

РЯБЧИК ЭДУАРДА (*FRITILLARIA EDUARDII*) – ЭНДЕМИК ЦЕНТРАЛЬНОЙ АЗИИ: ФИТОХИМИЯ, ФАРМАКОГНОЗИЯ И ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ

Н.М. Муродова^{1,2}, С.Дж. Юсуфӣ^{1,2}, Р. Имомиён², Дж.Т. Бобокалонов³

¹Кафедра Фармацевтической Технологии имени профессора Халифаева Д.Р., ГОУ Таджикский государственный медицинский университет имени Абуали ибни Сино, Душанбе, Таджикистан

²ГУ «Научно-исследовательский фармацевтический центр» МЗ и СЗН РТ, Душанбе, Таджикистан

³Национальной академии наук Республики Таджикистан, Институт химии им. В.И. Никитина, Душанбе, Таджикистан

В настоящем обзоре систематизированы современные научные данные о *Fritillaria eduardii* (Рябчик Эдуарда) — эндемичном растении Центральной Азии, широко распространённом в различных регионах Таджикистана. Этот вид является декоративным и обладает значительным фармацевтическим потенциалом. Изучение его фармакологических свойств и биологически активных соединений важно для науки и разработки новых лекарственных форм. Традиционно его луковицы используются в народной медицине, однако фармакогностическая характеристика вида, произрастающего на территории Таджикистана, пока недостаточно исследована.

Цель данного обзора — на основе публикаций за период 2020–2025 гг. обобщить современные данные по *Fritillaria eduardii*, включая этноботанические исследования, ботаническую характеристику, химический состав, интродукцию, а также сведения о других видах рода *Fritillaria* и их сравнительный химический анализ с *Fritillaria eduardii*. Основное внимание уделено анализу фитохимического состава *F. eduardii*, в котором преимущественно доминируют изостероидные алкалоиды и флавоноиды с разнообразной биологической активностью. Особое внимание уделено проблемам идентификации, стандартизации сырья и необходимости охраны этого редкого вида.

Ключевые слова: *Fritillaria eduardii*, рябчик Эдуарда, фармакогнозия, фитохимия, алкалоиды, фармакологическая активность, противокашлевое действие, стандартизация, охрана растений.

Контактное лицо: Муродова Нушина Махмадовна, E-mail: mnushina1990@gmail.com; Тел.: +992933555570

Для цитирования: Муродова Н.М., Юсуфӣ С.Дж., Имомиён Р., Бобокалонов Дж.Т. Рябчик Эдуарда (*Fritillaria eduardii*) – эндемик центральной Азии: фитохимия, фармакогнозия и фармакологические перспективы. Журнал Здравоохранение Таджикистана. 2026;368(1):146-160. <https://doi.org/10.52888/0514-2515-2026-368-1-146-160>

FRITILLARIA EDUARDII – ENDEMIC TO CENTRAL ASIA: PHYTOCHEMISTRY, PHARMACOGNOSY, AND PHARMACOLOGICAL PROSPECTS

N.M. Murodova^{1,2}, S.J. Yusufi^{1,2}, R. Imomiyon², J.T. Bobokalonov³

¹Department of Pharmaceutical Technology named after Professor D.R. Khalifaev, SEI Avicenna Tajik State Medical University, Dushanbe, Republic of Tajikistan

²SI Scientific Research Pharmaceutical Center of the Ministry of Health and Social Protection of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Republic of Tajikistan

³SI National Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan, Institute of Chemistry named after V.I. Nikitina, Dushanbe, Republic of Tajikistan

This review systematizes current scientific data on *Fritillaria eduardii*, an endemic plant of Central Asia widespread in various regions of Tajikistan. This species is ornamental and has significant pharmaceutical potential. Studying its pharmacological properties and biologically active compounds is important for science and the development of new dosage forms. Its bulbs are traditionally used in folk medicine; however, the pharmacognostic characteristics of this species, which grows in Tajikistan, remain insufficiently studied.

The objective of this review is to summarize current data on *Fritillaria eduardii*, based on publications from the 2020 – 2025 period, including ethnobotanical studies, botanical characteristics, chemical composition, introduction, as well

as information on other species of the genus *Fritillaria* and their comparative chemical analysis with *Fritillaria eduardii*. This article focuses on the analysis of the phytochemical composition of *F. eduardii*, which is dominated by isosteroidal alkaloids and flavonoids with diverse biological activity. Particular attention is given to the issues of identification, standardization of raw materials, and the need to protect this rare species.

Keywords: *Fritillaria eduardii*, Edward's fritillary, pharmacognosy, phytochemistry, alkaloids, pharmacological activity, antitussive effect, standardization, plant conservation.

Corresponding author: Murodova Nushina Mahmadvona, E-mail: mnushina1990@gmail.com; Tel.: +992933555570

For citation: Murodova N.M., Yusufi S.J., Imomiyon R., Bobokalonov J.T. *Fritillaria Eduardii* – endemic to central asia: phytochemistry, pharmacognosy, and pharmacological prospects. Journal Healthcare of Tajikistan. 2026;368(1):146-160. <https://doi.org/10.52888/0514-2515-2026-368-1-146-160>

РЯБЧИК ЭДУАРД (*FRITILLARIA EDUARDII*) – МУТАХАССИСИ ЭНДЕМИИ ОСИЁИ МАРКАЗӢ: ДУРНАМОИ ФИТОХИМИЯ, ФАРМАКОГНОЗИЯ ВА ФАРМАКОЛОГӢ

Н.М. Муродова^{1,2}, С.Ҷ.Юсуфӣ^{1,2}, Р. Имомиён², Ҷ.Т. Бобокалонов³

¹Кафедраи технологияи фарматсевтӣ ба номи профессор Халифаева Д.Р., МДТ «Донишгоҳи давлатии тиббии Тоҷикистон ба номи Абӯалӣ ибни Сино», Душанбе, Тоҷикистон

²МД «Маркази илмӣ-таҳқиқотии фарматсевтӣ» ВТ ва ҲИА ҶТ, Душанбе, Тоҷикистон

³Академияи милии илмҳои Тоҷикистон, Донишқадаи химия ба номи В.И. Никитин, Душанбе, Тоҷикистон

Зимни шарҳи мазкур маълумотҳои муосири илмӣ дар бораи *Fritillaria eduardii* (Рябчик Эдуарда) — растани эндемии Осиёи Марказӣ ба система дароварда шудааст, ки он дар манотиқи муҳталифи Тоҷикистон ба таври васеъ паҳн шудааст. Ин навъ ороишӣ ба шумор рафта, дорои иқтидори зиёди фарматсевтӣ мебошад. Омӯзиши хосиятҳои фармакологӣ ва пайвастагиҳои фаъоли биологӣ он барои илм ва таҳияи шаклҳои нави дорӯй хеле муҳим мебошанд. Маъмулан пиёзаки онро дар тибби халқӣ ба қор мебаранд, вале хусусияти фармакогнозии навьё, ки дар минтақаҳои Тоҷикистон месабад, ба таври бояду шояд таҳқиқ нашудааст.

Ба асоси интишорот тайи солҳои 2020-2025 ҳулоса намудани маълумотҳои муосир оид ба *Fritillaria eduardii*, бар шумули пажӯҳишгоҳи этноботаникӣ, тавсифи ботаникӣ, таркиби химиявӣ, интродуксия, инчунин маълумот дар бораи навъҳои дигари ҷинси *Fritillaria* таҳлили муқоисавии химиявии онҳо бо *Fritillaria eduardii* ҳадафи шарҳи мазкур маҳсуб меёбад. Ба таҳлили таркиби фитохимиявии *F. eduardii* бештар таваҷҷуҳ шудааст, ки дар он бештар алкалоидҳои изостероидӣ ва флавоноидҳо бо фаъолнокии гуногуни биологӣ афзалият доранд. Ба мушкилоти идентификатсия, стандартизатсияи ашёи хом ва зарурати ҳифзи ин навъи нодир таваҷҷуҳи махсус дода шудааст.

Калимаҳои калидӣ: *Fritillaria eduardii*, рябчик Эдуард, фармакогнозия, фитохимия, алкалоидҳо, фаъолнокии фармакологӣ, таъсири зиддисулфа, стандартизатсия, ҳифзи растаниҳо.

