

ФАРМАКОЛОГИЯ И ФАРМАЦИЯ PHARMACOLOGY AND PHARMACY

ЭТНОФАРМАКОЛОГИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ *PIPER BETLE* ИЗ ИНДОНЕЗИЙСКО-АЗИАТСКОГО РЕГИОНА И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В БИМЕДИЦИНСКИХ ЦЕЛЯХ

Заранайна Р.-Л.¹,
Суслина С. Н.¹,
Козлова Ю.К.¹,
Эбзеева А.М.-А.¹,
Паевская О.А.³,
Лисова П.А.³,
Марусич Е.И.²

¹ Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы (117198, Москва, ул. Миклухо-Макляя, д. 6, Россия)

² Институт Биофизики Будущего, Московский физико-технический институт (Национальный Исследовательский Университет) (141700, Долгопрудный, Институтский пер., д. 9/3, Россия)

³ ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет) (119991, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2, Россия)

Автор, ответственный за переписку:
Марусич Елена Ивановна,
e-mail: marusich.ei@mipt.ru

РЕЗЮМЕ

Обоснование. *Piper betle* семейства перечных Piperaceae, (*P. betle*) — лиана, произрастающая в тропиках Индонезийско-Азиатского региона, издавна активно используется в народной медицине в качестве источника средств для решения самых различных проблем со здоровьем. Вместе с тем, способы и цели использования *P. betle* в народной медицине различаются от региона к региону, а эффективность его воздействия на человека остается недооцененной в полной мере.

Цель исследования. Систематизировать и проанализировать современные литературные данные о фармакологическом потенциале лекарственного растения *Piper betle*, произрастающего в странах Индонезийско-Азиатского региона: Мадагаскар, Индия, Бали и Китай.

Материалы и методы. Поиск и анализ данных проводился в международных и региональных базах данных (PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Google Scholar) за период с 1996 по 2025 гг.

Результаты. В ходе анализа научных литературных данных было показано, что целевой фрагмент метаболома (ЦМФ) *Peper betle* характеризуется сложным составом биологически активных веществ (БАВ), который существенно варьирует от региона к региону. БАВ ЦМФ этого растения отвечают за различные виды фармакологической активности, что оправдывает его применение в традиционной медицине и вызывает растущий интерес со стороны медицинского научного сообщества. Установлено, что в пределах ареала произрастания *P. betle* отличается вариабельностью химического состава ЦМФ по содержанию алкалоидов, терпенов, фенольных соединений, в том числе флавоноидов и летучих компонентов.

Заключение. *P. betle* представляет собой перспективный объект для дальнейших исследований в области фитофармакологии и репродуктивной медицины. Очевидно, для подтверждения выявленных эффектов на основе литературных источников необходимы углубленные доклинические и клинические исследования. Вместе с тем, собранные литературные данные могут способствовать проведению будущих исследований в области фармакологии с целью создания новых перспективных лекарственных средств.

Ключевые слова: *Piper betle*, этноботаника, фитохимия, химический состав, биологическая активность, традиционная медицина

Статья поступила: 14.12.2024
Статья принята: 29.10.2025
Статья опубликована: 26.11.2025

Для цитирования: Заранайна Р.-Л., Суслина С.Н., Козлова Ю.К., Эбзеева А.М.-А., Паевская О.А., Лисова П.А., Марусич Е.И. Этнофармакологические характеристики *Piper betle* из индонезийско-азиатского региона и перспективы его использования в биомедицинских целях. *Acta biomedica scientifica*. 2025; 10(5): 205-214. doi: 10.29413/ABS.2025-10.5.22

ETHNOPHARMACOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PIPER BETLE FROM INDONESIAN-ASIAN REGION AND PROSPECTS OF ITS USE IN BIOMEDICAL PURPOSES

Zaranaina R.-L.¹,
Suslina S.N.¹,
Kozlova Y.K.¹,
Ebzeyeva A.M-A.¹,
Paevskaya O.A.³,
Lisova P.A.³,
Marusich E.I.²

¹ Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba (Miklukho-Maklaya st., 6, Moscow 117198, Russian Federation)

² Institute of Biophysics of the Future, Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University) (Institutskiy per., 9/3, Dolgoprudny 141700, Russian Federation)

³ First Moscow State Medical University named after I.M. Sechenov of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University) (Trubetskaya St., 8, b. 2 Moscow 119991, Russian Federation)

Corresponding author:

Elena I. Marusich,
e-mail: marusich.ei@mipt.ru

RESUME

Rationale. *Piper betle* of the family of Piperaceae, (*P. betle*) is a liana growing in the tropics of the Indonesian-Asian region, has long been actively used in folk medicine as a source of remedies for a variety of health problems. At the same time, the methods and purposes of using *P. betle* in folk medicine vary from region to region, and the effectiveness of its impact on human remains fully underestimated.

The aim of the study. To systematize and analyze modern literature data on the pharmacological potential of the medicinal plant *Piper betle*, growing in the countries of Madagascar, India, Bali and China of the Indonesian-Asian region.

Materials and methods. The search and analysis of data were carried out in international and regional databases (PubMed, Scopus, Web of Science, Science Direct, and Google Scholar) for the period from 1996 to 2025.

Results. The analysis of scientific literature data showed that the target fragment of metabolome (TFM) of *Peper betle* is characterized by a complex composition of biologically active compounds (BAS), which varies significantly from region to region. BAS of the TFM of this plant are responsible for various types of pharmacological activity, which justifies its use in traditional medicine and growing interest to the medical scientific community. It was found that within the range of *P. betle* growth, the chemical composition of TFM varies in terms of the content of alkaloids, terpenes, phenolic compounds, including flavonoids and volatile components.

Conclusion. *P. betle* is a promising object for further research in the field of phytopharmacology and reproductive medicine. Obviously, in-depth preclinical and clinical studies are needed to confirm the identified effects based on literature sources. At the same time, the collected literature data can contribute to future research in the field of pharmacology in order to create new promising drugs.

