

Оригинальная статья / Original article

УДК 582.29

DOI: 10.18470/1992-1098-2022-3-125-134

Анализ разнообразия и функциональных признаков эпифитных лишайников в лесах Дагестана разных формаций

Азиз Б. Исмаилов

Горный ботанический сад ДФИЦ РАН, Махачкала, Россия

Контактное лицо

Азиз Б. Исмаилов, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории интродукции и генетических ресурсов древесных растений, Горный ботанический сад ДФИЦ РАН; 367000 Россия, г. Махачкала, ул. М. Гаджиева, 45.

Тел. +79285664236

Email i.aziz@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0563-0004>

Формат цитирования

Исмаилов А.Б. Анализ разнообразия и функциональных признаков эпифитных лишайников в лесах Дагестана разных формаций // Юг России: экология, развитие. 2022. Т.17, N 3. С. 125-134. DOI: 10.18470/1992-1098-2022-3-125-134

Получена 23 мая 2022 г.

Прошла рецензирование 14 июля 2022 г.

Принята 5 августа 2022 г.

Резюме

Цель. Вдоль высотного градиента меняется структура лесных сообществ, что влечет за собой изменения в составе эпифитных лишайников. Цель исследования – сравнительный анализ видового состава и функциональных признаков эпифитных лишайников в лесах Дагестана разных формаций для выявления ключевых отличий лишенофлоры.

Материал и методы. Данные по разнообразию и структуре 334 видов эпифитных лишайников, выявленных в ходе полевых исследований за период с 2015 по 2019 годы, послужили материалом для работы. Статистическая обработка данных и их визуализация выполнены в программах Statistica 13.3, PAST 4.0.

Результаты. Наибольшее число эпифитов выявлено в лесах со сложной структурой древостоя с участием сосны. С увеличением высоты над уровнем моря отмечено уменьшение специфичных видов и родов. Кластерный анализ на уровне видов, родов, репродуктивных стратегий и типов таллома показал близость горных лесов (*Pineta kochiana* и *Fageta orientalis*) и отдаленность их от низменных (*Carpineta betulus*). В лесах горного кластера возрастает доля видов с вегетативными диаспорами. Обособленность изученных формаций наблюдается по показателю «фотобионт». Наибольший вклад в разделение общей выборки вносит различие по высоте, группируя выборку на горные и низменные.

Заключение. Выявленные различия в видовом составе эпифитов являются результатом не только разнообразия компонентов, формирующих структуру лесного сообщества, но и специфических микроклиматических условий, меняющихся с высотой, а также степени антропогенной нарушенности.

Ключевые слова

Лишайники, лесные формации, высотный градиент, биоразнообразие, Восточный Кавказ, эпифиты.

Analysis of diversity and functional traits of epiphytic lichens in Dagestan forests of different formations

Aziz B. Ismailov

Mountain Botanical Garden of the Dagestan Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Russia

Principal contact

Aziz B. Ismailov, Candidate of Biology, Senior Researcher, Laboratory of Introduction and Genetic Resources of Woody plants, Mountain Botanical Garden, Dagestan Federal Scientific Centre, Russian Academy of Sciences; 45 M. Gadzhieva St, Makhachkala, Russia 367000.

Tel. +79285664236

Email i.aziz@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-0563-0004>

How to cite this article

Ismailov A.B. Analysis of diversity and functional traits of epiphytic lichens in Dagestan forests of different formations. *South of Russia: ecology, development*. 2022, vol. 17, no. 3, pp. 125-134. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2022-3-125-134

Received 23 May 2022

Revised 14 July 2022

Accepted 5 August 2022

Abstract

Aim. The structure of forest communities changes along the altitude gradient, which determines the composition of epiphytic lichens. The aim of the study is to compare the species composition and functional characteristics of epiphytic lichens in Dagestan forests of different formations to identify key differences in the lichen flora.

Material and Methods. Data on diversity and structure of 334 species of epiphytic lichens revealed during in field work from 2015 to 2019 were used as material for the work. Statistical analysis and data visualization were performed in Statistica 13.3 and PAST 4.0.

Results. The highest number of epiphytic lichens was revealed in forests with complex tree structure with the participation of pine. A decrease of specific species and genera was noted with altitude increase. Cluster analysis of species, genera, reproductive strategies and growth forms showed the proximity of mountain forests (*Pineta kochiana* and *Fageta orientalis*) and their distance from lowland forests (*Carpineta betulus*). The percent of species forming vegetative diaspores increases in mountain cluster forests. The "photobiont" indicator is clearer separated of studied formations. The greatest contribution to the division of the total sample is caused by difference in altitude, grouping the samples into mountainous and lowland.

Conclusion. The differences in lichens species composition are results not only of diversity of the components which form the structure of the forest community, but also of specific microclimatic conditions which change with altitude, as well as the degree of anthropogenic disturbance.

Key Words

Lichens, forest formations, altitude gradient, biodiversity, East Caucasus, epiphytes.

ВВЕДЕНИЕ

Леса сосредотачивают огромное разнообразие организмов, которые объединены в единую экосистему. Как известно, лишайники являются неотъемлемой частью лесных экосистем. Их распределение так же зависит от условий среды, как и у сосудистых растений. В силу своей уникальной симбиотической биологии они одними из первых реагируют на любые изменения в структуре лесов. Вследствие этого, лишайники являются хорошими индикаторами климатических и экологических изменений. Их реакция на изменения в окружающей среде прослеживается не только по формированию определенных лишайниковых сообществ, но и проявлением анатомических и фенотипических признаков-адаптаций [1]. К таким, наиболее легко идентифицируемым признакам, относятся форма роста (тип таллома), тип фотобионта и репродуктивная стратегия [2]. Эти признаки непосредственно связаны с антропогенными нарушениями, климатом и структурой леса. Например, кустистые лишайники требуют более благоприятных условий освещения, чем виды другой морфологии [3]. Тип фотобионта связан со светом, температурой и влажностью среды [4]. Репродуктивная стратегия определяет расселение и колонизацию. В суровых и экстремальных условиях обитания преобладает формирование спороношений, а в более благоприятных – вегетативных пропагул [2].