Введение

1.1. Актуальность изучения *Fritillaria eduardii* в фармацевтике

Цель данного обзора — обобщить современные данные о *Fritillaria eduardii*, включая этноботанические сведения, ботаническую характеристику, химический состав, интродукцию, а также фармакологические свойства и сравнительный химический анализ с другими видами рода *Fritillaria*. В обзоре особое внимание уделено фитохимическому составу вида, проблемам идентификации и стандартизации сырья, а также вопросам сохранения этого редкого растения. Структура работы включает обзор литературы по биологически активным соединениям, традиционному использованию, фармакологическим потен-

циалом и перспективам дальнейших исследований и культивирования.

1.2. Краткий обзор рода *Fritillaria* и ботанические особенности вида *eduardii*

Научное наименование растения *Fritillaria eduardii* (холмон) остаётся предметом дискуссий среди исследователей. В литературе оно упоминается под разными названиями: *Petillium eduardii*, *Fritillaria imperialis* var. *eduardii*, *Fritillaria imperialis* var. *inodora*, *Fritillaria imperialis* var. *purpurea* и *Fritillaria eduardii*.

В «Таджикской Советской Энциклопедии» [39] *рябчик Эдуарда* (*Petillum eduardii*) также упоминается под различными народными названиями, включая: холмон, цветок холмон, холбон, хулмон, хулмун, хулму, холму, ёлму и олму.

Между 1878 и 1879 годами Альберт Регель собирал растения рода *Fritillaria* в горах Дарваз и Бальджувон в Таджикистане и в Восточном Бухарском районе Узбекистана и привозил их в Санкт-Петербург для выращивания. Название *F. eduardii* предложено Альбертом Регелем в честь его отца. Во флоре Узбекистана Введенский упомянул *F. eduardii* как вид рода *Petilium* [1].

Рябчик Эдуарда – *Fritillaria eduardii* Regel или его называют *F. imperialis finodora*, относится к семейству Лилейные - Liliaceae Juss. О видах рода рябчиков, которые сразу бросаются в глаза как красивоцветущие растения начали говорить ещё в XVI веке [2].

Согласно данным, представленным в ряде проанализированных научных публикаций и литературных источников, род *Fritillaria* включает от 140 до 179 видов, многие из которых обладают выраженным внутривидовым разнообразием, представленным подвидами. Растение *Fritillaria eduardii* также относится к данному роду, однако в доступной научной литературе представлено ограниченное число исследований, непосредственно посвящённых этому виду. Однако при проверке по крупным таксономическим базам данных (eFloras, Flora of China, Pacific Bulb Society, World Checklist of Selected Plant Families) было установлено, что видов на самом деле 158 [3].

Центральный Памиро-Алай, почти полностью расположенный на территории Таджикистана, является одной из мировых горячих точек биоразнообразия. Интенсивный сбор диких растений или простая контрабанда луковичных растений продолжают ставить многих из них под угрозу исчезновения (например, *Eremurus albertii*, *E. korovinii*, *E. pubescens*, *Fritillaria eduardii*). Подобные угрозы считаются главными факторами риска для декоративных растений, способствующими их сокращению [5].

Исследования зарубежных учёных показали, что метод AFLP эффективно используется для изучения родственных связей внутри *Fritillaria* секции *Petilium*. На дендрограмме все виды образуют отдельные кластеры, при этом внутри *F. eduardii* и *F. imperialis* выделяются подгруппы. Таким образом, *F. eduardii* следует рассматривать как отдельный вид. Это подтверждается как AFLP-данными, так и результатами скрещивания. Авторы не согласны с гипотезой Pratt и Jefferson-Brown (1997), что *F. eduardii* является гибридом *F. imperialis* и *F. raddeana* (Wietsma et al., 2011) [6].

1.3. Исторические упоминания и традиционное применение

Вид *Fritillaria meleagris*, являющийся типовым представителем рода, был впервые описан в Европе в 1571 году; в тот же период в Европу начали завозить и другие виды из Азии и с Ближнего Востока. Gerard (1597) утверждает, что *Fritillaria* была неизвестна древним, она появлялась в трудах европейских ботаников шестнадцатого века, включая Dodoens, Lobelius и Clusius [7] в дополнение к Gerard, и упоминалась Шекспиром и другими авторами того периода. Виды *Fritillaria* были известны в Персии (Иран) в шестнадцатом веке, откуда они были привезены в Турцию. Затем европейские путешественники привезли образцы в ботанические сады Европы. В Персии первое упоминание было сделано Хакимом Мо'меном Тонекабоном в его труде «Тохфе аль-Мо'менин» в 1080 г. хиджры (ок. 1669 г. н. э.) [8], который описал лечебные свойства *F. imperialis (laleh sarnegoun)* [7].

В «Каноне врачебной науки» Авиценны среди растений семейства лилейных в первую очередь упоминается нарцисс [42], чьи корень и масло применялись в качестве укрепляющего, вяжущего и умеренно согревающего средства. Также упоминается масло белой лилии, использовавшееся как вспомогательное средство в составе лечебных повязок и мазей [42].

Fritillaria упоминается в классическом труде китайской медицины «Трактат Шэньнуна о травах», написанном более 2000 лет назад [9].

В традиционной медицине народов Средней Азии растения рода *Fritillaria* преимущественно использовались в качестве средства для лечения кожных заболеваний. Луковицы *Fritillaria* на протяжении тысячелетий находили широкое применение в традиционной медицине стран Дальнего Востока. Из луковиц растений данного рода изготавливались препараты, обладающие противокашлевым и отхаркивающим действием [10].

Вид *Fritillaria imperialis* - наиболее распространённый представитель рода в Иране, произрастающий в южных горных хребтах Загроса [35]. В другом источнике [34] приведён ряд традиционных и исторических наименований данного растения. Среди них - персидское название «Тоци подшох» - царская корона, а также арабские варианты как «Акифия» и «Хумайдиш». Древнегреческий врач Гален упоминает растение под именем «Халинотус», тогда как Диоскорид называл его «Малилотус». В персидском языке также распространены наименования «кайсар» и «шох афсар», тогда как в

арабской традиции используются формы «кумрат» или «кумр» [34].

В книге «Жизнь растений» [38] род *Fritillaria* отмечен как декоративное и лекарственное растение, содержащее алкалоиды.

В «Таджикской Советской Энциклопедии» [39] указано, что луковицы рябчика Эдуарда активно использовались населением Таджикистана, особенно в военное время. Из луковиц выделяли крахмал, составляющий около 50 % их общего состава, который называли «нишаста».

В некоторых районах Таджикистана луковицы рябчика Эдуарда (*Petilium eduardii*) употребляют в варёном виде. В народной медицине его используют в качестве отхаркивающего средства при хроническом и затяжном кашле [40].

1.4. Эволюция применения: от этноботаники к современной фармакологии

Высушенные луковицы десятка видов рода *Fritillaria* обычно используются как растительные лекарства, называемые «Beimu» в Китае. «Beimu» имеет богатые источники фитохимических веществ и широко применяется при респираторных заболеваниях, включая коронавирусное заболевание (COVID-19) [11].

Fritillaria unibracteata - представитель рода *Fritillaria*, является одним из основных видов, используемых для получения лекарственного сырья Чуаньбэйму (*Chuanbeimu*) в Китае, производимого из высушенных луковиц нескольких видов фритиллярий. Кроме того, *F. unibracteata* была включена в план профилактики и лечения COVID-19, утверждённый в провинции Цинхай в 2021 году [12].

Изучение химических компонентов *Fritillaria* началось в 1888 году, когда Фрагнер выделил императорин из *F. imperialis* L. Впоследствии в этом исследовании стало участвовать все больше немецких, японских и китайских химиков [12].

Fritillaria в традиционной китайской медицине применялся для лечения простуды и жара, болезненного мочеиспускания, паралича, охриплости, лактационных проблем и спазмов [9], а на современном этапе фармакологические исследования также показали, что высушенные луковицы этого рода обладают противовоспалительным, противоастматическим, антибактериальным, антифиброзным и противоопухолевым действием, а также уменьшают острое повреждение лёгких [12].

В народной медицине Таджикистана традиционно используются луковицы этого растения, однако исследования показали наличие значительного

количества биологически активных соединений и в его надземных частях.

2. Ботаническая характеристика *Fritillaria eduardii*

2.1. Морфология растения

Fritillaria eduardii Regel – П. Эдуарда, холмон (тадж.). Луковица продолговато-шаровидная, крупная, 5-8 см шириной, стебель 40-80 (150) см высотой, голый, внизу и под соцветием безлистный. Листья зеленые, блестящие, голые, острые, самые нижние иногда почти мутноватые, широко-продолговатые или обратноланцетные, средние очередные, самые верхние мутноватые, продолговато-ланцетные или ланцетные, прицветные собраны хохлом на верхушке стебля, ланцетные. Цветки поникшие, по (2) 4-6 (8) в зонтиковидном соцветии [4]. Окраска околоцветника варьирует от красно-оранжевой до охристо-желтой [16]. Тычинки в 1.5



Рис 1. *Fritillaria eduardii* A. Regel ex Regel (семейство Liliaceae) Побеги с соцветиями.

