

УДК 911.2:502.1

DOI: 10.46698/o0195-2486-7930-v

Оригинальная статья

Теоретико-методологические основы и региональные особенности выделения предгорных ландшафтов как самостоятельных геосистем

З.В. Атаев 

Дагестанский федеральный исследовательский центр РАН, Россия,
367030, г. Махачкала, ул. М. Ярагского, 75, e-mail: zagir05@mail.ru

Статья поступила: 14.10.2025, доработана: 02.12.2025, принята к публикации: 08.12.2025

Резюме: Актуальность работы. Статья посвящена решению фундаментальной проблемы ландшафтоведения – обоснованию самостоятельного таксономического статуса предгорных ландшафтов как особого класса геосистем, что остается предметом научной дискуссии. **Цель исследования:** комплексный анализ пространственно-временной организации предгорных ландшафтов на основе синтеза классических и современных подходов для разработки универсальных диагностических критериев их выделения и оценки их роли в устойчивом развитии горно-равнинных территорий. **Методы исследования.** На основе сравнительно-географического метода проведен комплексный анализ эволюции теоретических представлений и региональных особенностей предгорных ландшафтов различных горных систем мира. Исследование охватывает Северный Кавказ, адыры Тянь-Шаня, японскую Сатояму, Альпы, Карпаты, Анды, Гималаи и другие регионы. **Результаты.** Доказана универсальность триадной парадигмы («горы-предгорья-равнины») для различных физико-географических условий. Выявлены диагностические критерии выделения предгорных ландшафтов, включая морфометрические, литолого-геоморфологические, климатические и функциональные параметры. На основе оригинальных исследований автора раскрыта специфика пространственно-временной экотонности предгорных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа. Разработана система диагностических признаков для объективного выделения предгорных ландшафтов. Показано прикладное значение выделения предгорных ландшафтов как самостоятельных таксонов. Обоснована необходимость учета экотонной природы предгорий для ландшафтного планирования, рационального природопользования и разработки адаптивных стратегий управления горно-равнинными территориями в условиях глобальных изменений.

Ключевые слова: предгорные ландшафты, геосистема, парадинамический комплекс, географический экотон, триадная парадигма, диагностические критерии, устойчивое развитие.

Благодарности: Работа подготовлена в рамках крупного научного проекта «Динамика геоэкологического состояния бассейнов рек Северо-Восточного Кавказа, Азербайджана и Ирана в условиях изменения климата и растущей антропогенной нагрузки» (Соглашение № 075-15-2024-644).

Для цитирования: Атаев З.В. Теоретико-методологические основы и региональные особенности выделения предгорных ландшафтов как самостоятельных геосистем. *Геология и геофизика Юга России*. 2025. 15(4): 151–168. DOI: 10.46698/o0195-2486-7930-v

DOI: 10.46698/o0195-2486-7930-v

Original paper

Theoretical and methodological foundations and regional specifics of delineating foothill landscapes as independent geosystems

Z.V. Ataev 

Daghestan Federal Research Centre, Russian Academy of Sciences,
75 M. Yaragskogo Str., Makhachkala 367030, e-mail: zagir05@mail.ru

Received: 14.10.2025, revised: 02.12.2025, accepted: 08.12.2025

Abstract: Relevance. The article deals with the solving a fundamental problem in landscape science – substantiating the independent taxonomic status of foothill landscapes as a distinct class of geosystems, which remains a subject of scientific debate. **Aim.** A comprehensive analysis of the spatial and temporal organization of foothill landscapes based on the synthesis of classical and modern approaches to develop universal diagnostic criteria for their identification and assessment of their role in the sustainable development of mountainous and lowland territories. **Methods.** Based on the comparative geographical method, a comprehensive analysis of the evolution of theoretical concepts and regional specifics of foothill landscapes in various mountain systems of the world was conducted. The study covers the North Caucasus, the adyrs of the Tien Shan, the Japanese Satoyama, the Alps, the Carpathians, the Andes, the Himalayas, and other regions. **Results.** The universality of the triadic paradigm (“mountains-foothills-plains”) for various physical-geographical conditions is proven. Diagnostic criteria for delineating foothill landscapes have been identified, including morphometric, lithological-geomorphological, climatic, and functional parameters. Based on the author’s original research, the spatio-temporal ecotone character of the foothill landscapes of the North-Eastern Caucasus is revealed. A system of diagnostic features has been developed for the objective identification of foothill landscapes. The applied significance of distinguishing foothill landscapes as independent taxonomic units is shown. The necessity of taking into account the ecotonic nature of foothills for landscape planning, rational use of natural resources and the development of adaptive strategies for managing mountainous and lowland territories in the context of global changes is substantiated.