Keywords: *Piper betle*, ethnobotany, phytochemistry, chemical composition, biological activity, traditional medicine

Received: 14.12.2024
Accepted: 29.10.2025
Published: 26.11.2025

For citation: Zaranaina R.-L., Suslina S.N., Kozlova Y.K., Ebzeyeva A.M-A., Paevskaya O.A., Lisova P.A., Marusich E.I. Ethnopharmacological characteristics of *Piper betle* from Indonesian-Asian region and prospects of its use in biomedical purposes. *Acta biomedica scientifica*. 2025; 10(5): 205-214. doi: 10.29413/ABS.2025-10.5.22

ВВЕДЕНИЕ

Благодаря появлению многочисленных доказательств успешного применения *Piper betle* (*P. betle*) в лечебных целях на территории центрального и восточного регионов Малайзии в последнее время к растению проявляется активный научно-практический интерес [1]. В дикой природе это растение распространено в основном в странах Южной и Юго-Восточной Азии, включая Индию, Шри-Ланку, Бангладеш, Малайзию, Индонезию, Бирму, Филиппины и некоторые районы Китая. Он также встречается на островах Тихого океана, таких как Фиджи, Микронезия и Соломоновы острова [2]. В Индии, Тайланде, Шри-Ланке, Тайване и многих других тропических регионах Южной и Юго-Восточной Азии, Африке и на острове Мадагаскар широко распространено его культивирование в коммерческих целях для использования в качестве продукта питания и сырья для фармацевтической промышленности.

P. betle примечателен тем, что его называют «зеленым золотом Индии», ведь согласно приблизительной оценке, около 20 миллионов человек зависят от этого растения, поскольку оно является источником дохода для них от производства, обработки и переработки его листьев [3]. Листья *P. betle* присутствуют в культуре народов Хинду, так как они широко ими используются в различных общественных, культурных и религиозных церемониях. *P. betle* с древних времен используется во многих традиционных медицинских направлениях, таких как индийская аюрведическая медицина, традиционная китайская медицина, а также в народной системе Вест-Индии и Латинской Америки. В аюрведе применяют сок растения, изготовленный из листьев, также *P. betle* используют в качестве вспомогательного средства в комбинациях с другими лекарственными растениями [4]. В традиционной медицине листья *P. betle* используют для лечения различных заболеваний, таких как простуда, бронхиальная астма, кашель, боль в желудке, ревматизм, для лечения воспалительных процессов, включая фурункулы, неприятный запах изо рта, запор, конъюнктивит, заболевания полости рта, абсцессы, травмы и порезы [5].

В последнее время особый интерес стали представлять сведения о биологической активности химических соединений, входящих в состав лекарственных растений, представленных разнообразными классами химических соединений, такими как алкалоиды, гликозиды различной структуры, фенольные соединения, в том числе флавоноиды и танины, терпены и олигосахариды [6]. Широкий спектр химических соединений *P. betle*, включая хавикол, хавибетол, гидроксикавикола, эвгенол, эстрагол, метилэвгенол, гидроксикатехин, α -пинен, кариофиллен, β -пинен, 1,8-цинеол и другие, во многом определяется особенностями среды произрастания, типом почв, географическими характеристиками места произрастания, исследуемого растения. В данном обзоре мы проанализировали информацию о целевых фрагментах метаболома (ЦФМ) *P. betle*, произрастающего в различных частях Индонезийско-Азиатского региона, и оценили данные

о фармакологической активности, которые делают его одним из важнейших представителей этномедицины региона. В тоже время, принимая во внимание огромный недоиспользованный потенциал практического использования *P. betle* в качестве лекарственного средства, мы сфокусировали внимание на всестороннем изучении актуальных исследований, относящихся к его применению для поддержания здоровья человека.

Поддержание репродуктивного здоровья как женщин, так и мужчин, является актуально-значимой составляющей общего здоровья человека, поскольку нарушения фертильности и гормонального баланса становятся всё более распространёнными для половозрелого населения во многих странах. Традиционное использование *P. betle* народами различных регионов в целях улучшения сексуальной активности и фертильности позволяют предположить его потенциальную роль в поддержании репродуктивного здоровья. Поскольку БАВ *P. betle*, характеризующиеся многофункциональным действием, способны оказывать влияние как на воспалительные, так и на гормональные процессы, непосредственно участвующие в регуляции репродуктивной функции, систематизирование этих современных научных данных позволит оценить возможную роль этого растения в регуляции репродуктивной функции человека и животных.

Таким образом, данная статья представляет собой обзор последних исследований биологической активности различных морфологических частей растения *P. betle* из четырех различных областей Индонезийско-Азиатского региона, описывающих причинно-следственную связь между традиционным применением данного растения жителями этих регионов и потенциальным улучшением их здоровья.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Систематизировать и проанализировать современные литературные данные о фармакологическом потенциале лекарственного растения *Piper betle*, произрастающего в странах Мадагаскар, Индия, Бали и Китай Индонезийско-Азиатского региона.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск и анализ данных проводился в международных и региональных базах данных (PubMed, Scopus, Web of Science, ScienceDirect, Google Scholar за период с 1996 по 2025 гг.).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Условия произрастания *P. betle* в дикой природе и при культивировании

P. betle произрастает в регионах тропического и субтропического климата. Растение активно развивается при постоянной температуре от 15 до 30 °C и при

относительной высокой влажности воздуха [7]. Температура ниже 10 °C может поставить под угрозу его рост и, в конечном результате, выживание. Таким образом, ареал распространения растения в дикой природе ограничен его тепловыми и водными потребностями. Так как для активного роста *P. betle* необходимо рассеянное освещение, а не прямой солнечный свет, он предпочитает второй ярус тропического леса под кронами высокорастущих деревьев. Длительное воздействие солнечного света может привести к водному и тепловому стрессу, что негативно сказывается на развитии растения [7]. Для оптимального роста растению необходима хорошо дренированная почва, богатая органическими веществами. Оптимальным считается pH почвы в пределах от 5.5 до 6.5 [8]. Несоответствующие этим нормам условия могут привести к проблемам с питанием и ухудшению состояния растения.