Таджикистан, Гиссарский хребет, бас. р. Варзоб, ущелье р. Кондара, чернолесье. 25.04.2017.

Fig. 1. *Fritillaria eduardii* A. Regel ex Regel (family Liliaceae) Shoots with inflorescences. Tajikistan, Hissar Range, Varzob River basin, Kondara River gorge, black forest. April 25, 2017.

раза короче околоцветника, с белыми нитями и пыльниками, пыльца желтоватая. Коробочка вверх торчащая, на короткой (около 5 мм) ножке, 4-5 см шириной, с узкими крыльями [4]. Согласно данным, приведённым во флористических исследованиях ущелья реки Варзоб, с учётом климатических условий и экологических особенностей данной территории, цветение отмечается в мае-июне, а созревание семян происходит в июле-августе [16]. В данной работе также отмечается, что *Fritillaria eduardii*, обнаруженная в аридных районах, таких как Южный Таджикистан, следует рассматривать как реликтовый вид (Гончаров, 1937; Запрягаева, 1964) [16].

2.2. Экология и географическое распространение (ареал, эндемизм, условия произрастания)

Современная таксономия делит род на восемь подродов, среди которых *Petilium*, к которому принадлежит *F. eduardii* - вид, эндемичный для Центральной Азии [13]. Ареал *Петилиума Эдуарда* состоит из изолированных популяций в Памиро-Алае - по склонам хребтов Гиссарской, Каратегинской, Вахшской, Дарвазский, Алайский, западной части хр. Петра Первого, Газимайлик, Санглок, Бабатаг, а также в Северном Афганистане и Кашмире. Вид охарактеризован как «пригималайский (гинду-кушко-западногималайский)». Встречается в поясе чернолесья, но заходит и в пояса шибляка и крупнозлаковых и крупнотравных полусаванн; под деревьями, среди кустарников, реже по осыпям; на высоте 1200-2100 м [4].

В ходе ботанических исследований, проводившихся учёными Таджикской ССР в процессе изучения и освоения растительности северного склона хребта Рангон-Тау (ранее - Ленинский район, в настоящее время - район Рудаки), были выявлены мезофильные травянистые растения *Petilium eduardii* (синоним *Fritillaria eduardii*). Исследования отражены в издании «Растительность Таджикистана и её освоение» под редакцией П. Н. Овчинникова (Издательство «Дониш», 1974 г.) [36]. Кроме того, в других ботанических исследованиях, посвящённых флоре Таджикистана [37], в ходе изучения растительности ущелья Кондары, в частности его средней части — урочища Тангимург, в составе травяного покрова был отмечен вид *Fritillaria eduardii* Regel.

2.3. Систематика и родственные виды (таксономическая классификация, внутривидовые формы)

Род *Fritillaria* L. (Liliaceae) включает более 100 видов многолетних геофитов. Он распространен

в Северном полушарии: в Европе (в основном в Средиземноморском регионе), Центральной Азии, Китае, Японии и Северной Америке. Хорошо известный вид *Fritillaria imperialis* (царская корона) относится к *Fritillaria sect. Petilium* Endl. Этот таксон первоначально рассматривался как отдельный род (упомянут Линнеем в 1738 г. и утвержден Людвигом в 1757 г.), позже он был выделен в подрод (Бейкер, 1874) или секцию (Бентам и Хукер, 1883).

Матю (1996) выделил четыре вида в этой группе: *F. chitralensis* (hort.) B. Mathew, *F. eduardii* Regel, *F. imperialis* L. и *F. raddeana* Regel

Говарц (2010) признаёт только три последних. *Fritillaria sect. Petilium* имеет широкое распространение: юго-восточная Турция, северо-восточный Ирак, Туркестан, Иран, Таджикистан, Узбекистан, Белуджистан, Афганистан и западные Гималаи, вплоть до долины Ченаб (Turrill & Sealy, 1980) [14].

Наибольшее видовое разнообразие рода *Fritillaria* наблюдается на территории Турции - 35 видов и 6 подвидов; в Иране включены 19 видов декоративных и эндемичных видов; в Китае распространены 20 видов и 2 разновидности, особенно в провинциях Сычуань и Синьцзян; в Японии 1 вид культивируется (*Fritillaria thunbergii*); в Узбекистане примерно 10 видов и новый эндемик *F. yakutiae* (описан в 2025 г.); в Таджикистане 2 подтвержденных вида (*F. eduardii*, *F. Olga*); в Кыргызстане 4 вида (*F. eduardii*, *F. sewerzowii*, *F. pallidiflora*, *F. walujewii*) [15].

Fritillaria eduardii, собранная Альбертом Регелем в горах Таджикистана и Узбекистана, была названа в честь его отца и признана отдельным видом благодаря морфологическим признакам [10] и данным AFLP-анализа, отличающим её от *F. imperialis* [6]. Она входит в секцию *Petilium* вместе с *F. imperialis*, *F. raddeana* и *F. chitralensis*, однако Govaerts (2013) рассматривает последний как разновидность *F. imperialis* [6].

3. Фармакогностические характеристики

3.1. Внешние диагностические признаки и качественные показатели сырья

При исследовании сырья *Fritillaria* важно учитывать его внешние диагностические признаки и качественные показатели, так как они имеют большое значение для идентификации и стандартизации растений, используемых в лечебных целях.

Из-за разнообразного и сложного происхождения лекарственных и съедобных растений, принадлежащих к роду *Fritillaria*, последняя

версия Китайской фармакопеи включила шесть видов лекарственного сырья *Beimu*, а именно *Fritillariae Cirrhosae Bulbus*, *Fritillariae Thunbergii Bulbus*, *Fritillariae Hupehensis Bulbus*, *Fritillariae Ussuriensis Bulbus*, *Fritillariae Pallidiflorae Bulbus* и *Bolbostemmatis Rhizoma (Tubeimu)* [17].

В Фармакопеи Японии, 18-е издание представлены качественные и количественные характеристики, а также методы исследования луковиц *Fritillaria* на примере *Fritillaria verticillata* var. *thunbergii*. Луковица *Fritillaria (Fritillaria Bulbus)* — это высушенная луковица растения из семейства лилейных, отличающаяся бело-жёлтым цветом, горьким вкусом и слабым характерным запахом. Микроскопическое исследование [30] показывает наличие крахмальных зёрен и кристаллов оксалата кальция в тканях, а для идентификации растительного сырья применяется метод тонкослойной хроматографии, при котором появляются характерные окрашенные пятна. Лекарственное сырьё должно соответствовать установленным требованиям по чистоте - содержанию тяжёлых металлов, золы и влаги, а также содержать не менее 8 % экстрактивных веществ, растворимых в этаноле [18].

3.2. Методы идентификации и стандартизации растительного сырья

Долгое время для оценки качества *Fritillaria* использовали определение общего содержания алкалоидов методами титрования и колориметрии. С развитием аналитических технологий стали применять ТСХ, ГХ, ВЭЖХ, ЖХ-МС и другие методы для анализа отдельных изостероидных алкалоидов. Современные исследования подтвердили эффективность ВЭЖХ и ЖХ-МС/МС для точного, воспроизводимого выявления и классификации алкалоидов в различных видах *Fritillaria*. [12]

Для изучения родственных связей видов *Fritillaria* и подтверждения их подлинности применяются молекулярно-генетические методы, включая RAPD, ISSR, AFLP, ДНК-маркеры, анализ генома и транскриптома, а также построение филогенетических деревьев [19, 44].

Содержание нуклеозидов и неалкалоидов обычно определяют с помощью хроматографии. В 2010 году был разработан метод ВЭЖХ-DAD для одновременного анализа 9 нуклеозидов и оснований в *Fritillaria* с использованием ацетонитрил-воды, что обеспечило быстрое и надёжное определение. В 2012 году применили обращённо-фазовую ВЭЖХ-DAD для анализа 10 соединений с использованием метанол-водной фазы. Метод

показал хорошую точность и воспроизводимость и подходит для контроля качества [12].

Для точной идентификации применяют ДНК-штрихкодирование и в результате исследования этим методом *Fritillaria* и *Lilium* оказались «сестринскими» родами [3], также это отмечено Цзяо Хуан в своей статье [20], а также в роде *Fritillaria* выявлены три основные эволюционные группы, совпадающие с их высотным распределением (высокогорные, среднегорные и низкогорные) [3].