Keywords: foothill landscapes, geosystem, paradinamic complex, geographical ecotone, triadic paradigm, diagnostic criteria, sustainable development.

Acknowledgements: *The work is presented within the framework of a major scientific project “Dynamics of the geoeological state of the river basins of the Northeastern Caucasus, Azerbaijan and Iran in the context of climate change and increasing anthropogenic pressure” (Agreement No. 075-15-2024-644).*

For citation: Ataev Z.V. Theoretical and methodological foundations and regional specifics of delineating foothill landscapes as independent geosystems. *Geologiya I Geofizika Yuga Rossii = Geology and Geophysics of Russian South.* (in Russ.). 2025. 15(4): 151–168. DOI: 10.46698/o0195-2486-7930-v

Введение

Актуальность проблемы таксономического статуса предгорных ландшафтов имеет фундаментальное междисциплинарное значение, находясь на стыке теоретического ландшафтоведения, физической географии и прикладных аспектов территориального планирования. Предгорные территории, формирующие критически важные контактные зоны между контрастными геосистемами гор и равнин, представляют собой уникальные природные образования, характеризующиеся интен-

сивными вещественно-энергетическими потоками, нелинейной динамикой природных процессов и повышенной чувствительностью как к естественным флуктуациям среды, так и к антропогенному воздействию [Максютов, 1981; Hansen, di Castri, 1992]. Эти территории выступают в роли своеобразных «буферных систем», где происходит трансформация и перераспределение латеральных потоков вещества и энергии, что обуславливает их ключевую роль в функционировании горно-равнинных парадинамических комплексов.

История вопроса насчитывает более чем столетний период научной дискуссии о принципах выделения и таксономическом ранге предгорий, которая продолжает оставаться одной из центральных в современной физической географии [Николаев, 2003; Преображенский и др., 1988]. Эволюция научных представлений демонстрирует переход от упрощенных дихотомических моделей, рассматривавших предгорья либо как подкласс горных [Гвоздецкий, 1963], либо как модификацию равнинных ландшафтов [Исаченко, 1991], к более сложным триадным концепциям, обосновывающим их самостоятельный таксономический статус [Атаев, 2018]. Тем не менее, отсутствие консенсуса в методологических подходах к выделению этих переходных зон существенно затрудняет разработку единой классификационной системы ландшафтов и решение практических задач оптимизации природопользования.

Междисциплинарный контекст исследования предгорных ландшафтов значительно расширился в последние десятилетия благодаря развитию учения о геосистемах [Сочава, 1978], концепции парадинамических комплексов [Мильков, 1986] и теории барьерных ландшафтов [Максютов, 1981]. В рамках этой парадигмы в современной географии и экологии предгорья рассматриваются как классические географические экотоны. Эти динамичные переходные зоны характеризуются эмерджентными свойствами, которые возникают в результате нелинейного взаимодействия смежных геосистем и не сводятся к простой сумме их характеристик [Forman, 1995]. Таким образом, ключевой особенностью предгорий являются специфические процессы и закономерности, формирующиеся именно в условиях переходного режима, что и определяет необходимость их изучения как целостных самостоятельных образований.

Сравнительно-географический аспект приобретает особую значимость в контексте выявления универсальных закономерностей и региональной специфики структуры и функционирования предгорных ландшафтов различных горных систем мира. Анализ разнообразия их региональных проявлений – от аридных «адыров» и «прилавков» Средней Азии до влажно-тропического «пъедмонта» Анд, от антропогенно-трансформированной «Сатоямы» Японии до рекреационно-освоенных «Форальпен» Альп – позволяет разработать комплексные диагностические критерии выделения этих переходных зон [Костенко, 1999; Шальнев, 2004]. Существующее терминологическое разнообразие, отражающее исторически сложившиеся национальные научные школы, требует систематизации и интеграции в единую концептуальную схему.

Научная новизна настоящего исследования заключается в комплексном анализе пространственно-временной организации предгорных ландшафтов на основе синтеза классических теоретических подходов отечественного ландшафтоведения с современными методами количественного анализа и сравнительно-географическими обобщениями. Особое внимание уделяется разработке универсальных диагно-

стических критериев выделения предгорных экотонов и оценке их роли в устойчивом развитии горно-равнинных территорий.