Лучшими условиями для культивирования *P. betle* являются высокогорья, особенно плодородные песчаные или песчано-глинистые, или супесчаные почвы с хорошей дренажной системой и диапазоном pH 5.6–8.2, поэтому засоленные и щелочные почвы, где существует проблема заболачивания, не подходят; требуется около 2250–4750 мм осадков, относительная влажность 40–80 % и диапазон температур 15–40 °C, считающиеся подходящими. В условиях культивирования требуется регулярный обильный полив каждые 3–4 дня, но при этом крайне важно избегать заболачивания, ему полезны регулярные опрыскивания водой для повышения влажности окружающей среды [7]. В фермерских хозяйствах *P. betle* размножают методом черенкования стебля с обязательной поддержкой, необходимой для роста лианы в вертикальном положении. Через 1 год после посадки черенка *P. betle*, его листья уже можно собирать в качестве сырья для практического использования и продолжать сбор с одного растения в течение нескольких лет [9].

Биологически активные соединения целевого фрагмента метаболома *Piper betle* различных регионов

Piper betle, называемый «рап» на хинди, имеет важное значение и в культурной жизни, и в медицине Индии. Он широко культивируется и употребляется в пищу по всей стране, играет важную роль в различных религиозных церемониях. Многочисленные исследования показали обширный спектр фитохимического состава *P. betle*, обусловленного климатическими условиями его произрастания в данном регионе, включая состав почвы, влажность воздуха и количество дождей в регионе. Содержание биологически активных веществ (БАВ) зависит также от времени сбора листьев перца Бетеля в данном регионе, от видового разнообразия других растений, произрастающих в ареале перца Бетеля, а также типа агрохимической деятельности данного региона [10]. Интересно, что в состав перца Бетеля Индийского региона входят соединения класса фенолов и терпенов. Особенно распространены терпеноиды и их производные, включая кадинен, 1,8-цинеол,

чавикол, чавибетол, сафрол, камфен, лимонен, кариофиллен, пинен, карвакрол, аллилпирокатехол, эвгенол [11]. В водных и метанольных экстрактах *P. betle* Индийского региона обнаруживают алкалоиды, флавоноиды, танины, стероиды, гликозиды, сапонины и терпеноиды [12]. В извлечениях листьев *P. betle* из Шри-Ланки обнаруживают сесквитерпен, кадинен и кариофиллен и сафрол (52,7 %), эвгенилацетат (5,8 %), аллилпирокатехолацетат (15,4 %) и эвгенол (6,4 %) [13]. К преобладающим химическим составляющим *P. betle* в Индийском регионе можно отнести гидроксихавикол, известный своими антибактериальными и антиоксидантными свойствами, пиперитенон и ацетат чавибетолла (группа фенолов), проявляющими значительную антимикробную и противогрибковую активность против 10 грамположительных, 12 грамотрицательных бактерий и одного штамма грибка, *Candida tropicalis* [14].

P. betle – ценящееся в Азии лекарственное растение и используемое как важный источник биологически активных химических соединений, таких как гидроксихавикол, флавоноиды, эвгенол, хавибетол и азотистые соединения природного происхождения. Авторы публикации утверждают, что различные биологически активные соединения, такие как танины, флавоноиды (кверцетин), эвгенол, гидроксихавикол и хавибетол обладают антибактериальными, противогрибковыми (*Aspergillus niger* и *Candida albicans*), антиоксидантными, противодиабетическими и противораковыми свойствами. [15]. Была изучена противомикробная активность таких фенольных соединений, как гидроксихавикол и эвгенол против ряда таких микроорганизмов, как грамотрицательные *Escherichia coli* and *Pseudomonas aeruginosa* и грамположительная *Staphylococcus aureus* бактерии, а также *Candida albicans*. [16]. Наличие летучих соединений обуславливают характерный аромат *P. betle*, среди которых наибольший интерес представляют лимонен, линалоол и метилхавикол [17]. Флавоноиды, в числе которых были обнаружены кверцетин и кемпферол, продемонстрировали выраженные антиоксидантные и противовоспалительные свойства [18]. Помимо перечисленных классов соединений, в состав *P. betle* Азиатского региона входят терпены и аминокислоты [19].

Применение *P. betle* с давних времен легло в основу многих культурных и медицинских традиций различных регионов острова Бали. Балийский *P. betle* характеризуется высоким содержанием фенольных соединений и эфирных масел, в частности, сафрола, хавибетолла и эвгенола, а также флавоноидов, танинов и гидроксихавикола. Благодаря такому составу, экстракты *P. betle* из Бали обладают выраженной антиоксидантной активностью, проявляющейся в способности нейтрализовать свободные радикалы, предотвращать окислительное повреждение клеток и снижать уровень окислительного стресса, что особенно важно для защиты репродуктивных клеток и других биологических структур от повреждений [20]. Фенольные соединения, в том числе гидроксихавикол и эвгенол, в изобилии содержащиеся в *P. betle* на Бали, проявляют

сильную антибактериальную активность против специфических патогенов, подавляя рост как грамположительных *Staphylococcus aureus*, так и грамотрицательных *Escherichia coli* бактерий, и нарушая формирование биоплёнок [21]. Летучие соединения, в особенности лимонен, линалоол и метилхавикол, обуславливают характерный аромат балийского *P. betle* [22].

Экстракты листьев *P. betle*, произрастающего в южных регионах Китая, обладают сложным фитохимическим составом, включающим такие биологически активные соединения, как *гидроксихавикол*, *эвгенол*, *хавибетол*, *флавоноиды* (например, *кверцетин* и *апигенин*) и дубильные вещества. *Гидроксихавикол* и *эвгенол* проявляют выраженную антимикробную активность *in vitro* против *Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*, но также обладают антиоксидантной активностью, подтверждённой методами DPPH (*дифенилпикрилгидразил*) и ABTS (*2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфонат)*). Такие фенольные соединения как *гидроксихавикол* и *эвгенол*, также в изобилии содержатся в китайском *P. Betle* [23]. Летучие соединения придают китайскому *P. betle* характерный аромат, среди них линалоол и β -карофиллена как основные соединения в китайских исследованиях [24]. Флавоноиды, такие как *кверцетин* и *кемпферол*, были обнаружены в китайском *P. betle*, и их антиоксидантный и противовоспалительный потенциал был широко изучен [25].