3.3. Физико-химические параметры

Физико-химические параметры, такие как растворимость, также играют важную роль в оценке сырья. Луковицы *Fritillaria* в водных экстрактах демонстрируют хорошую растворимость активных веществ, что делает их удобными для получения экстрактов и настоев. Изучение растворимости этих веществ в разных растворителях может помочь в оценке их биодоступности и эффективности.

Качество сырья *Fritillaria* можно оценить по нескольким ключевым факторам такие как содержание алкалоидов (ТСХ, ВЭЖХ); гидратация (содержание влаги не более 10%); запах и вкус (луковицы *Fritillaria* обладают характерным специфическим запахом и вкусом). [18, 46].

3.4. Микроскопические особенности и микроструктура сырья

Основные различия между видами заключаются в строении сосудистых пучков, устьичном индексе и других признаках, которые требуют профессиональной подготовки для распознавания [21]. В Японской фармакопее [18] представлена обобщённая статья, посвящённая луковицам *Fritillaria*, в которой изложены методы их идентификации и приведены соответствующие диагностические признаки. Согласно микроскопическому анализу [30], ткань луковицы характеризуется наличием крахмальных зёрен, одиночных кристаллов оксалата кальция и сосудистых пучков, рассеянных в паренхиме. В качестве метода качественной идентификации применяется тонкослойная хроматография, позволяющего выявить алкалоиды по характерным пятнам. Кроме того, установлены предельно допустимые значения содержания тяжёлых металлов, мышьяка, общей и кислотнорастворимой золы, а также потерь при сушке.

В Китайской фармакопее [46] представлены монографические статьи, посвящённые различным видам *Fritillaria*, включая *F. Cirrhosae*, в которых изложены морфологические характеристики, методы идентификации, а также приведены фармако-

пейные показатели качества, такие как содержание влаги, общая зольность и другие. Согласно данным источникам, для стандартизации и контроля качества *F. cirrhosae* применяется сибеймин (sipeimine) в качестве эталонного соединения [31, 46]. Кроме того, фармакопея включает монографию на *F. Hupehensis*, где в качестве эталонного раствора используется хупехенин (hupehenine CRS); содержание данного алкалоида в исследуемом сырье должно составлять не менее 0,020%. В статье, посвящённой *F. Pallidiflorae*, также используется сибеймин в качестве основного маркерного вещества для оценки качества сырья. В монографии *F. Thunbergii* помимо стандартных фармакопейных показателей (морфология, зольность и пр.) описаны методы качественного и количественного анализа с применением эталонного раствора, содержащего по 2 мг/мл пеймина (peimine CRS) и пейнина (peinine CRS). Совокупное содержание этих алкалоидов в пересчёте на высушенное сырьё должно быть не менее 0,080%. Для *F. Ussuriensis* установлены аналогичные фармакопейные требования, в качестве стандарта качества используется пингбеймин А (pingbeimine А). Также в фармакопее упоминается *Fritillaria unibracteata*.

3.5. Содержание и локализация биологически активных веществ в различных частях растения

По полученным литературным данным [22] в растениях *P. eduardi*, собранных в горах Южного Памиро-Алая, максимальное количество алкалоидов содержится в луковицах на раннем этапе вегетации. Главный алкалоид – импералин, достигает наибольшей концентрации в надземной части растения в начале цветения. Второй по значимости алкалоид – эдпетилин – встречается в меньших количествах. Во время цветения и плодоношения содержание алкалоидов снижается. В образцах из Ботанического сада чистые алкалоиды не были выделены [22].

Фитохимические исследования показали, что цветы, стебли и листья, сравнивая их с луковицами на примере вида *F. thunbergii*, также содержат различные виды химических компонентов, включая флавоноиды, эфирные масла, сапонины и алкалоиды. Это указывало на то, что первичные метаболиты цветов, стеблей и листьев были схожи, в то время как у луковиц были разными. Луковицы имели высокое содержание аминокислот (фенилаланин, триптофан, гистидин, глутамин, аспарагиновая кислота и т.д.), фосфорных кислот (глюкозо-6-фосфат, О-метилфосфат, мио-инозитол-

1-фосфат), жирных кислот (гептановая кислота, октадекановая кислота, глицерид моногексадекановой кислоты) и аминов (N-метоксиамин, кадаверин, этиламин, N-этил-N-винилацетамид, N-метилпропанамида). Результаты показали, что в луковицах запасено больше питательных веществ для роста [23], а также новые циклоартановые тритерпеноиды были выделены из листьев и стеблей *F. Hupehensis* [11], луковицы содержат другие терпеноидные компоненты. Впечатляющее разнообразие стероидных сапонинов было обнаружено в высушенных луковицах *F. Pallidiflora* и *F. meleagris*; ни одно исследование не сообщало о получении этих компонентов из надземных частей [11].

В луковицах *F. eduardii* на ранней стадии цветения отмечается наибольшее накопление суммарных алкалоидов (импералина и эдпетилина). Наименьшее содержание этих соединений зафиксировано в период цветения и плодоношения надземных частей растений, собранных в районе Ханака и в Ботаническом саду Ташкента. Таким образом, проведённый сравнительный анализ содержания как общих, так и чистых алкалоидов, выделенных из *F. eduardii* на различных этапах вегетации и в разных районах произрастания, свидетельствует о значительном влиянии почвенно-климатических факторов на их количественные и качественные характеристики [22].

4. Фитохимический состав

4.1. Основные классы биологически активных веществ

Алкалоиды. Из растений рода *Fritillaria* выделено более 120 алкалоидов [24]. *Fritillaria* богата множественными вторичными метаболитами, тогда как алкалоиды (изостероидные, стероидные и амидные алкалоиды), являются основными химическими компонентами *Fritillaria*, выделенными и идентифицированными из сырых экстрактов в луковицах, в дополнение к терпеноидам, стероидным сапонином и фенилпропаноидам [11].

В Китайской фармакопее зарегистрировано 11 видов *Fritillaria*, из которых 9 прошли химическую изоляцию и аутентификацию. Среди наиболее распространённых алкалоидов в китайском лекарственном сырье выделяют импералин (сипеймин), вертицин (пеймин), вертицинон (пейминин), изовертицин, а также несколько разновидностей эбеидина и пеймисина, которые считаются индикаторами данного рода растений. Из 35 видов рода *Fritillaria* было выделено около 140 химических соединений, из которых примерно 73% – изосте-

роидные алкалоиды, 12% - стероидные алкалоиды и около 16% - неалкалоидные вещества [11], [25].

В Узбекистане из надземной части *Petilium raddeanum* выделили изодигидроимпериалин, а из луковиц - новый алкалоид петисидин [26]. А также из алкалоидов луковиц *Petilium eduardi* (*Fritillaria eduardii*), собранных в районе Баба-тага, Сурхандарьинской области выделены пять известных соединений - империалин, эдпетилидин, эдуардин, импералон и петилин - а также два новых алкалоида: петин $C_{27}H_{45}NO_3$ и петин N-оксид $C_{27}H_{45}NO_4$ [27], а также из *Petilium eduardii* Rgl. (*Fritillaria eduardii*), выделили алкалоид империазин из надземной части, собранной в Бабатаге Сурхандарьинской области [28].

У *F. Pallidiflora* были выявлены стероидные сапонины, содержащие агликон с C27-спиростановой структурой (шестичленная кольцевая система), в том числе выделено восемь новых соединений этого типа [19], а также из

F. ebeiensis выделены новые дитерпены, из *F. imperialis* выделена новая дитерпеновая кислота. Из *F. ussuriensis* выделен водорастворимый полисахарид, а также в некоторых видах обнаружены нуклеозиды (аденозин, уридин и др.) [19].

Гликозиды. В *Fritillaria thunbergii* и ряде других видов найдены: флавоноиды, (изорафнетин, кемпферол и его гликозиды, дигидроапигенин), жирные кислоты (пальмитиновая, линолевая, олеиновая), летучие компоненты (терпены, ароматические спирты), аминокислоты и нуклеозиды (аденозин, гуанозин, цитидин) [24].