В этой связи, наряду с разнообразием, ученые стали уделять внимание изучению и функциональных особенностей эпифитных лишайников не только как индикаторов степени нарушенности лесов, но и как предикторов изменения качества среды обитания. Например, результаты, полученные в горных тропических лесах на юге Эквадора, показали структурные изменения функциональных признаков лишайников вдоль градиента нарушения леса. В первичных лесах авторы отмечали произрастание цианобионтных лишайников, лишайников с желатинозной и нитевидно-кустистой формами роста, а в нарушенных лесах были наиболее распространены кустистые и листоватые виды с узкими лопастями, а также виды с лирелловидными плодовыми телами [1]. В дубовых лесах Испании, в экотонной зоне умеренного и средиземноморского климата, получена важная информация о том, как сменяются сообщества лишайников с определенными функциональными признаками на территориях, где с большей вероятностью произойдет сдвиг в сторону более сухого климата [2]. Функциональные признаки эпифитов, как потенциальных индикаторов состояния лесных экосистем, были изучены в лесах Италии разных формаций [3]. Авторами установлено, что форма роста наиболее надежный индикатор для оценки реакции эпифитных лишайников на климат, антропогенное воздействие и условия, связанные с изменением структуры древостоя. Специальные исследования по изучению влияния структуры древостоя на разнообразие лишайников в горных лесах умеренного пояса были проведены в Германии [5]. В результате установлено, что структура древостоя обуславливает разнообразие и сообщества эпифитных лишайников.

Некоторые исследования по данному направлению проводились и на Кавказе. При изучении состава эпифитов в лесах с доминированием *Abies nordmanniana* и *Fagus orientalis* на Западном Кавказе,

было отмечено наибольшее разнообразие на участке со сложной структурой древостоя [6]. На связь структуры древостоя с разнообразием эпифитных лишайников указывают и результаты, полученные в высокогорно-лесном поясе на градиенте Западный – Центральный – Восточный Кавказ. Здесь выявлен тренд снижения числа видов с запада на восток, что связано с упрощением структуры древостоя, как следствие общеклиматической тенденции снижения количества осадков и влажности воздуха вдоль изученного градиента [7].

Таким образом, комплексное изучение разнообразия и функциональных признаков эпифитных лишайников поможет понять насколько те или иные факторы абиотической и биотической природы определяют состав и структуру лишайниковых сообществ. Опираясь на эти данные можно оценить и качество лесов, определить их биологическую ценность, выявить ключевые участки разнообразия и уязвимые элементы. Но все затронутые вопросы практически не были разработаны для территории Восточного Кавказа. В частности, не изучено, как и в связи с чем меняется состав и структура эпифитных лишайников в лесах разных формаций вдоль высотного градиента. В этой связи, на основе полученных ранее данных, мы провели сравнительный анализ видового состава и функциональных признаков эпифитных лишайников с целью выявления ключевых отличий лишенофлоры в лесах Дагестана разных формаций, как следствие различий условий среды и степени нарушенности сообществ.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для работы послужили результаты анализа разнообразия (334 вида) и структуры эпифитной лишенофлоры, включая эпиксилы, лишенофильные и лишенолизированные грибы, связанные с древесным субстратом, полученные в ходе полевых исследований за период с 2015 по 2019 годы [8-10] на модельных лесных территориях, расположенных вдоль высотного градиента в разных флористических районах (Самурский, Центрально-Дагестанский, Бейтинско-Дидойский) и охватывающих разные физико-географические районы Дагестана: Приморская низменность (Самурский лес), Внутригорный район (Гунибское плато), Высокогорный район (окр. перевала Мушак). Характеристика исследованных территорий приведена в таблице 1. Статистическая обработка данных и их визуализация выполнены в программах Statistica 13.3, PAST 4.0, Microsoft Office Excel 2010.

В Самурском лесу исследования проводились в широколиственных сообществах формации *Carpineta betulus* и *Querceta robur* [8]. Наибольшие площади приходятся на формацию *Carpineta betulus*, где наиболее распространены ассоциации *Carpinetum lianoso-compositum* и *Carpinetum euphorbosum* [12]. Обе ассоциации характеризуется сложным составом древостоя, где преобладает *Carpinus betulus*, и высокой сомкнутостью древесного яруса – 90–95%. Формула древостоя для первой ассоциации – 5Г 1,5Д 1,5Тч 1,5Я 0,5В, Клп + Ол, для второй – 7Г 1Я 1Д 1Клп + Ол, Тч, Ор. Первая ассоциация характеризуется высоким значением обилия лиан – до 75% (доминирует *Smilax excelsa*) и преобладанием в травяном ярусе *Euphorbia amygdaloides* (покрытие до 45%). Для второй ассоциации характерно более низкое обилие лиан (до

25%) с доминированием *Hedera pastuchowii*, но покрытие травяного яруса выше – до 80% (преобладает *E. amygdaloides*). Максимальная высота деревьев 37 м [12].

На Гунибском плато исследованы сосновые леса в центральной части плато [9]. Они относятся к формации *Pineta kochiana*. Ассоциация – *Pinetum kochiana herboso-caricosum* [13]. Средняя сомкнутость древостоя – 70%. В древесном ярусе преобладает сосна

Коха, единично представлены виды берез (*Betula litwinowii*, *B. pendula*, *B. raddeana*) и ива козья (*Salix caprea*). Формула древостоя 9С1Б+Ива. Сосна представлена двумя поколениями: 70–80 и 120–130 лет. Сомкнутость подлеска 3–5%. В подлеске встречаются *Juniperus oblonga*, *Rosa oxyodon*, *R. pimpinifolia*, *Cotoneaster integerrimus*, *Berberis vulgaris*. Травяной ярус разреженный [13].