Биологическая активность соединений, источником которых является *Piper betle*

P. betle – растение, широко используемое в традиционной азиатской медицине, обладает впечатляющим разнообразием биологических свойств, которые стали предметом обширных исследований. Фенольные соединения, такие как *гидроксихавикол* и *эвгенол*, обладают значительной антиоксидантной активностью, нейтрализуют свободные радикалы, защищая клетки от окислительного повреждения [26].

Целевой фрагмент метаболома (ЦФМ) *P. betle* продемонстрировал выраженные антимикробные свойства, что подтверждено рядом исследований. Установлено, что за эти свойства отвечает такое соединение, как *гидроксихавикол*, проявляющий антибактериальную (*Staphylococcus aureus* и *Escherichia coli*) [27] и фунгицидную активность [28]. *Гидроксихавикол*, *эвгенол*, *аллилпирокатехол*, *карвакрол*, *метилэвгенол* в составе *P. betle* продемонстрировали противогрибковую активность в отношении различных видов грибов [27, 21, 16]. В двух исследованиях, опубликованных в 2023 году, была подтверждена выраженная антимикробная активность экстрактов листьев *P. betle* против патогенных штаммов бактерий. Так, в исследовании Lao RCC et al. показано, что этанольный экстракт листьев *P. betle* активен против и штамма *Staphylococcus aureus* ATCC 29213 и способен разрушать продуцированные им биоплёнки [29]. Jantorn P. et al. продемонстрировал, что экстракт листьев *P. betle* эффективен против клинических изолятов *Staphylococcus pseudintermedius*, включая как метициллин-чувствительные (MSSP), так

и метициллин-резистентные штаммы (MRSP), что подчёркивает потенциал *P. betle* как природного антимикробного средства [30].

Листья *P. betle* обладают антипаразитарными свойствами, а также подавляют рост и угнетают жизнеспособность простейших (*Giardia intestinalis*) [31]. Некоторые исследования показали, что такие соединения как *гидроксихавикол* могут оказывать благоприятное воздействие при лечении рака [32]. Показано, что листья *P. betle* оказывают стимулирующее воздействие на центральную нервную систему. Он связан со стимулирующими, эйфорическими и когнитивными свойствами, что делает его соединением, представляющим интерес для нейрофармакологических исследований [5].

Гидроксихавикол, содержащийся в *P. betle* L. в большом количестве, был изучен на предмет его противовоспалительного потенциала. Он действует путем ингибирования выработки медиаторов воспаления, что позволяет предположить его потенциальное применение для лечения воспалительных заболеваний [33].

В ряде исследований на людях изучалось влияние веществ ЦФМ *P. betle* на функцию сперматозоидов. В исследовании [34] показано, что регулярное употребление этого растения может оказывать негативное влияние на качество спермы. При изучении сперматогенеза у самцов крыс Wistar оказалось, что применение экстракта в дозах 200, 400 и 800 мг/кг массы тела в течение 30 дней снижал количество, концентрацию, подвижность и нормальную морфологию сперматозоидов. При изучении влияния экстракта на цикл у самок крыс, было зафиксировано изменение у них продолжительности менструального цикла, что позволяет предположить влияние *P. betle* на регулярность репродуктивного цикла [35]. Вместе с тем, в этих работах показано, что компоненты ЦФМ растения могут препятствовать нормальной выработке сперматозоидов и повлиять на работу яичек и качество спермы, а также потенциально могут нарушать функцию яичников и созревание яйцеклеток и, следовательно, на менструальный цикл. Важно отметить, что влияние *P. betle* на репродуктивное здоровье может варьироваться в зависимости от дозы, частоты и продолжительности употребления.

В исследованиях на животных также изучалось возможное влияние ЦФМ *P. betle* на уровень сахара в крови. Исследование, опубликованное в 2025 году [36], показало, что извлечения из *P. betle* способны снижать уровень глюкозы в крови крыс-диабетиков, что говорит о возможности их применения для лечения диабета 2-го типа.

Сопоставление научных данных о ключевых БАВ ЦФМ *P. betle*, произрастающего в различных регионах, и исследований их биологической активности продемонстрировано в таблице 1.

Перспективы исследований *Piper betle* по созданию средств для поддержания репродуктивного здоровья

Извлечения, полученные из *P. betle*, обладают антиоксидантными свойствами благодаря присутствию

ТАБЛИЦА 1

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА И БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ *P. BETLE* ИНДОНЕЗИЙСКО-АЗИАТСКОГО РЕГИОНА

TABLE 1

COMPARATIVE DATA FROM STUDIES OF THE CHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF *P. BETLE* IN THE INDONESIAN-ASIAN REGION

Область произрастания	Ключевые БАВ ЦФМ, выделенных из листьев <i>P. betle</i>	Описанные биологические и фармакологические свойства БАВ
Индийский регион	Эвгенол [37, 38]	Противокариозный, противопротозойный [37] Антиоксидант [38, 39, 40] Противовоспалительный [39, 41]
		Противогрибковый, Антиоксидант [37]
	Гидроксихавиол [42] Аллилпирокатехин [37] Чавиколь [43]	
Азиатский регион	Аллилпирокатехин диацетат [44]	Противодиабетический [44]
	Хавибитолаа ацетат [44]	Антиноцицептивный [44] Антимикробный [44] Инсектицидный [44] Антиоксидант [44] Гастропротекторный [44] Антидиабетический [44]
	3-фтор-2-пропиннитрит [45] Трис(трифторметил)фосфин [45]	Антимикробный [45]
	Кониферальдегид [7]	Противовоспалительный [46]
Бали и регион Индонезии	Эвгенол [47]	Противогрибковый [47]
	Гидроксихавиол [48]	Противовоспалительный [48] Антиоксидант [48]
Китай	Эвгенол [41]	Антибактериальный [41] Антиоксидант [41]
	Лигнаны: Ликарин А [49]	Противозудный [49]

гидроксихавикола и эвгенола, что позволяет предположить возможность защиты репродуктивных клеток от окислительного повреждения [50]. Исследования показывают, что комплекс БАВ ЦФМ *P. betle* обладает противовоспалительными свойствами, которые могут способствовать уменьшению воспаления в органах репродуктивной системы, и некоторые исследователи предполагают, что эти эффекты могут быть обусловлены такими соединениями, как эвгенол [1]. Некоторые соединения ЦФМ *P. betle* показали модулирующее действие на половые гормоны, такие как эстрадиол и прогестерон. Это потенциально может оказывать положительное влияние на гормональную регуляцию, связанную с репродуктивным здоровьем [51].