4.2. Сравнительный анализ состава некоторых видов рода *Fritillaria* (*F. cirrhosa*, *F. thunbergii*, *F. Imperialis*, *F. puqiensis*, *F. unibracteata*, *F. Pallidiflora*, *F. ussuriensis*, *F. eduardii*)

Из этанольного экстракта клубней *F. puqiensis* были выделены шесть новых стероидных алкалоидов: пукиенины C-E (puqienines C-E, 1-3 соединения), пукиедин (puqiedine, 4 соединение), 3 α -пукиедин-7-ол (3 α -puqiedin-7-ol, 5 соединение), пукиетиндион (puqietinedione, 6 соединение), (см. рис 3). Кроме того, были идентифицированы два известных алкалоида - пукиединон (puqiedinone) (7 соединение) и пеймисин reimisine (8 соединение) [29].

В результате химических исследований из *Fritillaria unibracteata* в период с 1986 по 1992 выделили чуаньбейнон, сонгбейзин, сонгбейнин и сонгбейнон, что дало толчок к дальнейшему изучению его компонентов. Позже, в 1999 году, Ли и др. (1999) идентифицировали ряд алкало-

идов, включая эбейдин, эбейединон, вертицин, изовертицин, вертицинон и империалин. В 2016 году Чжоу и др. (2016) выделили кофеин с помощью многократной колоночной хроматографии на силикагеле. Кроме алкалоидов, в *Fritillaria unibracteata* обнаружены неалкалоидные компоненты, такие как β -ситостерин, D-сахароза, бутилформиат, пальмитиновая кислота, н-докозан, эйкозилвиниловый эфир угольной кислоты, ванилин, п-гидроксibenзальдегид и глицеринмоностеарат. Также были найдены микроэлементы: K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Cr, Ni, Pb, Cd и др. [12], а также в его составе были идентифицированы редкие α -аминобутенолиды, ранее зарегистрированные исключительно у морских организмов и грибов [11].

Химический состав *F. Pallidiflora*, произрастающей в провинции Синьцзян Китая был изучен, и стероидные сапонины и алкалоиды считаются основными его компонентами [25]. Были исследованы также стероидные гликозиды и их цитотоксическая активность в *F. meleagris* [11]. Из фенилпропаноидов (лигнанов, кумаринов и флавоноидов) в *Fritillaria pallidiflora* и *Fritillaria thunbergii* были выделены 13 фенилпропаноидных компонентов, полученных из их надземных и подземных частей [11], [32], [43].

Для определения химического состава компонентов *Fritillaria* spp. исследователи применяли комплекс современных аналитических методов, включая высокоэффективную жидкостную хроматографию (ВЭЖХ), квадрупольно-время пролётную масс-спектрометрию (Q-TOF MS), ближнюю инфракрасную спектроскопию (NIR) [31], а также рентгеноструктурный анализ, с помощью которого был идентифицирован новый алкалоид - пукиенин F (содержащий 12,16-эпоксидное кольцо), выделенное из *Fritillaria puqiensis* [11]. Также в ряде исследований использовались методы газовой хроматографии с масс-спектрометрией (ГХ-МС), тонкослойной хроматографии (ТСХ), классической газовой хроматографии (ГХ) [23]. На основании полученных данных установлено, что основными алкалоидами, обнаруженными в большинстве видов рода *Fritillaria*, являются империалин, вертицин, вертицинон, изовертицин, ебейдин и пеймисин. Таким образом, алкалоидный состав видов *Fritillaria* различается, но в то же время содержит ряд общих алкалоидов, характерных для многих представителей этого рода. Кроме того, в таких видах, как *F. ussuriensis*, *F. cirrhosa*, *F. pallidiflora*, *F. thunbergii* и *F. eduardii*,

были выявлены стероидные алкалоиды, характерные для этих видов, что указывает на наличие видоспецифических профилей вторичных метаболитов. В то же время в *F. ruqiensis* и *F. imperialis* данные соединения не были обнаружены, что подчёркивает химическое разнообразие представителей рода *Fritillaria* и может служить основой для хемотаксономической дифференциации видов. Также следует отметить, что алкалоид эдуардин, ранее описанный у *Fritillaria eduardii*, был также идентифицирован в *Fritillaria thunbergii*, что свидетельствует о более широком распространении данного соединения среди видов рода *Fritillaria* и подчёркивает необходимость дальнейшего исследования его хемотаксономической значимости.

4.3. Влияние условий произрастания, сбора и хранения на химический состав

Виды, растущие выше 2700 м, содержат в основном алкалоиды цис-конфигурации, а виды низкогорий - преимущественно транс-конфигурации. Например, *F. cirrhosa* (Чуань Бэйму) содержит цис- и транс-цеваниновые алкалоиды, такие как импералин, пеимин и чуанбейнон. *F. unibracteata*, *F. taipaiensis* и *F. delavayi* также богаты импералином, пеимином, пеиминином и другими схожими соединениями. *F. Pallidiflora* и *F. walujewii* содержат до 30 различных алкалоидов, включая импералин и пеимизин. *F. thunbergii* (Чжэ Бэйму) характеризуется наличием транс-цеваниновых алкалоидов, таких как пеимин и пеиминин [3]. Таким образом, алкалоидный состав видов *Fritillaria* варьирует, но включает ряд общих биологически активных соединений.

Сравнительный анализ общего содержания и чистых алкалоидов, выделенных из растений на разных стадиях вегетации и в различных местах произрастания, выявил влияние почвенно-климатических условий на их качество и количество [22]. Согласно результатам исследований, светодневное освещение оказывает влияние на содержание стероидных алкалоидов у растений рода *Fritillaria*. При этом воздействие красного и инфракрасного света способствует увеличению концентрации алкалоидов. Оптимальным периодом сбора растения является стадия увядания, когда наблюдается наивысшее суммарное содержание алкалоидов [31].

5. Фармакологический потенциал

5.1. Противокашлевая активность

Этаноловые экстракты 9 видов *Fritillaria*, за исключением *F. delavayi* и *F. Pallidiflora*, также имеют значительный противокашлевой эффект благодаря содержащимся в них стероидным алкало-

идов [11], а также сумма алкалоидов и сапонинов является основными соединениями, способствующими отхаркивающему эффекту. Текущие научные исследования показывают, что противоастматический эффект *Fritillaria* связан с антагонизмом трахеального рецептора М [11].

5.2. Противоопухолевое и цитотоксическое действие

Современные фармакологические исследования подтверждают традиционные представления о терапевтической эффективности трав Bei Mu, демонстрируя их способность рассасыванию застойных явлений и уменьшению опухолевидных образований. Водный экстракт *F. cirrhosa* может значительно снизить рост клеток и инвазивный потенциал линий клеток рака яичников и эндометрия [11].

Также четыре цеваниновых алкалоида выделенные из *F. Pallidiflora*, проявили сильную цитотоксичность, причём чуанбейнон оказался наиболее активным против клеток лёгочной карциномы Льюиса [11]. Водный экстракт *F. cirrhosa* вызывал митотические нарушения и хромосомную нестабильность в клетках толстой кишки человека за счёт нарушений контроля деления клеток.

5.3. Противовоспалительная и антиоксидантная активность

Противовоспалительное действие алкалоидов луковиц *Fritillaria unibracteata* var. *cirrhosa* было подтверждено на различных моделях животных [12], этанольный экстракт луковиц которого может уменьшать легочный фиброз у крыс. Натуральное растительное сырьё, полученное из видов *Fritillaria*, оказывает выраженное фармакологическое действие на дыхательную систему, включая смягчение кашля, отхождение мокроты, облегчение симптомов астмы, хронической обструктивной болезни лёгких (ХОБЛ) и острого повреждения лёгких (ОПЛ), что связано с противовоспалительным эффектом. Этанольные экстракты *F. cirrhosa* и *F. Pallidiflora* подавляли ушной отёк [31].

5.5. Другие фармакодинамические эффекты

Водный экстракт *Fussuriensis* может предотвратить повышение систолического артериального давления при гипертонии [11]. Ингибирование ацетилхолинэстеразы считается перспективным подходом к лечению болезни Альцгеймера. Из луковиц *F. imperialis* были выделены алкалоиды фортицин, персиканидин А и империцин, которые проявили ингибирующую активность против ацетилхолинэстеразы и бутирилхолинэстеразы [11].

Пеиминин из *F. ussuriensis* обладает противоаллергическим действием, каурановый дитерпен из *F. ebeiensis* - нейропротекторным эффектом. Вертицинон проявил гипогликемическую активность, усиливая секрецию инсулина и усвоение глюкозы [11].

Водные и этанольные экстракты *F. imperialis* проявили цитотоксическое, цитостатическое и проапоптотическое действие на клетки рака печени и молочной железы человека, при этом этанольный экстракт оказался более активным [11].

Алкалоиды (вертицинон) *Fritillaria* проявляют выраженные седативные и анальгезирующие свойства, что делает перспективными дальнейшие исследования по уточнению механизмов и применению в клинической практике [12].

