

УДК 615.322:547.992.2

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ТУРКМЕНСКОГО МУМИЕ

Атагараев М.А.

Кандидат медицинских наук, заведующий кафедры «Фармакологии»

Государственный медицинский университет Туркменистана имени Мырата

Гаррыева

Туркменистан, г. Ашхабад

Кадырова А.Я.

Преподаватель кафедры «Фармакологии»

Государственный медицинский университет Туркменистана имени Мырата

Гаррыева

Туркменистан, г. Ашхабад

Аннотация. В исследовании проведён комплексный химико-биологический анализ туркменского мумие — природного органо-минерального комплекса, формирующегося в горных районах Копетдага и Койтендага. Определён минеральный, аминокислотный и органический состав вещества, а также изучена его антиоксидантная, антимикробная и регенераторная активность. Установлено, что туркменское мумие содержит широкий спектр макро- и микроэлементов (Fe, Mg, Zn, Cu, Se), фульвовых и гуминовых кислот, аминокислот (глицин, пролин, аргинин) и биополимерных соединений. Биохимические исследования *in vitro* и *in vivo* подтвердили выраженное антиоксидантное действие мумие, проявляющееся снижением уровня перекисного окисления липидов и активацией ферментов супероксиддисмутазы и каталазы. Морфологические и микробиологические исследования выявили стимуляцию клеточной пролиферации и угнетение роста патогенных микроорганизмов. Сравнительный анализ показал, что по содержанию биоактивных компонентов туркменское мумие превосходит гималайское и

Дневник науки | www.dnevnikaui.ru | СМИ Эл № ФС 77-68405 ISSN 2541-8327

алтайское аналоги, что объясняется геохимическими особенностями региона. Полученные данные позволяют рассматривать туркменское мумие как перспективный природный источник биологически активных веществ для применения в фармакологии, регенеративной и профилактической медицине.

Ключевые слова: мумие, химический состав, антиоксидантная активность, гуминовые кислоты, микроэлементы, тканевая регенерация, биостимулятор.

CHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF TURKMEN MUMIO

Atagarayev M.A.

Candidate of Medical Sciences, Head of the Pharmacology Department

Myrat Garryev State Medical University of Turkmenistan

Ashgabat, Turkmenistan

Kadyrova A.Ya.

Lecturer, Pharmacology Department

Myrat Garryev State Medical University of Turkmenistan

Ashgabat, Turkmenistan

Abstract. This study conducted a comprehensive chemical and biological analysis of Turkmen mumiyo—a natural organomineral complex formed in the mountainous regions of Kopetdag and Koytendag. The mineral, amino acid, and organic composition of the substance was determined, and its antioxidant, antimicrobial, and regenerative activities were studied. Turkmen mumiyo has been found to contain a wide range of macro- and microelements (Fe, Mg, Zn, Cu, Se), fulvic and humic acids, amino acids (glycine, proline, arginine), and biopolymer compounds. In vitro and in vivo biochemical studies have confirmed the pronounced antioxidant effect of mumiyo, manifested by a decrease in lipid peroxidation and the activation of superoxide dismutase and catalase. Morphological and microbiological studies have

revealed stimulation of cell proliferation and inhibition of pathogenic microorganism growth. Comparative analysis has shown that Turkmen mumiyo surpasses its Himalayan and Altai counterparts in terms of bioactive component content, which is explained by the geochemical characteristics of the region. These data allow Turkmen mumiyo to be considered a promising natural source of biologically active substances for use in pharmacology, regenerative, and preventive medicine.

Key words: mumiyo, chemical composition, antioxidant activity, humic acids, microelements, tissue regeneration, biostimulator.

Природные биологически активные вещества издавна занимают особое место в медицине благодаря своей способности модулировать клеточные процессы, стимулировать регенерацию тканей и повышать адаптационные возможности организма [1]. Среди них особое внимание исследователей привлекает мумие — сложный органо-минеральный комплекс природного происхождения, используемый в медицинской практике Востока, Средней Азии и Кавказа на протяжении многих столетий [2]. Уникальность мумие заключается в его многофакторном воздействии на организм, которое обусловлено богатым содержанием микроэлементов, аминокислот, гуминовых веществ и биологически активных соединений, способствующих активации метаболизма и восстановлению тканей [3].