Практическая значимость работы определяется возможностью использования полученных результатов для решения прикладных задач рационального природопользования, оптимизации территориального планирования и разработки адаптивных стратегий управления природно-хозяйственными системами в условиях современных глобальных изменений.

Методы исследования

Методологическую основу настоящего исследования составил системный подход, интегрированный с ключевыми теориями отечественного ландшафтоведения. В его рамках предгорная территория рассматривалась как целостная, структурно организованная и динамичная система. Такой взгляд обусловил выбор методов, направленных на выявление и анализ именно эмерджентных свойств, то есть тех, которые не могут быть выведены путем простого суммирования характеристик отдельных компонентов ландшафта. Теоретический фундамент опирается на: учение о геосистемах В.Б. Сочавы (1978), задающее рамки для анализа иерархической организации природно-территориальных комплексов; концепцию парадинамических комплексов Ф.Н. Милькова (1986), акцентирующую роль латеральных вещественно-энергетических потоков; и теорию барьерных ландшафтов Ф.А. Максютובה (1981), раскрывающую механизмы ландшафтной дифференциации под влиянием орографических барьеров. Синтез этих теоретических конструкций обеспечил комплексное понимание предгорных ландшафтов как специфических геосистем, возникающих на контакте гор и равнин [Karrouzoglou et al., 2020].

Для достижения поставленных задач был применен комплекс взаимодополняющих методов, адаптированных к специфике объекта исследования. Ведущую роль играл сравнительно-географический метод, который позволил провести сопоставительный анализ генезиса, структуры и динамики предгорных ландшафтов в различных физико-географических условиях (от аридных предгорий Тянь-Шаня до гумидных предгорий Анд и антропогенно-трансформированных ландшафтов японской Сатоямы). Этот метод дал возможность выявить инвариантные, системообразующие черты предгорных экотонов, а также их уникальные, регионально-обусловленные характеристики [Ortiz-Colin, Hulshof, 2024].

Историко-генетический анализ был направлен на реконструкцию эволюции научных представлений о предгорьях, прослеживание трансформации подходов от дихотомических моделей к триадной парадигме. Это позволило не только систематизировать накопленный теоретический багаж, но и понять логику развития научной мысли, выявить преемственность идей и методологические разрывы в изучении проблемы.

Для объективной количественной оценки пространственной организации предгорных ландшафтов был задействован морфометрический анализ рельефа [Спирidonov, 1970; Симонов, 1998]. В его рамках проводилась цифровая обработка данных о гипсометрии (построение и анализ цифровых моделей рельефа), крутизне и экспозиции склонов (для оценки инсоляционной и циркуляционной асимметрии), а также густоте расчленения (как индикатора интенсивности новейших и современных рельефообразующих процессов). Этот комплекс параметров обеспечил формализованную основу для проведения границ и выделения морфологических типов предгорий.

Оценка временной динамики и устойчивости предгорных геосистем осуществлялась с помощью статистического анализа многолетних временных рядов климатических параметров. Анализировались не только среднегодовые значения температур и осадков, но и их вариативность, тренды, а также экстремальные показатели, что позволило количественно охарактеризовать высокую временную неоднородность климатических условий, являющуюся одним из ключевых атрибутов экотона.

Важнейшим инструментом интеграции разнородных данных и пространственного анализа выступили картографический метод, геоинформационные системы (ГИС) и технологии. На основе разновременных топографических, тематических и дистанционных материалов были созданы серии специализированных карт (морфометрических, ландшафтных, карт современных процессов), что позволило перейти от точечных характеристик к пространственным обобщениям, выявить закономерности территориальной дифференциации и осуществить пространственный синтез результатов исследования. Использование ГИС-пакетов обеспечило возможность многокритериального анализа и комплексного картографического моделирования структуры предгорных ландшафтов.

Таким образом, примененный методологический комплекс, сочетающий теоретические обобщения с инструментальными количественными методами и пространственным анализом, обеспечил решение поставленных исследовательских задач на современном научном уровне.