6. Современные исследования и перспективы применения

6.1. Обзор современных научных публикаций (in vitro, in vivo, доклинические и клинические исследования)

Исследования некоторых видов *Fritillaria* показали, что алкалоиды накапливаются главным образом в луковицах и частично в проростках, выращенных in vitro. Самое сильное окрашивание, указывающее на высокое содержание алкалоидов, отмечено в чешуях предварительно охлаждённых луковиц, что делает их лучшим источником для выделения алкалоидов in vitro [48].

Многие виды, такие как *F. cirrhosa*, *F. thunbergii* и *F. verticillata*, используются в традиционных китайских средствах от кашля. В Китайской фармакопее они перечислены под названиями Чуань Бэй Му (Chuan Bei Mu), Чжэ Бэй Му (Zhe Bei Mu), И Бэй Му (Yi Bei Mu), Хубэй Бэй Му (Hu Bei Bei Mu) и Пин Бэй Му (Ping Bei Mu). Эти препараты часто входят в состав лекарственных сборов вместе с экстрактами лопуха (*Eriobotrya japonica*) [19].

Луковицы *F. verticillata* также известны в Японии как Бэй Му. Наиболее известные китайские лекарственные препараты из рябчика - Чуань Бэй Му и Чжэ Бэй Му. Чуань Бэй Му получают из видов *F. cirrhosa*, *F. unibracteata*, *F. przewalskii*, *F. delavayi*, *F. taipaiensis* и *F. wabuensis*. Чжэ Бэй Му - из *F. thunbergii* и *F. thunbergii* var. *chekiangensis* [19]. Прогресс в области аналитической химии и молекулярной биологии существенно способствовал активизации исследований данных лекарственных ресурсов. Однако остаётся необходимость в дальнейшем изучении более широкого круга видов как с целью их рационального использования, так

и для выявления новых биологически активных соединений с потенциальной клинической значимостью.

Поскольку основные исследования проводились в пределах рода *Fritillaria*, опубликованных статей и работ, посвящённых исключительно *Fritillaria eduardii* - эндемику Центральной Азии, немного. Тем не менее, в литературе содержится информация, например, об интродукции *F. eduardii* в условиях Памирского ботанического сада [2], о морфологии и мерах по сохранению данного вида ботаническим садом города Куляба [33], а также о некоторых особенностях произрастания и реликтовом статусе этого вида в книге «Флора и растительность ущелья реки Варзоба» П. Н. Овчинникова [16]. В других доступных публикациях содержатся преимущественно сведения о биологических свойствах растения. Так, Иманбердиева выращивала *F. eduardii*, завезённое из Баткена в район Аламедина города Бишкек, наблюдая за биологическими характеристиками и процессом роста растения в новой среде. Садыкова в своей работе по флоре Кыргызстана описала некоторые типичные для страны травянистые виды, включая *F. eduardii* [10]. Кроме того, исследования Шакирова и Набиева касались выявления новых алкалоидов данного рода [22, 26-28].

Пеимин - общий компонент 12 видов *Fritillaria* продемонстрировал способность преодолевать множественную лекарственную устойчивость опухолевых клеток в условиях in vitro [11].

Противоопухолевая активность *F. palidiflora* была проявлена соединением in vivo, в котором повышенная экспрессия каспазы-3 генерировала эффективность ангиогенеза опухоли и индуцировала апоптоз [11].

6.2. Потенциал для создания новых фитопрепаратов и биологически активных добавок (БАДов)

В последние годы наблюдается рост интереса к исследованию рода *Fritillaria*, особенно к виду *Fritillaria eduardii*, благодаря его значимым свойствам, которые делают его интересным для фармацевтической и фитотерапевтической области. Фитопрепараты на основе *Fritillaria eduardii* могут быть востребованы в традиционной и интегративной медицине. Разработка таких препаратов требует внедрения современных методов экстракции и стандартизации, что позволит обеспечить высокое качество и эффективность конечного продукта. Например, углубленное изучение технологий экстракции и фитохимического анализа приведет к

выявлению оптимальных условий для извлечения активных компонентов с максимальным сохранением их свойств. Биологически активные добавки (БАД), содержащие экстракты *Fritillaria eduardii*, могут использоваться не только для лечения, но и для профилактики заболеваний. Такой подход может существенно снизить потребность в синтетических лекарствах и обеспечить более естественные пути к выздоровлению.

Род *Fritillaria*, в частности вид *Fritillaria eduardii*, представляет собой многообещающий источник биологически активных соединений с разнообразными фармакологическими свойствами.

Fritillaria eduardii представляет собой уникальное растение с ограниченным ареалом и специфическими экологическими требованиями. Его изучение может предоставить ценную информацию о биогеографии Центральной Азии, а также о возможностях использования в традиционной медицине. Однако для более глубокого понимания его биологических и химических свойств необходимы дальнейшие исследования.

6.4. Охрана вида и рациональное природопользование (экология, защита, культивирование)

Центральный Памиро-Алай, почти полностью расположенный на территории Таджикистана, является одной из мировых горячих точек биоразнообразия, насчитывая около 4300 видов и 1400 эндемичных растений. Первое применение критериев Красного списка МСОП показало, что среди всех местных видов растений, встречающихся в Таджикистане, 1627 таксонов (38,11%) находятся под угрозой исчезновения, включая 23 вымерших (0,54%), 271 (6,34%) находящихся в критической опасности (CR), 717 (16,79%) находящихся под угрозой исчезновения (EN) и 639 (14,96%) уязвимых (VU). В глобальном масштабе вымершими считаются 20 таксонов, 711 (16,65%) - под угрозой, включая 144 (3,37%) критически исчезающих, 322 (7,54%) исчезающих и 245 (5,73%) уязвимых [5].

Исследования показали, что численность растения сокращается из-за сбора цветов и разрушения местообитаний. Декоративные растения имеют более высокий риск исчезновения, тогда как виды, собираемые для медицинских целей или используемые в пищу и на корм, менее подвержены угрозам.

По данным Новака [5] Красные книги Таджикистана [45], изданные в 1988 и 2015 годах, включают соответственно 209 и 239 сосудистых растений. Эти числа удивительно низки, учиты-

вая серьёзные угрозы со стороны урбанизации, сельского хозяйства и климатических изменений.

На январь 2022 года 20 видов *Fritillaria* внесены в Красный список МСОП Международный союз охраны природы (IUCN — *International Union for Conservation of Nature*) как находящиеся под угрозой исчезновения [5].

Успешно культивируются: *F. thunbergii*, *F. monantha*, *F. anhuiensis*, *F. ussuriensis*, *F. cirrhosa*, *F. unibracteata*, *F. taipaiensis*, *F. delavayi*. В основном применяют следующие методы: искусственное разведение луковицами; тканевая культура *in vitro*, имитация дикого выращивания [3].

Искусственное культивирование, включая методы *in vitro*, представляет собой эффективный подход к достижению баланса между экономической выгодой и охраной окружающей среды. Виды, произрастающие на низких высотах, успешно размножаются вегетативным способом через луковицы, тогда как высокогорные виды по-прежнему в значительной степени зависят от сбора дикорастущих растений. Комплексное применение тканевой культуры, вегетативного размножения и методов, имитирующих природные условия, может стать перспективным направлением для устойчивого промышленного использования *Fritillaria*. Основная проблема заключается в создании культивируемых сортов с терапевтическим эффектом, сопоставимым с дикорастущими.

По литературным данным [41] культура *Fritillaria eduardii* (*петилиума Эдуарда*) создана в ботанических садах Харьковского и Тартуского университетов, а также начиная с 1952 года культивируется в Институте ботаники Таджикистана [39], в Памирском ботаническом саду [2] и ботаническом саду г. Куляба [33].

6.5. Рекомендации для дальнейших исследований

Результаты исследований, проведённых зарубежными учёными в отношении других видов рода *Fritillaria* установило, что растения семейства Liliaceae традиционно использовались как противокашлевые, отхаркивающие и противоастматические средства. Более того, в последние годы был установлен их терапевтический потенциал в отношении тяжёлых острых респираторных синдромов, включая инфекции, вызванные коронавирусами, что обусловлено способностью активизировать противовирусный иммунный ответ [11].