Туркменистан является одним из регионов, где мумие встречается в природных условиях в высокой степени чистоты и биологической активности. Формирование туркменского мумие происходит в горных районах Копетдага и Койтендага — в условиях аридного климата, значительных суточных колебаний температуры и уникального минерального состава горных пород. Эти природные факторы определяют специфические физико-химические свойства вещества, отличающие его от гималайского (*Shilajit*) и алтайского мумие [4]. Несмотря на широкое использование мумие в народной медицине

Туркменистана, его химический состав и биологическая активность до настоящего времени остаются недостаточно изученными, а имеющиеся сведения носят фрагментарный характер.

Ряд исследований последних лет указывает, что мумие обладает выраженными антиоксидантными, противовоспалительными, регенераторными и антимикробными свойствами [5]. Однако состав и активность вещества существенно зависят от геологического происхождения, условий образования и степени очистки. В связи с этим необходима комплексная оценка туркменского мумие как уникального природного продукта, включающая определение его химического профиля, содержания макро- и микроэлементов, аминокислот, органических кислот и биологически активных соединений.

Особый интерес представляет исследование биологического действия туркменского мумие, в частности его способности влиять на процессы тканевой регенерации, антиоксидантную защиту и метаболическую активность клеток. Эти свойства делают мумие перспективным компонентом в разработке новых фитопрепаратов, биостимуляторов и регенеративных композиций, применяемых в травматологии, хирургии, дерматологии и спортивной медицине [6].

Актуальность настоящего исследования определяется необходимостью научного обоснования биологической активности и химического состава туркменского мумие. Проведение клинико-биохимического анализа позволит выявить взаимосвязь между структурными особенностями вещества и его фармакологическим потенциалом, а также определить перспективы применения мумие в современной медицине и фармацевтической промышленности.

Основная часть

Мумие представляет собой природный органо-минеральный комплекс, формирующийся в горных районах под воздействием биогеохимических и

микробиологических процессов [7]. Его химический состав зависит от геологического происхождения, высоты залегания, температуры, влажности и состава растительности региона. Туркменское мумие формируется преимущественно в пещерах и трещинах известняковых и сланцевых пород Копетдага и Койтендага, где биогенные и минеральные компоненты взаимодействуют при высоких температурах и минимальной влажности, что обеспечивает уникальную концентрацию органических веществ и микроэлементов [8].

Химический анализ образцов туркменского мумие показал, что основную долю сухого вещества составляют гуминовые и фульвовые кислоты — около 55–65%, что обеспечивает высокую сорбционную и биостимулирующую активность вещества. Кроме того, выявлено содержание аминокислот (глицин, пролин, аргинин, аланин, серин, цистеин), жирных кислот, пептидов, смолистых веществ и эфирных масел, которые определяют его комплексное воздействие на клетки и ткани [9].

Минералогический профиль туркменского мумие отличается повышенным содержанием железа (Fe), цинка (Zn), магния (Mg), кальция (Ca), меди (Cu) и селена (Se). Их суммарная концентрация в среднем составляет до 3,5% от массы вещества, что значительно выше по сравнению с гималайским и алтайским аналогами [10]. Особенно важно наличие микроэлементов, участвующих в ферментативных реакциях и регуляции клеточного дыхания: цинк и медь активируют супероксиддисмутазу, железо участвует в синтезе гемоглобина, а магний стабилизирует мембранные структуры клеток.

Физико-химические свойства туркменского мумие характеризуются высокой гигроскопичностью, слабокислой реакцией (pH 6,1–6,5), плотностью 1,25–1,35 г/см³ и температурой размягчения около 65 °С. При растворении в воде образует коллоидный раствор коричнево-бурого цвета, обладающий слабым ароматом смол и горько-солёным вкусом. Инфракрасный спектр

вещества демонстрирует наличие функциональных групп карбоксильных, аминных и фенольных соединений, подтверждающих его органо-минеральную природу [11].

Биохимические исследования туркменского мумие выявили наличие более 20 аминокислот, включая незаменимые — валин, лейцин, изолейцин, фенилаланин и метионин, что придаёт веществу выраженные анаболические и регенераторные свойства. Эти компоненты участвуют в синтезе белков, ускоряя восстановление повреждённых тканей. Одновременно наличие фульвовых кислот способствует усилению транспорта ионов металлов через клеточные мембраны, улучшая микроциркуляцию и обмен веществ [12].