Таблица 1. Физико-географическая характеристика районов исследования [11]

Table 1. Physical-geographical characteristics of the study areas [11]

Район исследования Study area	Высота над ур. м. (м) Altitude (m)	Среднегодовые показатели / Annual average values			
		Осадки (мм) Rainfall (mm)	Испаряемость (мм) Evaporation (mm)	Температура (°С) Temperature (°C)	Продолжительность солнечного сияния (час.) Sunshine duration (hr.)
Самурский лес Samurskiy forest	0–35	400	1000	12,6	1900
Гунибское плато Gunib Plateau	1800–1900	600	600	6,6	2100
Перевал Мушак Mushak pass	1800–1900	1200	<500	4	1800

В Высокогорном Дагестане исследования проводились в Цунтинском р-не (окр. перевала Мушак) в сообществах формации *Fageta orientalis* [10]. Ассоциация – *Fagetum compositum filicoso-varioherbosum* [14]. Сомкнутость древесного яруса – 90%, травяного – 85%. Отличительной особенностью является мощно развитое субальпийское разнотравье. Формула древостоя 8Бк 0,5Клпл 0,5Клт 0,5Бр 0,5С (Р6). Средний возраст бука в первом подъярусе составляет 160 лет, максимальный – 420 лет [14].

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В лесах разных формаций выявлено от 139 до 209 видов лишайников-эпифитов (табл. 2). Наиболее богатыми оказались горные леса формации *Pineta kochiana*. Наличие в древостое хвойных и лиственных пород способствует произрастанию представителей разных таксономических групп. Многие выявленные здесь виды растут только на коре хвойных пород.

Таблица 2. Сравнительная характеристика показателей разнообразия и функциональных признаков эпифитных лишайников в лесах разных формаций

Table 2. Comparative characteristics of diversity and functional traits of the epiphytic lichens in forests of various formation

Показатели Index	Формация леса, район исследований Forest formation, study area		
	<i>Carpineta betulus</i> Самурский лес Samurskiy forest	<i>Pineta kochiana</i> Гунибское плато Gunib plateau	<i>Fageta orientalis</i> перевал Мушак Mushak pass
Лишайников всего Total number of species	139	209	140
Число семейств / родов Number of families / genera	33 / 70	39 / 84	39 / 80
Микролишайники (накипные) Microlichens (crustose)	111	115	64
Макролишайники (кустистые, листоватые) Macrolichens (fruticose, foliose)	28	94	76
% микро / макролишайники % micro / macrolichens	79,8 / 20,2	55 / 45	45,7 / 54,3
% цианобионтных лишайников % cyanolichens	2,3	4	15
% лишайников с <i>Trentepohlia</i> -фотобионтом % lichens with trentepohlioid photobiont	27,8	3	10,4
% лишайников с зелеными одноклеточными водорослями % lichens with green globose cells	69,9	93	74,6
% лишайников с соредиями и изидиями % lichens with soredia and isidia	25,4	49,7	36,5
% лишайников, образующих плодовые тела % lichens with ascomata	74,6	50,3	63,5

Для низменных лесов формации *Carpineta betulus* отмечено наименьшее таксономическое разнообразие, но высокая доля видов с водорослью *Trentepohlia* (27,8% от выявленного видового состава) и преобладание накипных лишайников, образующих споры, над кустистыми и листоватыми видами с вегетативными пропадами. Вероятно, низкая освещенность под пологом густого широколиственного леса, а также антропогенная нарушенность, наряду с минимальным количеством осадков, негативно влияют на произрастание макролишайников (кустистые и листоватые), вследствие чего их общее разнообразие здесь низкое. В горных сосновых лесах формации *Pineta kochiana* крайне низка (3%) доля лишайников с водорослью *Trentepohlia*, но заметно возрастает доля макролишайников, образующих вегетативные пропады (соредии, изидии). Низкая сомкнутость крон в сосновых лесах благоприятно влияет на развитие видов из группы макролишайников, более требовательных к освещенности. Высокогорные буковые леса формации *Fageta orientalis* также отличаются увеличением доли макролишайников, но это виды другой экологии. Здесь высокая влажность местообитаний (до 1200 мм/год) нивелирует недостаток освещения под пологом букового леса с высокой сомкнутостью (90%). Как следствие, нами отмечено обилие листоватых лишайников с циано-бионтным фотобионтом, многие из которых являются элементами редкого сообщества лишайников *Lobarion pulmonariae* Ochsner. Эта группа видов с океаническим/субокеаническим, горно-океаническим распространением (например, представители родов *Cetrelia*, *Collema*, *Leptogium*, *Lobaria*, *Nephroma*, *Ricasolia*)

более требовательна к повышенной влажности, что является характерным для данных сообществ.

В целом, изученные формации отличаются произрастанием характерных таксономических групп: *Carpineta betulus* (Самурский лес) – наличие в ядре лишенофлоры теплолюбивых видов из класса *Arthoniomycetes* (например, виды семейств *Arthoniaceae*, *Lecanographaceae*, *Roccellaceae*); *Pineta kochiana* (Гунибское плато) – виды бореальной зоны из семейств *Parmeliaceae*, *Cladoniaceae*; *Fageta orientalis* (перевал Мушак) – *Collemataceae*, *Lobariaceae*, *Nephromataceae* – группа влаголюбивых, циано-бионтных видов.

Данные различия в видовом составе эпифитной лишенофлоры можно рассматривать как результат разнообразия компонентов, формирующих структуру лесного сообщества, т. е. видов деревьев и специфичного субстрата (валеж, сухостой и т.д.), так и специфических микроклиматических условий, например, инсоляции, влажности, температуры, меняющихся с высотой, а также степени антропогенной нарушенности.

С увеличением высоты над уровнем моря отмечено уменьшение специфичных видов и родов (рис. 1): Самурский лес – 29 видов из 24 специфичных родов, Гунибское плато – 27 видов из 20 родов, перевал Мушак – 20 видов из 17 родов. Несмотря на монодоминантные сообщества формации *Fageta orientalis*, число специфичных видов и родов здесь достаточно велико для таковых. Присутствие сосны на Гунибском плато выделяет формацию *Pineta kochiana* по числу специфичных семейств (11), так как на хвойных произрастают отличные от лиственных группы видов.