Результаты исследования

Эволюция научных представлений: от дихотомии к триадной парадигме

Исторический анализ развития научных взглядов на проблему классификации предгорных ландшафтов демонстрирует последовательную смену методологических парадигм, отражающую общую эволюцию географического мышления от описательного к системному. На начальных этапах становления ландшафтоведения как науки сформировались два альтернативных подхода, условно обозначаемых как дихотомическая модель. Данная модель, укорененная в традиционном геоморфологическом детерминизме, рассматривала предгорные территории исключительно как подчиненный периферийный элемент одной из двух соседних макрогеосистем — либо гор, либо равнин.

Сторонники отнесения предгорий к горным ландшафтам (А.Г. Исаченко, Н.А. Гвоздецкий и др.) выстраивали свою аргументацию на принципах орографического и тектонического единства [Исаченко, 1991]. Они подчеркивали, что предгорья представляют собой непосредственное морфологическое продолжение горных систем, составляя с ними единый структурный каркас, и демонстрируют зачатки высотной дифференциации ландшафтов, что рассматривалось как неотъемлемый атрибут горных территорий. В рамках этого подхода предгорья часто выделялись в качестве нижнего структурного яруса горных стран.

Альтернативная позиция, наиболее последовательно разработанная Ф.Н. Мильковым (ранние работы), обосновывала принадлежность предгорий к равнинным ландшафтам через призму концепции «предвосхождения» [Мильков, 1986]. Согласно этой концепции, ландшафтообразующее влияние горных сооружений начинает проявляться значительно раньше их фактического орографического выражения, вызывая модификацию зональных условий на прилегающих равнинных террито-

риях. Таким образом, предгорные ландшафты интерпретировались не как нижний высотный пояс гор, а как зональные равнинные ландшафты, трансформированные барьерным эффектом соседних горных систем.

Ограниченность дихотомического подхода, не способного адекватно объяснить системную целостность, функциональное своеобразие и пространственно-временную динамику предгорных территорий, стимулировала становление принципиально новой триадной парадигмы («горы–предгорья–равнины»). Теоретический фундамент этой парадигмы составил синтез трех ключевых учений отечественного ландшафтоведения: учения В.Б. Сочавы о геосистемах [Сочава, 1978], разработавшего методологию исследования природных территориальных комплексов как целостных образований; концепции Ф.Н. Милькова о парадинамических комплексах [Мильков, 1986], раскрывающей механизмы латерального взаимодействия между смежными геосистемами; и теории Ф.А. Максютотова о барьерных ландшафтах [Максютов, 1981], описывающей процессы ландшафтной дифференциации под влиянием орографических барьеров.

Согласно триадной парадигме, предгорья представляют собой не периферию соседних систем, а самостоятельный класс геосистем, возникающий на контакте гор и равнин в результате интенсивного парадинамического взаимодействия. Их уникальность обусловлена не просто сочетанием горных и равнинных черт, а наличием эмерджентных свойств, порождаемых специфической системой вещественно-энергетических потоков, характерных исключительно для этой переходной зоны. Именно этот концептуальный переход от «статусной» дискуссии к анализу системных связей и процессов знаменует собой качественно новый этап в изучении предгорных ландшафтов.

Предгорные ландшафты как географические экотоны: системная модель и диагностические критерии

Современный этап развития ландшафтоведения характеризуется синтезом теоретических представлений, в рамках которого предгорные ландшафты интерпретируются как географические экотоны – протяженные переходные зоны между контрастными геосистемами, обладающие специфической структурой и функциональными особенностями. В отличие от упрощенного понимания экотона как линейной границы, современная концепция рассматривает его как трехмерное пространственное образование, характеризующееся повышенной динамичностью, выраженной градиентностью свойств и интенсивным вещественно-энергетическим обменом [Коломыц, 1987; Hansen, di Castri, 1992; Forman, 1995]. В иностранной научной литературе подчеркивается, что экотонам свойственны повышенное биоразнообразие (“edge effect”), усиленная биологическая продуктивность и особая чувствительность к глобальным изменениям природной среды, что делает их важнейшими индикаторами трансформационных процессов в географической оболочке [Walker et al., 2003].

Для визуализации системной организации и функциональной роли предгорных ландшафтов в структуре парадинамического взаимодействия была разработана обобщенная модель (рис. 1), раскрывающая их место в горно-равнинном комплексе. Ландшафтные экотоны играют одновременно буферную, мембранную и транзитную роль; препятствуют движению одних латеральных потоков, другие задерживают, третьи – свободно пропускают.