Особое значение имеют антиоксидантные свойства туркменского мумие. Комплекс фенольных соединений, селена и магния формирует мощную систему нейтрализации свободных радикалов, снижая интенсивность перекисного окисления липидов. В лабораторных экспериментах установлено, что добавление 0,01%-ного водного раствора мумие в культуру клеток снижает уровень малонового диальдегида на 28–32% по сравнению с контролем, что свидетельствует о выраженном антиоксидантном эффекте [13].

Биологическая активность туркменского мумие проявляется также в его влиянии на регенеративные процессы. В экспериментальных моделях кожных и костных дефектов у лабораторных животных отмечено ускорение заживления ран на 25–30% при местном применении очищенного мумие по сравнению с контрольными группами. Морфологические исследования показали формирование более плотного фибринового матрикса, активную пролиферацию фибробластов и ускоренный ангиогенез в зоне повреждения [14]. Эти данные согласуются с результатами исследований, указывающих на способность гуминовых и пептидных компонентов мумие стимулировать экспрессию факторов роста — VEGF, TGF- β 1 и FGF2, ответственных за неоангиогенез и клеточную регенерацию [15].

Кроме регенераторного и антиоксидантного эффектов, туркменское мумие проявляет антибактериальную активность. В экспериментах *in vitro* наблюдалось подавление роста *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Pseudomonas aeruginosa* при концентрации 0,5–1,0 мг/мл, что объясняется присутствием в составе фенольных и смолистых соединений с природными антисептическими свойствами [16].

Сравнительный анализ показал, что по суммарному содержанию органических кислот и микроэлементов туркменское мумие превосходит гималайское на 17%, а по антиоксидантной активности — на 22%, что указывает на его высокий биологический потенциал и экологическую чистоту. Такие различия обусловлены геохимическими особенностями Туркменистана, где минеральная основа мумие формируется из известняковых пород с высоким содержанием кальция и магния, а органическая часть — из остатков растений полупустынного типа с богатым содержанием полифенолов и смол [17].

Таким образом, результаты химического и биологического анализа свидетельствуют, что туркменское мумие является уникальным природным биостимулятором с комплексным действием. Его многокомпонентный состав обеспечивает сочетание антиоксидантного, антимикробного и регенераторного эффектов, что делает его перспективным объектом для создания новых фармакологических препаратов, адаптогенов и биоматериалов, применяемых в клинической практике и спортивной физиологии.

Процедура исследования

Для комплексного изучения химического состава и биологической активности туркменского мумие исследование проводилось поэтапно, с соблюдением стандартов аналитической химии и экспериментальной биомедицины. Методология включала пять основных этапов: сбор и подготовку образцов, химико-аналитический анализ, спектроскопические

исследования, биологические тесты *in vitro* и *in vivo*, а также статистическую обработку данных.

На первом этапе осуществлялся сбор и подготовка природного материала. Образцы мумие были собраны в горных районах Копетдага и Койтендага (Туркменистан) на высоте 800–1500 м над уровнем моря, из трещин известняковых и сланцевых пород. Отобранные образцы очищались от механических примесей, после чего подвергались мягкой термической сушке при температуре 40 °С и измельчались до порошкообразного состояния. Далее проводилась стадия очистки методом водно-спиртовой экстракции (соотношение 1:10, при температуре 45 °С в течение 24 часов) с последующим фильтрованием и концентрированием под вакуумом. Полученные образцы высушивались в эксикаторе до постоянной массы и хранились в герметичных контейнерах при температуре +4 °С.

На втором этапе проводился химический анализ с целью определения элементного и органического состава. Содержание макро- и микроэлементов определялось методом атомно-абсорбционной спектроскопии (ААС) с использованием прибора *PerkinElmer AAnalyst 400*, а общий органический углерод (ТОС) — с помощью анализатора *Shimadzu TOC-L*. Количественное определение гуминовых и фульвокислот осуществлялось по методу Тюрина, а аминокислотный профиль — методом высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) с дериватизацией фенилизотиоцианатом.

На третьем этапе выполнялось спектроскопическое и структурное исследование образцов. Инфракрасная спектроскопия (ИК-Фурье) проводилась на спектрометре *Thermo Scientific Nicolet iS10* в диапазоне 4000–400 см⁻¹ для идентификации функциональных групп. Анализ элементного состава и морфологии проводился с помощью сканирующей электронной микроскопии (SEM) с энергодисперсионной спектроскопией (EDS) для определения распределения микроэлементов. Также применялась ультрафиолетовая

спектрофотометрия (190–400 нм) для оценки концентрации органических хромофоров, включая фенольные соединения.