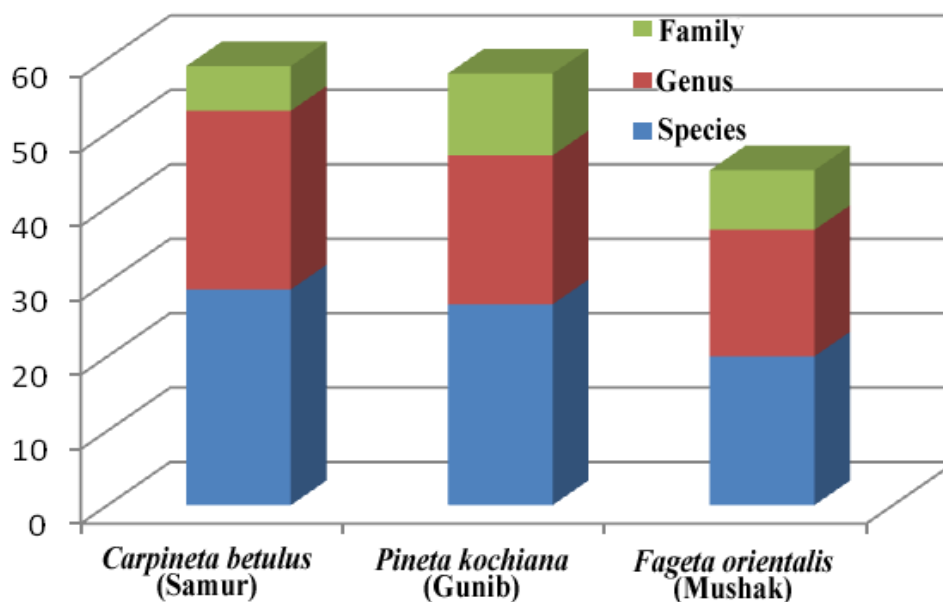


Рисунок 1. Количественное распределение специфичных видов, родов и семейств по формациям
Figure 1. The number of specific species, genus and families according to formations

Кластерный анализ на уровне видов и родов по формациям показал близость горных лесов (*Pineta kochiana* и *Fageta orientalis*) и отдаленность их от низменных (*Carpineta betulus*) (рис. 2А), что мы связываем с естественными орографическими барьерами. Анализ распределения видового состава эпифитов по древесным породам выявил три кластера: бук-береза, сосна (горные кластеры), граб-дуб

(низменный) (рис. 2В). Здесь мы отмечаем некоторую субстратспецифичность – сосна формирует отдельный кластер по набору видов.

По типу таллома (накипные, листоватые, кустистые) была отмечена низкая специализация к древесным породам (рис. 3А). Но по доли участия макролишайников (кустистые и листоватые) леса горного кластера сближаются (доля таких видов в составе более

45%), а низменные леса (доля макролишайников – 20%) формируют отдельный кластер (рис. 3В). Подобное распределение, вероятно, связано с факторами

нарушенности низменных лесов и влажности, что негативно сказывается на произрастании здесь видов из группы макролишайников.

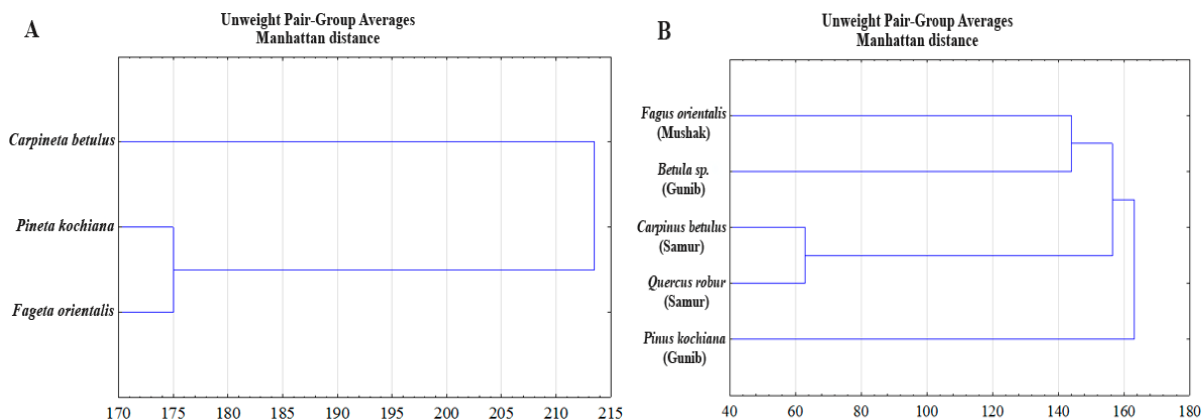


Рисунок 2. Кластерный анализ видового состава по формациям (А) и по видам деревьев (В), произрастающих в них
Figure 2. Cluster analysis of species by formations (A) and tree species (B) growing there