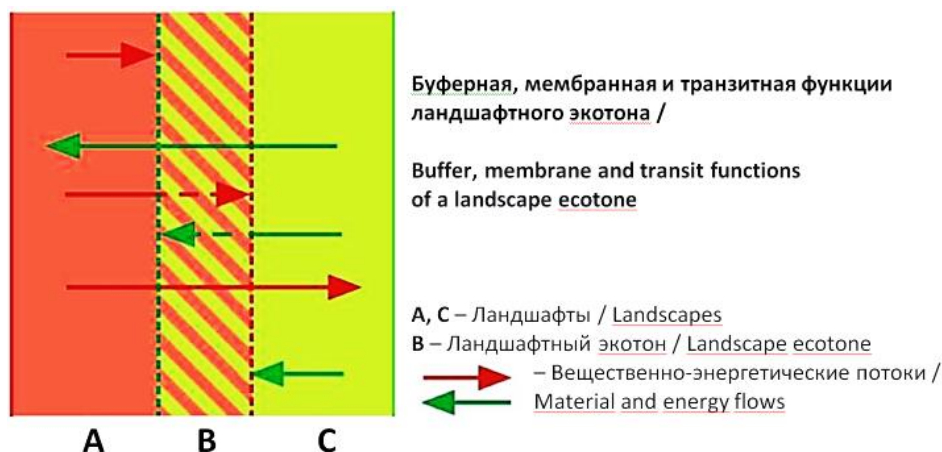


Рис. 1. Место и функции предгорного ландшафта-экотона в системе горно-равнинного парадинамического комплекса /

Fig. 1. The place and functions of the foothill landscape-ecotone in the system of the mountain-plain paradyamic complex

Данная модель наглядно демонстрирует, что предгорный экотон представляет собой не пассивную переходную полосу, а активную динамическую систему, выполняющую ключевую барьерно-трансформационную функцию в горно-равнинном парадинамическом комплексе. Именно здесь происходит интенсивное взаимодействие и взаимопроникновение разнонаправленных потоков вещества и энергии, что приводит к формированию специфических природных комплексов, не имеющих аналогов в смежных геосистемах.

Универсальные диагностические признаки предгорных экотонов, выявленные на основе сравнительно-географического анализа, включают:

- морфометрические (градиентное изменение гипсометрических показателей с формированием характерных предгорных ступеней и террас, отличающихся по своей морфологии от смежных территорий);
- геоморфологические (комбинация денудационных и аккумулятивных форм рельефа с преобладанием пролювиальных, делювиальных и аллювиальных процессов, создающих специфические геоморфологические структуры);
- климатические (ярко выраженный барьерный эффект, проявляющийся в региональных особенностях распределения осадков, формировании локальных циркуляционных систем и повышенной изменчивости климатических параметров как в пространстве, так и во времени);
- биотические (формирование переходных растительных сообществ и экосистем с повышенным уровнем биоразнообразия, высокая мозаичность почвенно-растительного покрова, наличие видов-экотонофилов);
- функциональные (интенсификация латеральных потоков вещества и энергии, высокая скорость биологического круговорота, повышенная динамичность и чувствительность к внешним воздействиям).

Эта концептуальная основа, объединяющая системный подход с конкретными диагностическими критериями, является универсальной методологической платформой для исследования предгорных ландшафтов различных регионов мира, что находит свое конкретное наполнение и проявление в разнообразных физико-географических условиях, как будет показано в последующих разделах работы.

Региональные особенности предгорных ландшафтов мира: сравнительный анализ

Проведенный сравнительно-географический анализ выявил значительное разнообразие региональных проявлений предгорных ландшафтов, обусловленное спецификой природных условий и историей антропогенного освоения. Несмотря на универсальность экотонной природы предгорий, каждый крупный горный регион демонстрирует уникальные черты организации и функционирования этих переходных зон (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Сравнительная характеристика региональных типов предгорных ландшафтов / Comparative characteristics of foothill landscapes regional types

