // *Anal. Chim. Acta.* 2006;577(1):26-31. DOI: 10.1016/j.aca.2006.06.031.
 20. Okamoto T., Kawasaki T., Matsuoka H. et al. Biosynthesis of shikonin derivatives from l-Phenylalanine via deoxyshikonin in *Lithospermum* cell cultures and cell-free extracts // *Phytochemistry*. 1995;38(1):83-88. DOI: 10.1016/0031-9422(94)00621-Y.
 21. Dudov S.V., Seregin A.P. (eds.) (2025). Atlas of the Russian Flora. URL: <https://plant.depo.msu.ru/> (accessed 09.02.2026).
 22. Bogdanov A.V., Kruglov D.S., Velichko V.V. (2025). The content of phenolic compounds in the grass of *Echium vulgare* L. in ontogenesis. In: Development of Competitive Drugs is a Priority Direction for the Progress of Pharmaceutical Science: Proceedings of the All-Russian Scientific-Practical Conference with International Participation (December 18, 2025). Perm: Perm State Pharmaceutical Academy. P. 128–131. (In Russ.)
 23. State Pharmacopoeia (2023). 15th ed. Moscow. URL: <https://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/> (accessed 04.03.2026)
 24. Özgen U., Demirkaya F., Bulut G. Quantitative determination of shikonin derivatives with UV-Vis spectrophotometric methods in the roots of *Onosma nigricaula*. *Rev. Analyt. Chem.* 2011;30(2):59-63. DOI: 10.1515/revac.2011.014.
 25. Hu Y., Jiang Z., Leung K.S.Y., Zhao Z. Simultaneous determination of naphthoquinone derivatives in Boraginaceae herbs by high-performance liquid chromatography. *Anal. Chim. Acta.* 2006;577(1):26-31. DOI: 10.1016/j.aca.2006.06.031.
 26. Okamoto T., Kawasaki T., Matsuoka H. et al. Biosynthesis of shikonin derivatives from l-Phenylalanine via deoxyshikonin in *Lithospermum* cell cultures and cell-free extracts. *Phytochemistry*. 1995;38(1):83-88. DOI: 10.1016/0031-9422(94)00621-Y.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Круглов Дмитрий Семенович – канд. техн. наук, доцент кафедры фармакогнозии и ботаники ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия. ORCID: 0000-0003-1904-7901.

Богданов Антон Витальевич – аспирант 1-го года ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия. ORCID: 0009-0004-8402-2596.

Величко Виктория Владимировна – канд. фармацевт. наук, заведующий кафедрой фармакогнозии и ботаники ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный медицинский университет» Минздрава России, Новосибирск, Россия. ORCID: 0000-0002-9224-9350.

ABOUT THE AUTHORS

Dmitry S. Kruglov – Cand. Sci. (Tech.), Associate Professor, Department of Pharmacognosy and Botany, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0003-1904-7901.

Anton V. Bogdanov – 1st year Post-graduate Student, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0009-0004-8402-2596.

Victoria V. Velichko – Cand. Sci. (Pharmaceut.), Head, Department of Pharmacognosy and Botany, Novosibirsk State Medical University, Novosibirsk, Russia. ORCID: 0000-0002-9224-9350.