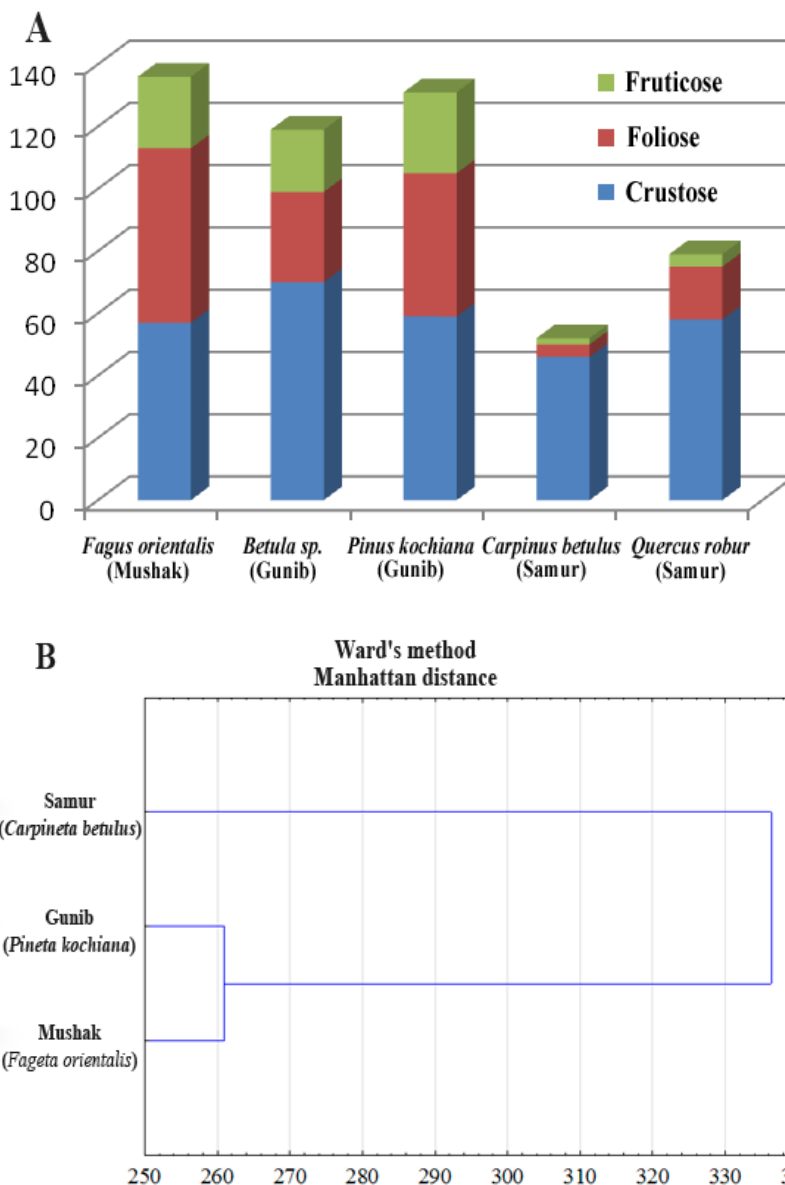


Рисунок 3. Количественное распределение видов с разной жизненной формой по древесным породам (А); кластерный анализ видового состава по показателю «тип таллома» (В)

Figure 3. Number of species with different growth forms according to tree species (A); cluster analysis of species composition by growth form indicator (B)

Схожее распределение выявлено и при анализе репродуктивных стратегий. Наличие видов с вегетативными диаспорами или образующих плодовые тела в большей степени зависит от подходящих условий среды и не связано с конкретным видом дерева в сообществе. Доля видов (более 35%), формирующих вегетативные диаспоры (соредии, изидии), возрастает в лесах горного кластера (*Pineta kochiana*, *Fageta orientalis*), что характеризует их как более стабильные местообитания (табл. 2).

Полученные данные по типам таллома и репродуктивным стратегиям лишайников отражают близость горных лесов и отдаленность их от низменных, что является следствием значительных различий условий среды.

Наличие видов с тем или иным фотобионтом, показало связь как с древесной породой (рис. 4А) (всего около 3% от состава видов с водорослью *Trentepohlia* и цианобионтных видов отмечено на сосне), так и с определенной формацией, вследствие различий микроклиматических условий (рис. 5). Максимальная доля видов с *Trentepohlia* отмечена на низменности в формации *Carpineta betulus* (около 28% состава; табл. 2),

что связано с требовательностью к более высоким температурным условиям, а цианобионтные лишайники, относящиеся к позднесукцессионным видам, наибольшей доли достигают во влажных, малонарушенных местообитаниях формации *Fageta orientalis* (15% состава; табл. 2) высокогорного физико-географического района. Виды с зеленой одноклеточной водорослью преобладают во всех изученных формациях, но наибольшей доли (93%) достигают в формации *Pineta kochiana*. Лишайники с зелеными одноклеточными водорослями относятся к пионерным видам и распространены более широко, при этом их адаптационный потенциал к нарушенным местообитаниям, а также характеризующимся высокой интенсивностью освещения и низкой влажностью выше [1; 15]. В свою очередь отмечается, что высокая доля видов с водорослью *Trentepohlia* характерна для низменных пойменных лесов и их разнообразие уменьшается с увеличением высоты над уровнем моря [16]. По результатам кластерного анализа эпифитов по показателю «фотобионт» (рис. 4В) наблюдается более четкая обособленность изученных формаций.