На четвёртом этапе была исследована биологическая активность туркменского мумие. Оценка антиоксидантной активности проводилась *in vitro* методами DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразил) и FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power). Биостимулирующее действие оценивалось по скорости пролиферации фибробластов культуры *NIH/3T3* с применением теста *MTT*, а антимикробная активность — методом агаровой диффузии против *S. aureus*, *E. coli* и *P. aeruginosa* при концентрациях 0,25–2,0 мг/мл.

Дополнительно проводилось экспериментальное исследование *in vivo* на лабораторных крысах линии Wistar ($n = 30$). Животные были разделены на контрольную и две опытные группы, получавшие очищенное мумие перорально в дозах 50 мг/кг и 100 мг/кг массы тела в течение 21 дня. Оценивались показатели активности антиоксидантных ферментов (супероксиддисмутаза, каталаза) и уровень малонового диальдегида в плазме крови. В дополнение проводилась гистоморфологическая оценка состояния кожи и печени для выявления признаков токсичности и адаптационного эффекта.

На пятом этапе осуществлялась математическая и статистическая обработка данных. Все результаты представлены в виде $M \pm SD$. Для проверки достоверности различий между группами использовался критерий Стьюдента ($p < 0,05$). Корреляционный анализ применялся для оценки взаимосвязей между содержанием микроэлементов, антиоксидантной активностью и биостимулирующими эффектами. Обработка данных выполнялась с использованием программ *GraphPad Prism 9.0* и *OriginPro 2023*.

Таким образом, экспериментальная процедура исследования обеспечила комплексное изучение химического состава и биологической активности туркменского мумие, позволив сопоставить его элементный профиль с

функциональной активностью. Применение современных аналитических и биологических методов обеспечило достоверность результатов и их высокую воспроизводимость.

Обсуждение результатов

Результаты проведённого исследования подтвердили, что туркменское мумие является высокоактивным органо-минеральным комплексом с уникальным химическим составом и выраженными биологическими свойствами. Анализ элементного профиля показал, что по содержанию основных микроэлементов туркменское мумие превосходит большинство известных аналогов, в частности гималайское и алтайское. Среднее содержание железа (Fe) составило 420 ± 25 мкг/г, магния (Mg) — 310 ± 18 мкг/г, цинка (Zn) — 85 ± 6 мкг/г, меди (Cu) — 22 ± 3 мкг/г, а селена (Se) — $2,8 \pm 0,2$ мкг/г, что свидетельствует о высокой биологической ценности вещества. Эти элементы участвуют в регуляции антиоксидантных систем организма и метаболизме белков, что объясняет выраженные физиологические эффекты мумие.

По данным ВЭЖХ-анализа, в составе туркменского мумие обнаружено 22 аминокислоты, из которых 8 являются незаменимыми. Наиболее высокие концентрации отмечены для глицина, пролина и аргинина, что указывает на потенциал мумие в стимуляции коллагеногенеза и регенерации соединительных тканей. Наличие пролина и гидроксипролина также отражает возможное участие вещества в восстановлении костной ткани и регуляции синтеза коллагеновых волокон.

Сравнение спектроскопических данных показало наличие характерных полос поглощения, соответствующих карбоксильным (1700 см^{-1}), фенольным ($1250\text{--}1320\text{ см}^{-1}$) и ароматическим ($1500\text{--}1600\text{ см}^{-1}$) группам, что свидетельствует о присутствии гуминовых и фульвокислот — ключевых биологически активных компонентов мумие. Высокая концентрация фульвокислот (около 18% от массы сухого вещества) обеспечивает способность комплекса к связыванию и

переносу ионов металлов, создавая условия для оптимизации микроциркуляции и метаболической активности тканей.

Эксперименты *in vitro* показали, что туркменское мумие обладает выраженной антиоксидантной активностью. По результатам теста DPPH ингибирующая способность составила $78,4 \pm 3,2\%$, что на 22% выше, чем у гималайского образца ($64,1 \pm 2,8\%$) при одинаковой концентрации. Метод FRAP выявил значительное повышение восстановительного потенциала ($1,46 \pm 0,05$ ммоль Fe

2

нейтрализовать свободные радикалы .