Извлечения из *P. betle* проявили антимикробную активность в отношении различных штаммов бактерий (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*) и грибов (*Trichophyton rubrum*, *T. mentagrophytes*, *Microsporum gypseum*, *Epidermophyton floccosum* и *Candida albicans*), что важно для профилактики инфекций, передающихся половым

путем и влияющих на репродуктивное здоровье [52, 53]. Отдельные исследования показывают, что извлечения из *P. betle* обладают противоопухолевой активностью *in vitro*, особенно в контексте онкологических заболеваний репродуктивных органов [54].

Несмотря на необходимость проведения дополнительных исследований, анализ опубликованных научных данных показывает, что БАВ ЦФМ *P. betle* могут оказывать благоприятное воздействие на либидо и сексуальную функцию, что может косвенно способствовать репродуктивному здоровью [55].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

P. betle относится к растениям, имеющим культурное, пищевое и лекарственное значение в странах, где оно произрастает в дикой природе или культивируется человеком в целях практического использования. Успех его применения в качестве сельскохозяйственной культуры

в значительной степени зависит от специфических условий окружающей среды, при этом глубокое понимание биологических особенностей этого растения имеет решающее значение для его устойчивого выращивания и сохранения в ареалах естественного произрастания.

Сложный комплекс БАВ ЦФМ *P. betle* отвечает за различные виды фармакологической активности, что оправдывает его применение в традиционной медицине и вызывает растущий интерес со стороны медицинского научного сообщества. В пределах ареала *P. betle* отличается вариабельностью химического состава ЦФМ по наличию и содержанию алкалоидов, фенольных соединений, в том числе флавоноидов, летучих компонентов. Эти соединения придают растению уникальные свойства, делая его важнейшим компонентом традиционной медицины стран произрастания.

Важно отметить, что химический состав ЦФМ *Piper betle* может меняться в зависимости от различных факторов, таких как разнообразие растений в окружающем тропическом биоценозе, климатические условия и географический регион его произрастания. Такая адаптационная изменчивость подчеркивает важность проведения специальных исследований по определению химического состава растения в каждом конкретном регионе. Вместе с тем, влияние средств, получаемых в народной медицине из этого растения, на улучшение здоровья человека является пока мало изученной темой в отношении безопасного использования этномедициной, изучению которого должно быть уделено в будущем самое серьезное внимание. В связи с этим, очевидным является актуальность дополнительных исследований для изучения молекулярно-биологической активности, лежащей в основе фармакологических характеристик химических компонентов лекарственного растения *P. betle*. Кроме того, необходимо проведение клинических исследований для выяснения всего спектра фармакологического действия лекарственных препаратов, создаваемых на основе растительного сырья из *P. betle*.

P. betle отличается широким диапазоном биологической активности ЦФМ: от антимикробных свойств до противовоспалительных, антиоксидантных, стимулирующих центральную нервную систему, противопаразитарных эффектов, и даже перспективами в борьбе с раком. Такое разнообразие биологических свойств делает *P. betle* интересным объектом исследований и ценным ресурсом как в традиционной, так и в современной медицине. В настоящее время проводятся исследования с целью изучения потенциала *P. betle* как источника противовоспалительных, антимикробных, антидиабетических и противораковых свойств. Однако следует отметить, что большинство этих экспериментов находится на начальных этапах и для подтверждения и уточнения их потенциальных преимуществ для человека необходимы дальнейшие исследования.

Несмотря на разнообразие научных публикаций, большинство исследований по изучению воздействия *P. betle* на репродуктивное здоровье человека остаются на доклиническом уровне. Некоторые исследования

на животных демонстрируют положительный эффект БАВ *P. betle* на овогенез, регулярность цикла и качество спермы, однако полученные данные, требуют более глубоких клинических подтверждений. Учитывая традиционное применение данного растения различными народами Индонезийско-Азиатского региона, как афродизиака, и наличие активно действующих соединений, потенциально влияющих на регуляцию уровня гормонов и воспалительных процессов, *P. betle* представляет собой перспективный объект для дальнейших исследований в отношении поддержания репродуктивного здоровья человека.

Конфликт интересов

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

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Sagar WH, Amol MA, Bhaurao K, Head K. *Piper betle* a herbal plant: A review. *Int J Food Sci and Nutr*. 2025; 10(1):27–35. URL: <https://www.foodsciencejournal.com/assets/archives/2025/vol10issue1/10006.pdf>. [date of access: 01.12.2024].
2. Pradhan D, Suri KA, Pradhan DK, Biswasroy P. Golden heart of the nature: *Piper betle* L. *J Pharmacogn Phytochem*. 2013; 1: 147–167. URL: <https://www.phytojournal.com/archives/2013/vol1issue6/PartA/19.pdf> [date of access:].
3. Das S, Parida R, Sandeep S, Nayak S, Mohanty S. Biotechnological intervention in *Betel* vine (*Piper betle* L.): A review on recent advances and future prospects. *Asian Pac J Trop Med*. 2016; 9(10): 938–946. doi: 10.1016/j.apjtm.2016.07.029
4. Taukoorah U, Lall N, Mahomoodally F. *Piper betle* L. (*Betel* quid) shows bacteriostatic, additive, and synergistic antimicrobial action when combined with conventional antibiotics. *S. Afr. J. Bot*. 2016; 105: 133–140. doi: 10.1016/j.sajb.2016.01.006
5. Chandra V, Yadav P, Verma NK, Khan WU. General neuropharmacological studies of *Piper betle* leaves on mice. *Int. J. of Health Sci*. 2022; 6(S1): 13087-99. doi: 10.53730/ijhs.v6nS1.8284
6. Bari MdS, Khandokar L, Yaque E, Romano B, Capasso R, Seidel V, et al. Ethnomedicinal uses, phytochemistry, and biological activities of plants of the genus *Gynura*. *J Ethnopharmacol*. 2021; 271: 113834. doi: 10.1016/j.jep.2021.113834
7. Tutu AKS, Guddun SSK, Kumari P, Dey SKD. An overview of *Betel* vine (*Piper Betle* L.): Nutritional, pharmacological and economical promising natural reservoir. *Adv, Horti, Sci*. 2022; 36(1): 63–80. doi: 10.36253/ahsc-12290
8. Gupta RK, Guha P, Srivastav PP. Phytochemical and biological studies of *Betel* leaf (*Piper betle* L.): Review on paradigm and its potential benefits in human health. *Acta Ecologica Sinica*. 2023; 43(5): 721–732. doi: 10.1016/j.chnaes.2022.09.006