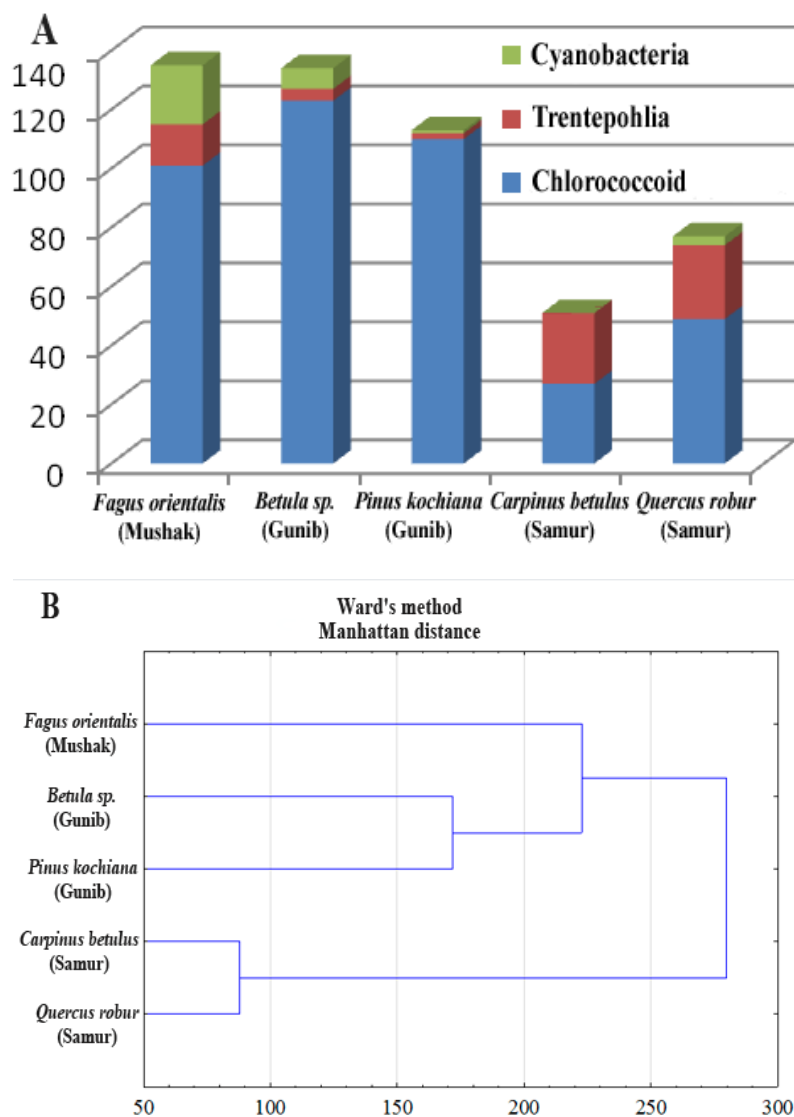


Рисунок 4. Количественное распределение видов с разным фотобионтом по древесным породам (А); кластерный анализ видового состава по показателю «фотобионт» (В)

Figure 4. Number of species with different photobiont according to tree species (А); cluster analysis of species composition by photobiont indicator (В)

Анализ методом главных компонент (рис. 5) показал, что наибольший вклад в разделение общей выборки вносит первая компонента, которая в большей степени отражает различия по высоте, группируя выборки на горные и низменные (на рисунке 5 обозначены как 1 и 2, соответственно). Вторая компонента связана с функциональными признаками лишайников. Здесь мы

видим разделение по типу таллома и фотобионту: листоватые лишайники с цианобионтным фотобионтом (*Nostoc*) выделяют выборку «Мушак»; кустистые виды с зеленой одноклеточной водорослью (*Trebouxia*) – «Гуниб», накипные лишайники с водорослью *Trentepohlia* – «Самур».

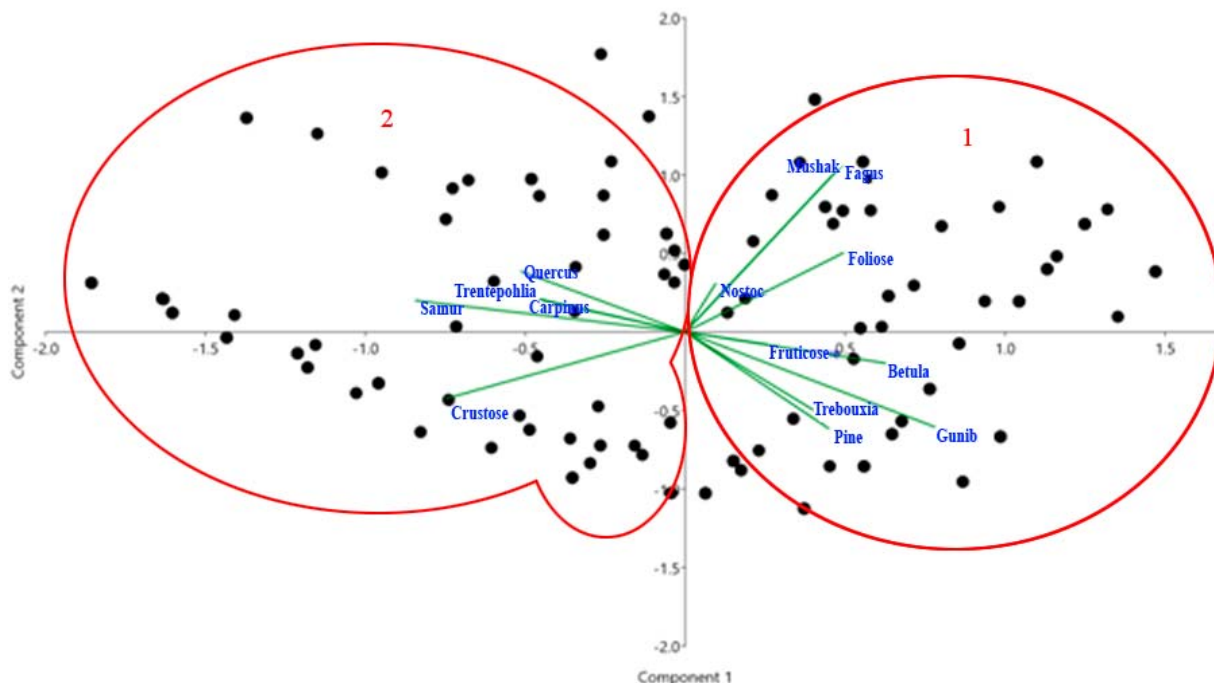


Рисунок 5. Двумерная ординация видового состава лишайников методом главных компонент

Figure 5. Ordination of species composition based on principal component analysis

В итоге отметим, что по функциональным признакам виды группируются в большей степени в связи с микроклиматическими факторами, складывающимися в сообществе, а видовой состав лишайников-эпифитов зависит, в целом, от состава древесных пород, различающихся по формациям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изучен видовой состав и функциональные признаки эпифитных лишайников в лесах Дагестана разных формаций. По видовому составу эпифитов доминанты, формирующие древесный ярус формаций, образовали три кластера: бук-береза, сосна (горные кластеры), граб-дуб (низменный). Здесь мы отмечаем субстратспецифичность лишайников-эпифитов сосны.