Регион, тип / Region, Type	Ключевые процессы / Key Processes	Морфологические особенности / Morphological Features	Природопользование / Environmental Management	Экологические проблемы / Environmental Issues
Тянь-Шань (адыры) / Tien Shan (Aduyu)	Делювиально-пролювиальные, аридное выветривание, эоловые процессы / Deluvial-proluvial processes, Arid weathering, Aeolian processes	Лёссовые плато, густая овражная сеть, пролювиальные шлейфы / Loess plateaus, Dense ravine network, Proluvial aprons	Пастбищное животноводство, богарное земледелие / Pastoral livestock farming, Rainfed agriculture	Деградация пастбищ, эрозия почв, засухи / Pasture degradation, Soil erosion, Droughts
Япония (Сатояма) / Japan (Satoyama)	Традиционное землепользование, поддержание биоразнообразия / Traditional land use, Biodiversity maintenance	Антропогенная мозаика: вторичные леса, рисовые чеки, пруды / Anthropogenic mosaic: secondary forests, rice paddies, ponds	Комплексное сельское и лесное хозяйство, рекреация / Integrated agriculture and forestry, Recreation	Забрасывание земель, утрата традиционных практик / Land abandonment, Loss of traditional practices
Альпы (Форальпен) / The Alps (Voralpen)	Гляциально-нивальные, барьерный эффект, рекреационная нагрузка / Glacial-nival processes, Orographic effect, Recreational pressure	Четкая высотная поясность, троговые долины, ледниковые формы / Distinct altitudinal zonation, U-shaped (trough) valleys, Glacial landforms	Рекреация, туризм, животноводство, лесное хозяйство / Recreation, Tourism, Livestock farming, Forestry	Фрагментация ландшафтов, эрозия склонов / Landscape fragmentation, slope erosion
Анды (Юнгас) / Andes (Yungas)	Интенсивный сток, химическое выветривание, оползневые процессы / Intensive surface runoff, Chemical weathering, Landslide processes	Крутые склоны, глубокие долины, террасированные участки / Steep slopes, Deep valleys, Terraced areas	Террасное земледелие, плантационное хозяйство / Terrace farming, Plantation agriculture	Обезлесение, эрозия почв, оползни / Deforestation, Soil erosion, Landslides

Гималаи (Сивалик) / Himalayas (Siwalik)	Интенсивная денудация, оползневые процессы, тектоническая активность / Intensive denudation, Landslide processes, Tectonic activity	Конусы выноса, оползневые тела, глубоко расчлененный рельеф / Alluvial fans, Landslide bodies, Deeply dissected relief	Очаговое земледелие, животноводство, лесоупользование / Focal agriculture, Livestock farming, Forest management	Оползни, сели, деградация лесов / Landslides, Mudflows, Forest degradation
Северный Кавказ / North Caucasus	Барьерно- дождевой эффект, эрозия, оползневые процессы / Orographic rainfall effect, Erosion, Landslide processes	Мозаичность морфологических элементов, террасы, шлейфы / Mosaic of morphological elements, Terraces, Aprons	Плотное заселение, многоотраслевое сельское хозяйство / Dense settlement, Multi-branch agriculture	Оползни, эрозия, перенаселен- ность / Landslides, Erosion, Overpopulation

Северный Кавказ и Тянь-Шань: аридные предгорные экотоны. Для предгорий Северного Кавказа (рис. 2) и Тянь-Шаня характерно развитие аридных и семиаридных ландшафтов, выраженных в виде сложной системы низкогорных гряд и разделяющих их депрессий. Особый научный интерес представляют морфогенетические типы адыров и прилавок. Адыры представляют собой холмисто-увалистые предгорья, сложенные лёссовидными суглинками, интенсивно расчлененные густой овражно-балочной сетью [Гвоздецкий, 1963]. Их формирование связано с аккумуляцией пролювиально-делювиальных отложений в условиях аридного климата. Прилавки образуют более высокие ступени предгорий с выположенными водораздельными поверхностями, представляющими собой фрагменты древних поверхностей выравнивания.



Рис. 2. Предгорный ландшафт Северного Кавказа. Карачаево-Черкесия /
Fig. 2. Foothill landscape of the North Caucasus. Karachay-Cherkessia

Ключевым ландшафтообразующим процессом в регионе является интенсивная делювиально-пролювиальная деятельность, обусловленная контрастностью рельефа и ливневым характером осадков. Морфометрический анализ предгорных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа выявил их четкое структурное положение в интервале высот 100–1000(1200) м с преобладанием склонов крутизной 0–15° (более 70 % территории), что подтверждает их переходный экотонный характер [Атаев, 2018]. Особенностью региона является высокая пространственная мозаичность почвенно-растительного покрова, обусловленная экспозиционной дифференциацией микроклиматических условий [Забураева и др., 2025].