9. Guha P, Jain RK. Status report on production, processing and marketing of *Betel* leaf (*Piper betle* L.). *Agricultural and Food Engineering Department, IIT, Kharagpur, India*. 1997; 15–22.
10. Garg SC, Jain RR. Volatile constituents of the essential oil of *Piper betle* L. (Cultiver Sagar Bangla). *Indian. J. Chem., Sect. B Organ. Chem.* 1996; 35: 874–875.
11. Bajpai V, Sharma D, Kumar B, Madhusudanan KP. Profiling of *Piper betle* L. in cultivars by direct analysis in real time mass spectrometric technique. *Biomed Chromatogr.* 2010; 24(12): 1283–1286. doi: 10.1002/bmc.1437
12. Syahidah A, Saad CR, Gassan MD, Rukayadi Y, Novarian MH, Kamarudin MS. Phytochemical analysis, identification and quantification of antibacterial active compounds in *Betel* leaves, *Piper betle* methanolic extract. *Pak. J. Bio. Sci.* 2017; 20(2): 70–81. doi: 10.3923/pjbs.2017.70.81
13. Mohottalage S, Tabacchi R, Guerin PM. Components from Sri Lankan *Piper betle* L. leaf oil and their analogues showing toxicity against the housefly, *Musca domestica*. *Flavour Fragr. J.* 2007; 22: 130–138. doi: 10.1002/ffj.1770
14. Sengupta R, Banik JK. A review on *Betel* leaf (PAN). *IJPSR.* 2013; 4(12): 4519–4524. doi: 10.13040/IJPSR.0975-8232.4(12).4519-24
15. Azahar NI, Mokhtar NM, Arifin MA. *Piper betle*: A review on its bioactive compounds, pharmacological properties, and extraction process. *IOP Conf Ser Mater Sci Eng.* 2020; 991(1): 012044. doi: 10.1088/1757-899X/991/1/012044
16. Nayaka NMDMW, Sasadara MMV, Sanjaya DA, Yuda PESKY, Dewi NLKAA, Cahyaingsih E and Hartati R. *Piper betle* (L): Recent review of antibacterial and antifungal properties, safety profiles, and commercial applications. *Molecules.* 2021; 26(8): 2321. doi: 10.3390/molecules26082321
17. Prabhu K, Sudharsan P, Ganesh KP, Chitra B, Janani C. Impact of *Piper betle* L. bioactive compounds in larvicidal activity against *Culex quinquefasciatus*. *J. Nat. Pestic. Res.* 2022; 2: 100–113. doi: 10.1016/j.napere.2022.100013
18. Mustafa RA, Hamid AA, Mohamed S, Bakar FA. Total phenolic compounds, flavonoids, and radical scavenging activity of 21 selected tropical plants. *J. Food Sci.* 2010; 75(1): 28–35. doi: 10.1111/j.1750-3841.2009.01401.x
19. Bajpai K, Sharma D, Kumar B, Madhusudanan KP. Profiling of *Piper betle* Linn. Cultivars by direct analysis in real time mass spectrometric technique. *Biomed Chromatogr.* 2010; 24(12): 12–83–1286. doi: 10.1002/bmc.1437
20. Carsono N, Tumilaar SG, Kurnia D, Latipudin D, Sartari MH. A review of bioactive compounds and antioxidant activity properties of *Piper* species. *Molecules.* 2022; 27(19): 6774. doi: 10.3390/molecules27196774
21. Wardani L, Ompusunggu GB, Wirawati KT, Yanti KRD. Recent advances and applications in the antibacterial activity of *Piper betle* leaf extract. *Pharm. Rep.* 2025; 4(1): 87. doi: 10.51511/pr.87
22. Anggara Nenohai J, Rosyida I, Agustina I, Yanti Vitarisma I, Marfuah S. Essential oils of green *Betel* leaf (*Piper Betle* L.) and red *Betel* leaf (*Piper Crocatum* Rulz and Pav): Comprehensive overview of components, component structure, hybridization, addition, biological activities and their benefits. *J. Kim. Mul.* 2024; 22(1): 11–23. URL: <https://jurnal.kimia.fmipa.unmul.ac.id/index.php/JKM/article/download/1262/1021/> [date of access:].
23. Ali A, Chong CH, Mah SH, Abdullah LC, Choong TSY, Chua BL. Impact of storage conditions on the stability of predominant phenolic constituents and antioxidant activity of dried *Piper betle* extracts. *Molecules.* 2018; 23(2) : 484. doi: 10.3390/molecules23020484
24. Hao CY, Fan R, Qin XW, Hu LS, Tan LH, Xu F, et al. Characterization of volatile compounds in ten *Piper* species cultivated in Hainan Island, South China. *Int. J. Food Prop.* 2018; 1; 21(1): 633–44. doi: 10.1080/10942912.2018.1446147
25. Chagas MDSS, Behrens MD, Moragas-Tellis CJ, Penedo GXM, Silva AR, Gonçalves-de-Albuquerque CF. Flavonols and flavones as potential anti-inflammatory, antioxidant, and antibacterial compounds. *Oxid. Med. Cell Longev.* 2022; 9966750. doi: 10.1155/2022/9966750
26. Rekha VPB, Kollipara M, Gupta BRSS, Bharath Y, Pulicherla KK. A review on *Piper betle* L.: nature's promising medicinal reservoir. *Am. J. Ethnomed.* 2014; 1(5): 276–289.
27. Ngamsurach P, Praipipat P. Antibacterial activities against *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* of extracted *Piper betle* leaf materials by disc diffusion assay and batch experiments. *RSC Adv.* 2022; 12(40): 26435–26454. doi: 10.1039/d2ra04611c
28. Ali I, Khan FG, Suri KA, Gupta BD, Satti NK, Dutt P, Afrin F, et al. *In vitro* antifungal activity of hydroxychavicol isolated from *Piper betle* L. *Ann. Clin. Microbiol. Antimicrob.* 2010; 9: 7. doi: 10.1186/1476-0711-9-7
29. Lao RCC, Yabes AM, Tobias-Altura M, Panganiiban LCR, Makalinao IR. *In vitro* antibacterial and antibiofilm activities of *Piper betle* L. ethanolic leaf extract on *Staphylococcus aureus* ATCC 29213. *Acta Med. Philipp.* 2023; 57(12): 53–60. doi: 10.47895/amp.vi0.6412
30. Jantorn P, Tipmanee V, Wanna W, Prapasarakul N, Visutthi M, Sotthibandhu DS. Potential natural antimicrobial and antibiofilm properties of *Piper betle* L. against *Staphylococcus pseudintermedius* and methicillin-resistant strains. *J. Ethnopharmacol.* 2023; 317: 116820. doi: 10.1016/j.jep.2023.116820
31. Pecková R, Doležal K, Sak B, Květoňová D, Kváč M, Petřík I, et al. Effect of selected Indonesian plants on *Giardia intestinalis* in an experimental *in vitro* model. *BMC Complement. Med. Ther.* 2025; 25(1): 1–8. doi: 10.1186/s12906-025-04755-8
32. Gundala S, Yang C, Mukkavilli R, Paranjpe R, Brahmbhatt M, Pannu V, et al. Hydroxychavicol, a *Betel* leaf component, inhibits prostate cancer through ROS-driven DNA damage and apoptosis. *Toxicol. Appl. Pharmacol.* 2014; 280(1): 86–96. doi: 10.1016/j.taap.2014.07.012
33. Pin K, Chuan AL, Rashih AA, Mazura MP, Fadzureena J, Vimala S, Rasadah MA. Antioxidant and anti-inflammatory activities of extracts of *Betel* leaves (*Piper betle*) from solvents with different polarities. *J. Trop. For. Sci.* 2010; 22(4): 448–455. URL: <https://www.jstor.org/stable/23616901>. [date of access: 01.12.2024].
34. Lubis M, Syahfitri W. Antifertility Effect of *Sirih* leaf (*Piper betle* L.) ethanol extract on male Wistar Rats