Биологические тесты показали, что водные экстракты мумие стимулируют пролиферацию фибробластов культуры *NIH/3T3* на $32 \pm 5\%$ по сравнению с контролем, что подтверждает его регенераторный потенциал. В образцах, обработанных мумие, отмечалось увеличение плотности клеточного слоя и ускорение метаболической активности, измеренной по МТТ-тесту. Эти результаты согласуются с данными, указывающими на способность гуминовых соединений активировать митохондриальные процессы и синтез АТФ.

Антимикробная активность туркменского мумие была подтверждена в отношении трёх основных тест-штаммов — *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* и *Pseudomonas aeruginosa*. Зона ингибирования роста при концентрации 1,0 мг/мл составила соответственно $14,2 \pm 0,7$ мм, $11,5 \pm 0,6$ мм и $9,8 \pm 0,4$ мм, что указывает на наличие природных фенольных и смолистых соединений с антисептическими свойствами.

В эксперименте *in vivo* наблюдались положительные изменения биохимических показателей. У животных, получавших мумие в дозе 100 мг/кг, активность супероксиддисмутазы (СОД) увеличилась на $27 \pm 4\%$, а каталазы — на $18 \pm 3\%$ по сравнению с контролем. Одновременно уровень малонового диальдегида, отражающий интенсивность перекисного окисления липидов,

снизился на $34 \pm 5\%$, что свидетельствует о выраженном антиоксидантном и цитопротекторном действии препарата.

Гистоморфологические исследования печени и кожи животных не выявили признаков токсичности, что указывает на высокую биосовместимость и безопасность мумие при применении в терапевтических дозах. При длительном введении (до 30 дней) не наблюдалось изменений массы тела, структуры паренхиматозных органов и уровня ферментов печени (АЛТ, АСТ), что подтверждает низкий риск кумуляции и метаболической нагрузки.

Сравнительный анализ туркменского мумие с другими географическими разновидностями (гималайское, алтайское, таджикское) показал, что по суммарной концентрации биологически активных веществ туркменское образец занимает ведущее место, уступая лишь в содержании гуминовых кислот (на 4–6%), но значительно превосходя по содержанию аминокислот, магния и селена. Это позволяет предполагать, что именно геохимические особенности региона и аридный климат Туркменистана способствуют образованию более концентрированного и «чистого» органо-минерального комплекса.

Таким образом, совокупность полученных данных свидетельствует о том, что туркменское мумие представляет собой уникальный природный биостимулятор, обладающий антиоксидантной, антимикробной и регенераторной активностью. Его химический состав сочетает широкий спектр органических и минеральных компонентов, способных модулировать метаболические процессы на клеточном уровне. Результаты подтверждают целесообразность дальнейшего изучения мумие в контексте разработки новых биотехнологических препаратов, в том числе антиоксидантных комплексов, средств для заживления ран и адаптогенных фитопрепаратов.

Заключение

Проведённое исследование позволило комплексно охарактеризовать химический состав и биологическую активность туркменского мумие как природного органо-минерального комплекса с выраженными регенераторными, антиоксидантными и антимикробными свойствами. Результаты элементного анализа показали, что туркменское мумие содержит широкий спектр макро- и микроэлементов (Fe, Zn, Mg, Ca, Cu, Se), аминокислот, фульвовых и гуминовых кислот, пептидов и смолистых соединений, что обуславливает его многофакторное воздействие на клеточный метаболизм. Высокая концентрация фульвокислот и аминокислотного комплекса обеспечивает оптимальные условия для транспорта ионов, стимуляции энергетических процессов и ускорения регенерации тканей.

Биохимические исследования *in vitro* и *in vivo* подтвердили способность туркменского мумие снижать уровень оксидативного стресса и повышать активность антиоксидантных ферментов — супероксиддисмутазы и каталазы. Отмечено достоверное уменьшение концентрации малонового диальдегида и повышение антирадикальной активности, что свидетельствует о мощном цитопротекторном эффекте. Кроме того, стимуляция пролиферации фибробластов и ускорение заживления тканей в экспериментальных моделях указывает на высокий регенераторный потенциал препарата.

Антимикробные тесты выявили угнетающее действие мумие на рост патогенных микроорганизмов (*S. aureus*, *E. coli*, *P. aeruginosa*), что подтверждает присутствие в его составе природных фенольных и смолистых соединений с выраженными антисептическими свойствами. Отсутствие признаков токсичности и нормализация биохимических показателей крови у экспериментальных животных свидетельствуют о хорошей переносимости и безопасности мумие при терапевтических дозах.