Японская Сатояма: антропогенно-естественный экотон. В отличие от естественно-детерминированных моделей, Сатояма (里山) представляет собой уникальный культурный ландшафт, сформированный столетиями устойчивого традиционного природопользования между горными лесами («Ояма») и равнинными полями («Саточи») [Takeuchi et al., 2008]. Этот тип предгорий характеризуется сложной мозаикой вторичных лесов, рисовых полей, ирригационных прудов и пастбищ, поддерживающей исключительно высокий уровень биоразнообразия за счет умеренного антропогенного воздействия (рис. 3).



Рис. 3. Японская Сатояма / Fig. 3. Japanese Satoyama

Особенностью Сатоямы является ее способность поддерживать экологическое равновесие через традиционные практики землепользования, включая циклическое использование лесных ресурсов, поддержание традиционных агроэкосистем и сохранение водно-болотных угодий. Данный тип предгорий демонстрирует возможность формирования устойчивых социально-экологических систем в условиях длительного антропогенного пресса.

Европейские предгорья: Альпы и Карпаты. Предгорья Альп («Форальпен») и Карпат характеризуются как климатические и рекреационные экотоны. Здесь ярко выражен орографический барьерный эффект, проявляющийся в резком контрасте увлажнения на наветренных и подветренных склонах [Huggett, 2017]. Историче-

ски эти территории были освоены под интенсивное сельское хозяйство, преимущественно альпийское животноводство.

В современных условиях европейские предгорья испытывают значительную рекреационную нагрузку, связанную с развитием горного туризма и спорта [Batzing, 2015]. Это обуславливает специфические ландшафтные трансформации, включая фрагментацию природных территорий, изменение структуры землепользования и развитие инфраструктуры. Особенностью региона является высокая степень природоохранного регулирования и внедрение современных технологий устойчивого туризма.

Южноамериканские Анды: влажно-тропический пьедмонт. Восточные предгорья Анд («Юнгас») представляют собой классический пример влажного тропического экотона – зону перехода от высокогорий («Пуна») к амазонской сельве [Troll, 1968]. Это область интенсивного стока, латерального переноса вещества и одного из самых высоких уровней биологического разнообразия на планете.

Ландшафтообразующими процессами здесь являются интенсивное химическое выветривание, оползневая деятельность и латеральная миграция химических элементов. Особенностью региона является выраженная высотная поясность и высокая скорость биологического круговорота. Антропогенное воздействие проявляется преимущественно в форме террасного земледелия и плантационного хозяйства, исторически сложившихся как адаптация к сложным орографическим условиям.

Гималаи: тектонически активный экотон. Предгорья Гималаев (холмы Сивалик) представляют собой тектонически активный экотон, характеризующийся интенсивными процессами денудации и аккумуляции [Gansser, 1964]. Здесь формируются гигантские конусы выноса, оползневые тела и пролювиальные шлейфы, что обусловлено высокой сейсмической активностью и муссонным климатом.

Ландшафты отличаются исключительной динамичностью и постоянной перестройкой морфологической структуры. Особенностью региона является очаговый характер природопользования, обусловленный сложностью рельефа и высокой природной опасностью. Традиционное террасное земледелие контрастирует с современными проблемами, связанными с ростом населения и изменением климата.

Проведенный анализ демонстрирует, что, несмотря на региональные различия, все рассмотренные типы предгорных ландшафтов обладают общими экотонными свойствами, проявляющимися в повышенной динамичности, градиентности природных условий и интенсивности вещественно-энергетического обмена. В то же время каждый регион характеризуется уникальным сочетанием природных естественных и антропогенных факторов, определяющих специфику их современного состояния и направленность развития.

Пространственно-временная экотонность предгорных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа

Предгорные ландшафты Северо-Восточного Кавказа представляют собой классический пример сложноорганизованной экотонной системы, где уникальные свойства проявляются как в пространственной структуре, так и во временной динамике. Их положение на стыке контрастных геосистем Большого Кавказа

[Черкашин и др., 2024] и Прикаспийской низменности обуславливает исключительную сложность организации и высокую чувствительность к внешним воздействиям [Атаев, 2018].

Пространственная организация: мозаичность и градиентность. Пространственная структура предгорных ландшафтов региона, занимающих площадь 5809 км² в интервале высот 100–1000(1200) м, характеризуется выраженной мозаичностью и градиентностью свойств – фундаментальными признаками экотона.