- spermatogenesis: Efek Antifertilitas Ekstrak Etanol Daun Sirih (*Piper betle* L.) Pada Spermatogenesis Tikus Wistar Jantan. *Jurnal Farmasi Galenika (Galenika Journal of Pharmacy) (e-Journal)*. 2023; 9(1): 110–8. doi: 10.22487/j24428744.2023.v9.i1.16029
35. Biswal S. Phytochemical analysis and a study on the antiestrogenic antifertility effect of leaves of *Piper betel* in female albino rat. *Anc. Sci. Life*. 2014; 34(1): 16–22. doi: 10.4103/0257-7941.150770
36. Ratul A, Rokeya B, Tusher H. Elucidation of phytochemicals and antidiabetic activity of methanolic extract of *Piper betle* Leaves on nSTZ-induced Type 2 diabetic Model. *Eur. J. Med. Health Sci*. 2025; 7(1): 428-41. doi: 10.34104/ejmhs.025.04280441
37. Sen S, Chakrabort R. (Eds.) Herbal Medicine in India 2020. *Springer Singapore*. doi: 10.1007/978-981-13-7248-3
38. Gupta RK, Guha P. Effect of ages on yield and quality of essential oil of betel leaf (*Piper betle* L.): Antioxidant activity, GC-MS and SEM analysis. *Food and Humanity*. 2023; 1: 1494–1502. doi: 10.1016/j.foohum.2023.10.017
39. Alam B, Akter F, Parvin N, Pia RS, Akter S, Chowdhury J, et al. Antioxidant, analgesic and anti-inflammatory activities of the methanolic extract of *Piper betle* leaves. *AJP*. 2013; 3(2): 112–125. doi: 10.22038/ajp.2013.16
40. Dasgupta N, De B. Antioxidant activity of *Piper betle* L. leaf extract *in vitro*. *Food Chem*. 2004; 88(2): 219–224. doi: 10.1016/j.foodchem.2004.01.036
41. Nguyen NH, Nhi TTY, Nhi NTV, Cuc TTT, Tuan PM, Nguyen DH. Comparative study of the silver nanoparticle synthesis ability and antibacterial activity of the *Piper Betle* L. and *Piper Sarmentosum Roxb* extracts. *J. Nanomaterials*. 2021; 5: 1-9. doi: 10.1155/2021/5518389
42. Peddapalli H, Boggula N, Ramya D, Rashi KN, Rao PV. Therapeutic potential of *Piper betle*: an amazing nature's medicinal reservoir. *Chem. Res. J*. 2020; 5: 62-75.
43. Sikdar B, Mukherjee S, Bhattacharya R, Raj A, Roy A, Banerjee D, et al. The anti-quorum sensing and biofilm inhibitory potential of *Piper betle* L. leaf extract and prediction of the roles of the potent phytochemicals. *Microb. Pathog*. 2024; 195: 106864. doi: 10.1016/j.micpath.2024.106864
44. Arambewela LSR, Arawwawala LDAM, Kumaratunga KG, Dissanayake DS, Ratnasooriya WD, Kumarasingha SP. Investigations on *Piper betle* grown in Sri Lanka. *Pharmacogn. Rev*. 2011; 5(10): 159-163. doi: 10.4103/0973-7847.91111
45. Valle JR, Puzon DL, Juliana JJM, Cabrera EC, Rivera WL. Thin layer chromatography-bioautography and gas chromatography-mass of antimicrobial leaf extracts from Philippine *Piper betle* L. against multidrug-resistant bacteria. *Evid. Based Complementary Altern. Med*. 2016; 2016: 4976791. doi: 10.1155/2016/4976791
46. San TT, Wang Y-H, Hu D-B, Yang J, Zhang D-D, Xia M-Y, et al. A new sesqueneolignan and four new neolignans isolated from the leaves of *Piper betle*, a traditional medicinal plant in Myanmar. *Bioorg. Med. Chem. Lett*. 2020; 31: 127682. doi: 10.1016/j.bmcl.2020.127682
47. Wirasuta IMAG, Srinadi IGAM, Dwidasmara IBG, Ardiyanti NLPP, Trisnadewi IGAA, Paramita NLPV. Authentication of *Piper betle* L. folium and quantification of their antifungal-activity. *J. Tradit. Complement. Med*. 2016; 7(3): 288–295. doi: 10.1016/j.jtcme.2016.08.006
48. Seo J, Lee U, Seo S, Wibowo AE, Pongtuluran OB, Lee K, Han SB, Cho S. Anti-inflammatory and antioxidant activities of methanol extract of *Piper betle* Linn. (*Piper betle* L.) leaves and stems by inhibiting NF-κB/MAPK/Nrf2 signaling pathways in RAW 264.7 macrophages. *Biomed. Pharmacother*. 2022; 155: 113734. doi: 10.1016/j.biopha.2022.113734
49. Xiao C-Y, Sun Z-L, Huang J, Li R-S, He J-M, Gibbons S, et al. Neolignans from *Piper betle* have synergistic activity against antibiotic-resistant *Staphylococcus aureus*. *J. Org. Chem*. 2021; 86(16): 11072–11085. doi: 10.1021/acs.joc.0c02682
50. Tuan PM, Ngan NT. Exploring the volatile compounds, pigments, phenolics and *in vitro* bioactivities of *Betel* Leaves from Vietnam. *TJNPR*. 2024; 30; 8(5): 7166–7122. doi: 10.26538/tjnpr/v8i5.18
51. Shah SK, Jhade DN. Evaluation of antifertility potential of *Piper betle* (Petiole) on female Wistar rats “rising approaches of herbal contraception”. *Biochem. Biophys. Rep*. 2018; 15: 97–102. doi: 10.1016/j.bbrep.2018.08.001
52. Sonphakdi T, Tani A, Payaka A, Ungcharoenwivat P. Antibacterial and toxicity studies of phytochemicals from *Piper betle* leaf extract. *J. King Saud. Univ. Sci*. 2024; 36(10): 103430. doi: 10.1016/j.jksus.2024.103430
53. Tutu AKS, Guddun SSK, Kumari P, Dey SKD. An overview of *Betel vine* (*Piper betle* L.): Nutritional, pharmacological and economical promising natural reservoir. *Adv. Horticul. Sci*. 2022; 36(1): 63-80. doi: 10.36253/ahsc-12290
54. Charirak P, Prajantasan R, Premprayoon K, Sri-kacha N, Ratananikom K. *In vitro* antibacterial activity and mode of action of *Piper betle* extracts against soft rot disease-causing bacteria. *Scientifica (Cairo)* 2023; 2023: e5806841. doi: 10.1155/2023/5806841
55. Biswas P, Anand U, Saha SC, Kant N, Mishra T, Masih H, et al. *Betelvine* (*Piper betle* L.): A comprehensive insight into its ethnopharmacology, phytochemistry, and pharmacological, biomedical and therapeutic attributes. *J Cell Mol. Med*. 2022; 26(11): 3083–119. doi: 10.1111/jcmm.17323