При оценке распространения лишайников в зависимости от типа таллома отмечена низкая их специализация к конкретным древесным породам. Доля участия макролишайников в горных лесах выше (45%), а в низменных лесах значительно ниже (20%), что, вероятно, связано с факторами инсоляции и влажности. Анализ репродуктивных стратегий показал, что в горных лесах возрастает доля видов (более 36%), формирующих вегетативные диаспоры, что характеризует их как более стабильные местообитания. Виды лишайников по составу фотобионтов показали связь, как с древесной породой, так и с формацией. Например, доля видов с *Trentepohlia* больше в сообществах лиственных пород на низменности (около 28% от видового состава), что связано с требовательностью к более стабильным условиям по темпе-

ратуре, а цианобионтные лишайники ограничены во влажных высокогорных широколиственных лесах и относятся к поздне-сукцессионным видам (15%). В целом, по типу таллома и фотобионту прослеживается специфика состава эпифитов для каждой из изученных формаций: *Fageta orientalis* – листоватые лишайники с цианобионтным фотобионтом; *Pineta kochiana* – кустистые виды с зеленой одноклеточной водорослью; *Carpineta betulus* – накипные лишайники с водорослью *Trentepohlia*.

Условия среды и структура сообществ отражают наличие в ядре лишенофлоры каждой из формаций специфичных таксономических групп. Теплолюбивые виды из класса Arthoniomycetes характерны для формации *Carpineta betulus*; виды бореальной зоны из семейств *Parmeliaceae*, *Cladoniaceae* – *Pineta kochiana*; группа влаголюбивых видов из семейств *Collemataceae*, *Lobariaceae*, *Nephromataceae* – *Fageta orientalis*.

Анализируя общую выборку, мы установили, что по таким показателям, как таксономический состав, репродуктивные стратегии и тип таллома наблюдается близость лесов горного кластера из формаций *Pineta kochiana* и *Fageta orientalis*. Отдалённость их от низменных лесов формации *Carpineta betulus*, можно объяснить естественными орографическими барьерами и значительными различиями условий среды.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Автор выражает благодарность Д.М. Анатову (ГорБС ДФИЦ РАН) за помощь в проведении статистической

обработки данных. Работа выполнена в рамках плановой темы ГорБС ДФИЦ РАН № АААА–А19–119020890099–4.

ACKNOWLEDGMENT

The author is grateful to Anatov D.M. (MBG DFRC RAS) for help with statistical analysis. The study was carried out within the framework of the research project of Mountain Botanical Garden, DFRC RAS, number АААА–А19–119020890099–4.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Benítez A., Aragón G., González Y., Prieto M. Functional traits of epiphytic lichens in response to forest disturbance and as predictors of total richness and diversity // *Ecological Indicators*. 2018. V. 86. P. 18-26. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.12.021
- Trobajo S., Fernández-Salegui A., Terrón A., Martínez I. Functional traits of epiphytic lichen communities in a Temperate-Mediterranean fragmented landscape: Importance of patch size, tree diameter and summer rainfall // *Fungal Ecology*. 2022. V. 57-58. Article number: 101160. DOI: 10.1016/j.funeco.2022.101160
- Giordani P., Brunialti G., Bacaro G., Nascimbene J. Functional traits of epiphytic lichens as potential indicators of environmental conditions in forest ecosystems // *Ecological Indicators*. 2012. V. 18. P. 413-420. DOI: 10.1016/j.ecolind.2011.12.006
- Marini L., Nascimbene J., Nimis P.L. Large-scale patterns of epiphytic lichen species richness: photobiont-dependent response to climate and forest structure // *Science of the Total Environment*. 2011. V. 409. Iss. 20. P. 4381-4386. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.07.010
- Moning C., Werth S., Dziock F., Bässler C., Bradtka J., Hothorn T., Müller J. Lichen diversity in temperate montane forests is influenced by forest structure more than climate // *Forest Ecology and Management*. 2009. V. 258. Iss. 5. P. 745-751. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.05.015
- Urbanavichus G., Vondrák J., Urbanavichene I., Palice Z., Malíček J. Lichens and allied non-lichenized fungi of virgin forests in the Caucasus State Nature Biosphere Reserve (Western Caucasus, Russia) // *Herzogia*. 2020. V. 33. N 1. P. 90-138. DOI: 10.13158/hea.33.1.2020.90
- Урбанавичюс Г.П., Урбанавичене И.Н., Вондрак Я., Исмаилов А.Б. Эпифитные лишайники национального парка «Приэльбрусье» (Северный Кавказ, Россия) // *Nature Conservation Research. Заповедная наука*. 2021. Т. 6. N 4. С. 77-94. DOI: 10.24189/ncr.2021.048
- Ismailov A., Urbanavichus G., Vondrák J., Pouska V. An old-growth forest at the Caspian Sea coast is similar in epiphytic lichens to lowland deciduous forests in Central Europe // *Herzogia*. 2017. V. 30. N 1. P. 103-125. DOI: 10.13158/hea.30.1.2017.103
- Исмаилов А.Б., Вондрак Я., Урбанавичюс Г.П. Оценка разнообразия эпифитных лишайников экспресс-методом // *Лесоведение*. 2019. N 4. С. 294-303. DOI: 10.1134/S0024114819030045
- Исмаилов А.Б. Лишайники высокогорных буковых лесов Республики Дагестан // *Новости систематики низших растений*. 2020. Т. 54. N 2. С. 413-427. DOI: 10.31111/nsnr/2020.54.2.413
- Физическая география Дагестана / отв. ред. Б.А. Акаев. Махачкала: Школа, 1996. 382 с.
- Алиев Х.У., Исмаилов А.Б., Маллалиев М.М., Садыкова Г.А. Классификация и структура сообществ с участием охраняемых видов дендрофлоры Самурского реликтового леса (Низменный Дагестан) // *Материалы международной школы-конференции молодых ученых «Лесная наука, молодежь, будущее»*. Гомель, 2017. С. 19-23.