Рябчик Эдуарда (*Fritillaria eduardii*), произрастающий на территории Таджикистана, до настоящего времени остается недостаточно из-

ученным. Целью нашего исследования в будущем является детальное изучение химического состава луковиц данного вида, а также выявление его потенциальной фармакологической активности. В перспективе другие исследователи могут сосредоточить внимание на изучении природных запасов рябчика Эдуарда, а также на разработке методов увеличения численности его популяций. Такая работа представляется особенно важной в связи с проблематичным семенным размножением растения, его цветение наступает лишь через 5–7 лет после прорастания, в зависимости от вида, что значительно осложняет воспроизводство в естественной среде. Кроме того, обнаруженные в составе растений данного рода стероидные сапонины обладают выраженной противоопухолевой, антитромботической, противовоспалительной и противогрибковой активностью, что значительно расширяет перспективы его дальнейшего фармакологического изучения и применения в медицине.

Дальнейшие исследования должны сосредоточиться на клинических испытаниях с использованием продуктов на основе *Fritillaria*, а также на детальном анализе их механизмов действия и безопасности применения.

Искусственное культивирование, включая методы *in vitro*, представляет собой эффективный подход к достижению баланса между экономической выгодой и охраной окружающей среды. Комплексное применение тканевой культуры, вегетативного размножения и методов, имитирующих природные условия, может стать перспективным направлением для устойчивого промышленного использования *Fritillaria*.

Заключение. Результаты последних публикаций и клинических исследований показывают важность дальнейших разработок в этой области, что может привести к существенному улучшению методов лечения различных заболеваний. На основании проведенных исследований, выполненных как в различных странах мира, включая Китай, Иран, Узбекистан, Турция, Киргизия, Таджикистан, так и зарубежными учёными, в период с 1982 по 2025 годов были собраны многочисленные данные о химическом составе и фармакологической активности лекарственного растения *Fritillaria eduardii* и других его видов. В ходе анализа выявлены сведения не только о химических соединениях и фармакологических свойствах растения, но также об ареале распространения, истории его номенклатуры и филогенетическом разделении внутри секции *Petilium*.

Необходимость дальнейшего изучения таких растений обусловлена перспективой выявления новых терапевтических свойств и совершенствования существующих методов клинического применения.

ВЭЖХ и ГХ - МС является основными методами для анализа фитохимического состава *Fritillaria*. Эти методы позволяют идентифицировать и количественно оценивать активные вещества, что критически важно для их применения в медицине и создании высококачественных фитопрепаратов.

Согласно имеющимся данным, представители данного вида, произрастающие на территории Таджикистана, содержат изостероидные алкалоиды, стероидные алкалоиды, сапонины и фенилпропаноиды. В народной медицине Таджикистана традиционно используются луковицы этого растения, однако исследования показали наличие значительного количества биологически активных соединений и в его надземных частях. Учитывая широкий ареал распространения *Fritillaria eduardii* в различных регионах Таджикистана, данный вид представляет значительный интерес для дальнейшего изучения его химического состава и фармакологических свойств.

Fritillaria остаётся ценным объектом как для традиционной медицины, так и для современной фармацевтики. Её потенциал далеко не исчерпан, и будущее исследований обещает новые открытия. Современные исследования подтвердили традиционные показания и выявляют новые перспективные направления - противоопухолевое, нейропротекторное и иммуномодулирующее применение.

Перспективы использования *Fritillaria eduardii* в медицинской практике включают не только применение в качестве ингредиента в фитотерапии, но и возможности создания новых лекарственных препаратов. Это открывает перспективы для применения *Fritillaria* в профилактике и лечении различных заболеваний, включая воспалительные и метаболические расстройства, такие как сахарный диабет 2 типа, который является одной из актуальных проблем как для Таджикистана, так и для всего мира.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Лосина-Лосинская А.С. Род 271. Рябчик (*Fritillaria* L.). В: Комаров В.Л., ред. Флора СССР. Т. 4. Ленинград: Издательство Академии наук СССР; 1935:232–246.
Losina-Losinskaya A.S. Genus 271. *Fritillaria* L. In: Komarov V.L., ed. Flora of the USSR. Vol. 4.

- Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences; 1935:232–246. (In Russ.)
2. Бекназарова Х.А. Интродукция редких и исчезающих видов растений в условиях Памирского ботанического сада. 2022.
Beknazarova H.A. Introduction of rare and endangered plant species in the Pamir Botanical Garden. 2022. (In Russ.)
3. Qu A., Wu Q., Su J., Li C., Yang L., Wang Z., et al. A review on the composition and biosynthesis of alkaloids and on the taxonomy, domestication, and cultivation of medicinal *Fritillaria* species. *Agronomy*. 2022;12.
4. Академия наук Таджикской ССР, Ботанический институт. Флора Таджикской ССР. Под ред. П.Н. Овчинникова. Москва; Ленинград: Издательство Академии наук СССР. 1963;2:456
Academy of Sciences of the Tajik SSR, Botanical Institute. Flora of the Tajik SSR. Ed. by P.N. Ovchinnikov. Moscow; Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences. 1963; 2:456. (In Russ.)
5. Nowak A., Świerszcz S., Nowak S., Hisorev H., Klichowska E., Wróbel A., et al. Red List of vascular plants of Tajikistan – the core area of the Mountains of Central Asia global biodiversity hotspot. *Sci Rep*. 2020.
6. Wietsma W.A., Deinum D., Teunissen HAS, van den Berg R.G. Phylogenetic relationships within *Fritillaria* section *Petilium* based on AFLP fingerprints. 2015.
7. *Fritillaria*. Wikipedia: the free encyclopedia [Internet]. Available from: <https://en.wikipedia.org/wiki/Fritillaria> (accessed 20 Aug 2025).
8. The Emergence of *Fritillaria imperialis* in Written References of Traditional Persian Medicine: a Historical Review. *Herbal Medicines Journal*. 2017;2(1):39–42.
9. Dai Y., Liu S., Yang L., He Y., Guo X., Ma Y., et al. Explorative study for the rapid detection of *Fritillaria* using gas chromatography-ion mobility spectrometry. *Front Nutr*. 2024.
10. Kimsanaliev D., Marakli S., Kaya Y. *Fritillaria cinsinin ve bu cinsin bir üyesi olan Aygül lalesi'nin (Fritillaria eduardii) dünü, bugünü ve yarını*. *Int J Life Sci Biotechnol*. 2022;5(3):627–642.
11. Wang X., et al. Natural drug sources for respiratory diseases from *Fritillaria*: chemical and biological analyses. *Chin Med*. 2021.
12. Zhang Y., Han H., Li D., Fan Y., Liu M., Ren H., et al. Botanical characterization, phytochemistry, biosynthesis, pharmacology, clinical application, and breeding techniques of *Fritillaria unibracteata*. *Front Pharmacol*. 2024.
13. Toshtemirov J.G., Buxorov G.X., Baysunov B.X., Azimov B.I., Karimov B.A., Dumacheva E.V., Yusupov Z.O. Seed germination of *Fritillaria eduardii*. *XORAZM MA'MUN AKADEMIYASI AXBOROTNOMASI* 2024;(11)1.
14. Wietsma W.A., van den Berg R.G., van Scheepen J., Wieringa J.J. The nomenclatural history of *Fritillaria eduardii* and the correct names of its varieties. 2011.
15. *List of Fritillaria species*. Wikipedia: the free encyclopedia [Internet]. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_Fritillaria_species (accessed 2 Sep 2025).
16. Овчинников П.Н. Флора и растительность ущелья реки Варзоб. 1971:256–405.
Ovchinnikov P.N. Flora and vegetation of the Varzob River gorge. 1971:256–405.
17. Hu H., Xu Z., Wei Y., Wang T., Zhao Y., Xu H., et al. The Identification of *Fritillaria* Species Using Hyperspectral Imaging with Enhanced One-Dimensional Convolutional Neural Networks via Attention Mechanism. *Foods*. 2023;12:4153.
18. The Japanese Pharmacopoeia. 18th ed. Tokyo: Ministry of Health, Labour and Welfare; 2021;2005.
19. Hao D.C., Gu X.J., Xiao P.G., Peng Y. Phytochemical and biological research of *Fritillaria* medicinal resources. *Chin J Nat Med*. 2013;11.
20. Huang J, Yu.Y., Liu Y.M., Xie D.F., He X.J., Zhou S.D. Comparative Chloroplast Genomics of *Fritillaria* (Liliaceae), Inferences for Phylogenetic Relationships between *Fritillaria* and *Lilium* and Plastome Evolution. *Plant Mol Phylogenet Evol Genomics*. 2020.
21. An Y.L., Wei W.L., Guo D.A. Application of Analytical Technologies in the Discrimination and Authentication of Herbs from *Fritillaria*: A Review. *Crit Rev Anal Chem*. 2022.
22. Шакирова У.Т., Шакиров Р., Нигматуллаев А.М. Динамика накопления алкалоидов в *Petilium eduardi*. Журнал «Химия природных соединений». 2003.
Shakirova U.T., Shakirov R., Nigmatullaev A.M. Dynamics of alkaloid accumulation in *Petilium eduardi*. *Journal "Chemistry of Natural Compounds"*. 2003.
23. Cui M.C., Chen S.J., Wang H.H., Li Z.H., Chen H.J., Chen Y., et al. Metabolic profiling investigation of *Fritillaria thunbergii* Miq. by gas chromatography–mass spectrometry. *J Food Drug Anal*. 2018.
24. Rashid I., Yaqoob U. Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of genus *Fritillaria*—a review. *Bull Natl Res Cent*. 2021;45:124.
25. Shen S., Li G., Huang J., Chen C., Ren B., Lu G., et al. Steroidal saponins from *Fritillaria pallidiflora*. 2012.
26. Nabiev A. Alkaloids of *Petilium raddeanum*. 1982.
27. Alkaloids of *Petilium eduardii*: Petine and Petine N-oxide. 1994.
28. Shakirova U.T., Shakirov R. Imperiazine, a new alkaloid from *Petilium eduardi*. 2001.
29. Jiang Y., Li P., Li H.J., Yu H. New steroidal alkaloids from the bulbs of *Fritillaria pugiensis*. *Steroids*. 2006;71:843–848.