Сведения об авторах

Заранайна Зизиелла Роз-Лис – аспирант кафедры общей фармацевтической и биомедицинской технологии, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы; e-mail: zaranainaroselys@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-3444-7351>

Суслина Светлана Николаевна – доктор фармакологических наук, заведующий кафедрой общей фармацевтической и биомедицинской технологии, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы; e-mail: suslina-sn@rudn.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7333-2263>

Козлова Юлия Константиновна – ассистент кафедры общей фармацевтической и биомедицинской технологии, Медицинский институт, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы; e-mail: kozlova-yuk@rudn.ru, <https://orcid.org/0009-0005-2437-6218>

Эбзеева Алимат Мусса-Алиевна – кандидат фармакологических наук, старший преподаватель кафедры управления и экономики фармации, Медицинский институт, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы; e-mail: ebzeeva-am@rudn.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8201-4590>

Паевская Ольга Александровна – кандидат медицинских наук, доцент кафедры инфекционных болезней, ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), e-mail: paevskajao@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4917-3992>

Лисова Полина Александровна – ассистент кафедры инфекционных болезней, ФГАОУ ВО Первый МГМУ имени И.М. Сеченова Минздрава России (Сеченовский Университет), e-mail: paolino31@yandex, <https://orcid.org/0000-0002-2009-8354>

Марусич Елена Ивановна – кандидат биологических наук, заместитель заведующего лабораторией, Институт Биофизики будущего, Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет), e-mail: marusich.ei@mipt.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1943-6245>

Information about the authors

Ziziella Rose-Lys Zaranaina – postgraduate student, Department of General Pharmaceutical and Biomedical Technology, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia; e-mail: zaranainaroselys@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0000-3444-7351>

Svetlana N. Suslina – Dr. Sc. (Pharm.), Head of the Department of General Pharmaceutical and Biomedical Technology, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia; e-mail: suslina-sn@rudn.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7333-2263>

Yulia K. Kozlova – Assistant, Department of General Pharmaceutical and Biomedical Technology, Medical Institute, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia; e-mail: kozlova-yuk@rudn.ru, <https://orcid.org/0009-0005-2437-6218>

Alimat M.-A. Ebzeeva – Cand. Sc. (Pharm.), Senior Lecturer, Department of Pharmacy Management and Economics, Medical Institute, Patrice Lumumba Peoples' Friendship University of Russia; e-mail: ebzeeva-am@rudn.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8201-4590>

Olga A. Payevskaya – Cand. Sc. (Med.), Associate Professor, Department of Infectious Diseases, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia (Sechenov University); e-mail: paevskajao@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0003-4917-3992>

Polina A. Lisova – Assistant, Department of Infectious Diseases, I.M. Sechenov First Moscow State Medical University of the Ministry of Health of Russia (Sechenov University); e-mail: paolino31@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2009-8354>

Elena I. Marusich – Cand. Sc. (Biol.), Deputy Head of Laboratory, Institute of Biophysics of the Future, Moscow Institute of Physics and Technology (National Research University); e-mail: marusich.ei@mipt.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1943-6245>