- Абдурахманова З.И., Садыкова Г.А. Ценофлористический анализ сообществ с доминированием *Pinus kochiana* Klotzsch ex K. Koch. Гунибского плато (Внутригорный Дагестан) // *Фиторазнообразии Восточной Европы*. 2015. Т. 9. N 2. С. 112-122.
- Алиев Х.У. Фитоценотическая и созологическая оценка буковых лесов Дагестана // *Ботанический вестник Северного Кавказа*. 2020. N 2. С. 7-17. DOI: 10.33580/2409-2444-2020-6-2-7-17
- Hedenas H., Ericson L. Epiphytic macrolichens as conservation indicators: successional sequence in *Populus tremula* stands // *Biological Conservation*. 2000. V. 93. Iss. 1. P. 43-53. DOI: 10.1016/S0006-3207(99)00113-5
- Vondrák J., Malíček J., Palice Z., Coppins B., Kukwa M., Czarnota P., Sanderson N., Acton A. Methods for obtaining more complete species lists in surveys of lichen biodiversity // *Nordic Journal of Botany*. 2016. V. 34. Iss. 5. P. 619-626. DOI: 10.1111/njb.01053

REFERENCES

- Benítez A., Aragón G., González Y., Prieto M. Functional traits of epiphytic lichens in response to forest disturbance and as predictors of total richness and diversity. *Ecological Indicators*, 2018, vol. 86, pp. 18-26. DOI: 10.1016/j.ecolind.2017.12.021
- Trobajo S., Fernández-Salegui A., Terrón A., Martínez I. Functional traits of epiphytic lichen communities in a Temperate-Mediterranean fragmented landscape: Importance of patch size, tree diameter and summer rainfall. *Fungal Ecology*, 2022, vol. 57-58, article number: 101160. DOI: 10.1016/j.funeco.2022.101160
- Giordani P., Brunialti G., Bacaro G., Nascimbene J. Functional traits of epiphytic lichens as potential indicators of environmental conditions in forest ecosystems. *Ecological Indicators*, 2012, vol. 18, pp. 413-420. DOI: 10.1016/j.ecolind.2011.12.006
- Marini L., Nascimbene J., Nimis P.L. Large-scale patterns of epiphytic lichen species richness: photobiont-dependent response to climate and forest structure. *Science of the Total Environment*, 2011, vol. 409, iss. 20, pp. 4381-4386. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2011.07.010
- Moning C., Werth S., Dziock F., Bässler C., Bradtka J., Hothorn T., Müller J. Lichen diversity in temperate montane forests is influenced by forest structure more than climate. *Forest Ecology and Management*, 2009, vol. 258, iss. 5, pp. 745-751. DOI: 10.1016/j.foreco.2009.05.015
- Urbanavichus G., Vondrák J., Urbanavichene I., Palice Z., Malíček J. Lichens and allied non-lichenized fungi of virgin forests in the Caucasus State Nature Biosphere Reserve (Western Caucasus, Russia). *Herzogia*, 2020, vol. 33, no. 1, pp. 90-138. DOI: 10.13158/hea.33.1.2020.90
- Urbanavichus G.P., Urbanavichene I.N., Vondrak J., Ismailov A.B. Epiphytic lichen biota of Prielbrusie national park (Northern Caucasus, Russia). *Nature Conservation Research*, 2021, vol. 6, no. 4, pp. 77-94. (In Russian) DOI: 10.24189/ncr.2021.048
- Ismailov A., Urbanavichus G., Vondrák J., Pouska V. An old-growth forest at the Caspian Sea coast is similar in epiphytic lichens to lowland deciduous forests in Central Europe. *Herzogia*, 2017, vol. 30, no. 1, pp. 103-125. DOI: 10.13158/hea.30.1.2017.103
- Ismailov A.B., Vondrak J., Urbanavichus G.P. The express-method of estimation of epiphytic lichens diversity. *Russian Journal of Forest Science*, 2019, no. 4, pp. 294-303. (In Russian) DOI: 10.1134/S0024114819030045
- Ismailov A.B. Lichens of high mountainous beech forests of the Republic of Dagestan. *Novitates Systematicae Plantarum non Vascularium*, 2020, vol. 54, no. 2, pp. 413-427. (In Russian) DOI: 10.31111/nsnr/2020.54.2.413
- Akaev B.A., ed. *Fizicheskaya geografiya Dagestana* [Physical geography of Dagestan]. Makhachkala, Shkola Publ., 1996, 382 p. (In Russian)

12. Aliev Kh.U., Ismailov A.B., Mallaliev M.M., Sadykova G.A. Klassifikatsiya i structura soobshchestv s uchastiem okhranyaemykh vidov dendroflory Samurskogo reliktovoogo lesa (Nizmennyyi Dagestan) [Classification and structure of communities with protected tree species of the Samur Relic forest (Lowland Dagestan)]. *Materialy Mezhdunarodnoy shkoly-konferentsii molodykh uchenykh "Lesnaya nauka, molodezh', budushchee", Gomel', 2017* [Proceedings of the International school-conference "Forest science, young people, future", Gomel, 2017]. Gomel', 2017, pp. 19-23. (In Russian)
13. Abdurakhmanova Z.I., Sadykova G.A. Cenofloristic analysis of communities with dominance of *Pinus kochiana* Klotsch ex K. Koch. of the Gunib Plateau (Inner-mountain Dagestan). Fitoraznoobrazie Vostochnoi Evropy [Phytodiversity of Eastern Europe]. 2015, vol. 9, no. 2, pp. 112-122. (In Russian)
14. Aliev Kh.U. Phytocenotic and zoological assessment of the beech forests of Dagestan. *Botanical herald of the North Caucasus*, 2020, no. 2, pp. 7-17. (In Russian) DOI: 10.33580/2409-2444-2020-6-2-7-17
15. Hedenas H., Ericson L. Epiphytic macrolichens as conservation indicators: successional sequence in *Populus tremula* stands. *Biological Conservation*, 2000, vol. 93, iss. 1, pp. 43-53. DOI: 10.1016/S0006-3207(99)00113-5
16. Vondrák J., Malíček J., Palice Z., Coppins B., Kukwa M., Czarnota P., Sanderson N., Acton A. Methods for obtaining more complete species lists in surveys of lichen biodiversity. *Nordic Journal of Botany*, 2016, vol. 34, iss. 5, pp. 619-626. DOI: 10.1111/njb.01053

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Автор написал рукопись и несет ответственность при обнаружении плагиата и самоплагиата или других неэтических проблем.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

The author wrote the manuscript and is responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The author declares no conflict of interest.

ORCID

Азиз Б. Исмаилов / Aziz B. Ismailov <https://orcid.org/0000-0003-0563-0004>