30. Wang J., Zhang N.P. Progress of research and application of microscopic identification of traditional Chinese medicine. *Chin Pharm Aff.* 2018;32:1051–7.
31. Wu F., Tian M., Sun Y., Wu C., Liu X. Efficacy, chemical composition, and pharmacological effects of herbal drugs derived from *Fritillaria cirrhosa* D. Don and *Fritillaria thunbergii* Miq. *Front Pharmacol.* 2022.
32. Li H., Hung A., Li M., Yang A. *Fritillariae Thunbergii Bulbus*: traditional Uses, phytochemistry, pharmacodynamics, pharmacokinetics and toxicity. *Int J Mol Sci.* 2019;20:1667.
33. Бобоев Т., Бобоев М.Т. Боғи ботаникии шаҳри Кулоб. 2016:48–49
Boboev T., Boboev M.T. Gods of botany shakhri Kulob. 2016:48–49
34. Ghahreman A., Okhovvat A.R. Matching the old medicinal plant names with scientific terminology. Vol. 1. University of Tehran Press; 2004. p. 59.
35. Kiani M. Iran Supports a Great Share of Biodiversity and Floristic Endemism For *Fritillaria* spp. (Liliaceae): A Review. 2017.
36. Овчинников П.Н., ред. Растительность Таджикистана и её освоение. Душанбе: Дониш; 1974.
Ovchinnikov P.N., ed. Vegetation of Tajikistan and its development. Dushanbe: Donish; 1974.
37. Комаров В.Л., ред. Растительность Таджикистана и её освоение. Т. VIII. Ленинград: Издательство Академии наук СССР; 1940.
Komarov V.L., ed. Vegetation of Tajikistan and its Development. Vol. VIII. Leningrad: Publishing House of the USSR Academy of Sciences; 1940.
38. Тахтаджян А.Л., ред. Жизнь растений. Т. 6. Москва: Просвещение; 1982.
Takhtadzhyan A.L., ed. Life of Plants. Vol. 6. Moscow: Prosveshchenie; 1982.
39. Таджикская советская Энциклопедия. Ч. 8. Душанбе; 1988.
40. Курбонбекова Ш.Ш. Шифо. Т. 1. Душанбе: Ирфон; 2023.
41. Белоусова Л.С., и др. Редкие растения СССР. Москва: Лесная промышленность; 1979.
42. Абуали ибн Сина (Авиценна). Канон врачебной науки. Кн. III, Т. 2. Ташкент: ФАН Узб. ССР; 1980:191-392.
Avicenna (Abu Ali ibn Sina). Canon of Medicine. Book III, Vol. 2. Tashkent: FAN Uzb. SSR; 1980:191-392.
43. Liu J., Zhu Z. Regulation of Steroidal Alkaloid Biosynthesis in Bulbs of *Fritillaria thunbergii* Miq. by Shading and Potassium Application: Integrating Transcriptomics and Metabolomics Analyses. *Biology.* 2025;14(6):633.
44. Marwal A., Gaur R.K. Molecular markers: tool for genetic analysis. 2020.
45. Красная книга Таджикской ССР. Душанбе: Дониш; 1988:269–270.
Red Data Book of the Tajik SSR. Dushanbe: Donish; 1988:269–270.
46. Pharmacopoeia of the People's Republic of China. Vol. 1 [in Chinese]. Beijing: People's Medical Publishing House; 2005:8–11.
47. <https://www.plantarium.ru/page/image/id/548858.html>. (дата обращения: 22.08.2025)
48. Marija Marković. Histochemical Localization of Alkaloids in the Bulbs of In Vitro-Regenerated Snake's Head Fritillary (*Fritillaria meleagris* L.): The Effect of a Temperature Regime. Innovative Micropropagation of Horticultural and Medicinal Plants. 2023.

Информация об авторах

Муродова Нушина Махмадовна — аспирантка ТГМУ имени Абуали ибни Сино, младший научный сотрудник ГУ «Научно-исследовательского фармацевтического центра» Министерство здравоохранение и социальной защиты население Республики Таджикистан, г. Душанбе, Таджикистан.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4244-9723>

E-mail: mnushina1990@gmail.com

Юсуфи Саломуддин Джаббор - д.ф.н, профессор, академик Национальной академии наук Таджикистана. Первый заместитель министра здравоохранения и социальной защиты населения Республики Таджикистан. Душанбе, Таджикистан.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1442-9508>

E-mail: salomudin@mail.ru

Имомиён Равшан – кандидат химических наук, ученый секретарь ГУ «Научно-исследовательского фармацевтического центра» Министерство здравоохранение и социальной защиты население Республики Таджикистан, г. Душанбе, Таджикистан.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0133-8279>

E-mail: tudacavsh@yandex.ru

Бобокалонов Джамшед Толехмуродович - Институт химии им. В.И. Никитина Национальной академии наук Республики Таджикистан, ведущий научный сотрудник, кандидат биологических наук.

Email: jamshedbt@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0829-9364>

Information about the authors

Murodova Nushina Mahmadvna - Postgraduate student at Avicenna Tajik State Medical University, Junior Researcher at the State Institution "Research Pharmaceutical Center" of the Ministry of Health and Social Protection of the Population of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4244-9723>

E-mail: mnushina1990@gmail.com

Yusufi Salomudin Jabor - Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of Tajikistan. First Deputy Minister of Health and Social Protection of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1442-9508>

E-mail: salomudin@mail.ru

Imomiyon Ravshan – Candidate of Chemical Sciences, Scientific Secretary of the State Institution "Research Pharmaceutical Center" of the Ministry of Health and Social Protection of the Population of the Republic of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan.

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0133-8279>

E-mail: tudacavsh@yandex.ru.

Bobokalonov Jamshed Tolehmudivich - V.I. Nikitin Institute of Chemistry of the National Academy of Sciences of Tajikistan, Senior Researcher, Candidate of Biological Sciences.

Email: jamshedbt@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0829-9364>

Информация об источнике поддержки в виде грантов, оборудования, лекарственных препаратов

Финансовой поддержки со стороны компаний-производителей лекарственных препаратов и медицинского оборудования автор не получил

Information about support in the form of grants, equipment, medications

The authors did not receive financial support from manufacturers of medicines and medical equipment

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

Authors declare no conflict of interest

ВКЛАД АВТОРОВ

Н.М. Муродова - разработка концепции и дизайна исследования, анализ полученных данных, редактирование, общая ответственность.

С.Дж. Юсуфи - разработка концепции и дизайна исследования, анализ полученных данных, редактирование, подготовка текста.

Р. Имомиён - сбор материала, статистическая обработка данных, подготовка текста.

Дж.Т. Бобокалонов - сбор материала, статистическая обработка данных, подготовка текста.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

N.M. Murodova – concept and design, analysis and interpretation, critical revision of the article, overall responsibility.

S.J. Yusufi – concept and design, analysis and interpretation, critical revision of the article, writing the article

R. Imomiyon – data collection, statistical data processing, writing the article

J. T. Bobokalonov – data collection, statistical data processing, writing the article

Поступила в редакцию / Received: 15.12.2025

Принята к публикации / Accepted: 06.03.2026