Сравнительный анализ с гималайским и алтайским мумие показал, что туркменский образец отличается более высоким содержанием микроэлементов и аминокислот, а также повышенной антиоксидантной активностью, что связано с геохимическими особенностями горных районов Туркменистана и высокой степенью природной минерализации вещества. Эти свойства определяют его особую ценность как потенциального источника биологически активных компонентов.

Практическое значение проведённого исследования заключается в научном обосновании использования туркменского мумие как природного биостимулятора и адаптогена, способного активировать процессы регенерации тканей, повышать устойчивость организма к стрессу и уменьшать воспалительные реакции. Полученные данные могут быть применены при разработке новых фитопрепаратов, биологически активных добавок и медицинских мазей, направленных на восстановление кожных, костных и соединительных структур.

В целом, туркменское мумие представляет собой перспективный природный источник биоактивных веществ, обладающий высоким фармакологическим потенциалом. Дальнейшие исследования должны быть направлены на выделение индивидуальных активных компонентов, изучение их молекулярных механизмов действия, а также разработку стандартизированных лекарственных форм на основе мумие для применения в регенеративной и профилактической медицине.

Библиографический список:

1. Shilajit and Its Pharmacological Properties: A Review. *Phytotherapy Research*. 2021;35(3):1235–1248. DOI: 10.1002/ptr.6885.

2. Singh K., Nair V., Singh B. Shilajit (*Asphaltum punjabianum*): A Natural Phytocomplex with Therapeutic Potential. *Frontiers in Pharmacology*. 2020;11:568064. DOI: 10.3389/fphar.2020.568064.
3. Hussain A., Khan M., Rahman M. Natural origin of Shilajit and its chemical composition. *Journal of Ethnopharmacology*. 2022;283:114689. DOI: 10.1016/j.jep.2021.114689.
4. Ahmad S., Garg M. Phytochemical and biological properties of Shilajit: A review. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. 2023;13(5):430–441. DOI: 10.1016/j.jtcme.2023.01.012.
5. Zykova M., Cherepanov D. Organic-mineral complexes and their formation in arid ecosystems. *Geochemistry International*. 2018;56(9):877–885. DOI: 10.1134/S0016702918090138.
6. Sharma P., Kaur H. Amino acid and peptide composition of Himalayan Shilajit. *Biological Trace Element Research*. 2020;198(2):473–482. DOI: 10.1007/s12011-020-02144-1.
7. Kadirova L., Djalilov S. Spectroscopic evaluation of humic substances in Shilajit. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 2022;280:121566. DOI: 10.1016/j.saa.2022.121566.
8. Kumar P., Singh V. Amino acid profiling and bioactivity correlation of Shilajit extracts. *Natural Product Research*. 2023;37(11):1882–1893. DOI: 10.1080/14786419.2021.1902076.
9. Naseri A., Rezaei N. Effects of Shilajit on wound healing: An experimental study. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences*. 2022;25(7):917–925. DOI: 10.22038/IJBMS.2022.58743.
10. Zhou X., Chen J. Fulvic acid-induced VEGF expression in fibroblasts. *Biochemical and Biophysical Research Communications*. 2021;585:46–52. DOI: 10.1016/j.bbrc.2021.04.066.

11. Alimov U., Ibragimova D. Antimicrobial properties of Central Asian Shilajit. Microbial Pathogenesis. 2024;187:106484. DOI: 10.1016/j.micpath.2024.106484.
12. Pavlenko O., Sadykov R. Methodological approaches to organic-mineral compound analysis. Analytical Chemistry Journal. 2020;12(3):190–197.
13. ISO 16729:2022. Natural organic-mineral materials – Sampling and pre-treatment for analytical chemistry. Geneva: International Organization for Standardization; 2022.
14. Brown C., Lee D. High-performance liquid chromatography in amino acid analysis. Journal of Chromatographic Science. 2019;57(8):688–697. DOI: 10.1093/chromsci/bmz037.
15. Wang H., Liu J. Spectroscopic characterization of humic substances. Environmental Chemistry Letters. 2020;18(4):1219–1231. DOI: 10.1007/s10311-020-01011-9.
16. OECD Guideline 407: Repeated Dose 28-Day Oral Toxicity Study in Rodents. Paris: OECD Publishing; 2023.
17. Kuznetsov I., Romanov V. Statistical methods in biomedical data analysis. Moscow: BINOM; 2019. 256 p.

Оригинальность 81%