Гипсометрический градиент и вертикальная дифференциация. Морфометрический анализ подтверждает, что предгорный ярус демонстрирует максимальное разнообразие крутизны склонов – от пологих (0–6°), характерных для равнин, до склонов средней крутизны (6–15°), типичных для низкогорий. Однако абсолютная высота не является единственным детерминирующим фактором. Наблюдаются ситуации, когда на сходных гипсометрических уровнях формируются контрастные природные комплексы. Например, на высотах 500–600 м на склонах Салатау развиты лугово-степные ландшафты, в то время как на аналогичных высотах Андийского хребта господствуют широколиственные леса. Это обусловлено различиями в количестве выпадающих осадков при равном количестве поступающего тепла.

Экспозиционная асимметрия. Макроэкспозиция склонов выступает мощным фактором ландшафтной дифференциации. Для региона характерна ярко выраженная ландшафтная асимметрия северных и южных склонов. На северных экспозициях (хребет Нараттубе) исторически сформировались лесные ландшафты, тогда как на южных – лесостепные и степные, что связано с повышенной величиной испаряемости и инсоляции. Циркуляционная экспозиция усиливает эти контрасты: наветренные склоны (Андийский, Салатау) получают до 800 мм осадков в год, в то время как на подветренных их количество не превышает 400–500 мм, порождая резкие переходы от гумидных к семиаридным ландшафтам на расстоянии 10–15 км.

Роль литогенной основы и расчлененности рельефа. Степень и характер расчлененности рельефа напрямую влияют на разнообразие природно-территориальных комплексов (ПТК). Густота горизонтального расчленения в предгорьях достигает 1,5–2,0 км/км², создавая исключительное разнообразие местоположений и условий увлажнения. Крупные поперечные долины (например, долины рек Сулак, Шура-озень) «разрывают» пространственную цельность ландшафтов, формируя интразональные комплексы пойм и террас. Литолого-петрографические особенности также вносят существенный вклад: на известняках и мергелях предгорного Дагестана формируются горно-степные ландшафты с маломощными щебнистыми почвами, а на глинистых сланцах – лугово-степные с более развитым почвенным покровом.

Временная динамика: изменчивость и устойчивость

Временная экотонность предгорных ландшафтов проявляется в исключительно высокой изменчивости их функциональных состояний, особенно в условиях современных климатических изменений. Анализ многолетних данных метеостанции «Буйнакск» за период с 1960 по 2025 гг. выявил устойчивые тренды в трансформации временной структуры предгорных ландшафтов (табл. 2).

Таблица 2 / Table 2

Динамика сезонных состояний предгорных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа (1960–2025 гг.) /

Dynamics of foothill landscapes seasonal conditions of the Northeastern Caucasus (1960–2025)

Период исследования / Research Period	Нивальное состояние, % / Nival State, %	Вегетативное состояние, % / Vegetative State, %	Прочие состояния, % / Other States, %	Изменение нивального периода / Changing the Nival Period
1961–1970	25	41	34	–
1971–1980	22	42	36	▼ 3%
1981–1990	19	42	39	▼ 3%
1991–2000	16	43	41	▼ 3%
2001–2010	13	45	42	▼ 3%
2011–2020	9	48	43	▼ 4%
2021–2025*	7	50	43	▼ 2%

*Примечание: период с 2021 по 2025 гг. (пентада) включает прогнозные оценки, основанные на экстраполяции выявленных трендов /

*Note: the period from 2021 to 2025 (pentad) includes forecast looking estimates based on the extrapolation of identified trends

Анализ данных, представленных в таблице 2, позволяет выявить несколько ключевых тенденций. Наблюдается значительный рост среднегодовой температуры (на 1,0–1,5°C) и перераспределение сезонных осадков. Выявлена ускоряющаяся динамика сокращения зимнего сезона – доля нивальных состояний уменьшилась с 25 (1961–1970) до 7 % (2021–2025), что составляет общее сокращение на 18 %. Особенно заметное ускорение процесса наблюдается в последние десятилетия – сокращение на 4 % в период с 2011 по 2020 гг.

Параллельно происходит значительное расширение вегетативного периода – его доля увеличилась с 41 до 50 % за тот же временной интервал. Эта асимметрия в реакции сезонов подчеркивает сложность отклика экотонной системы на внешние воздействия.

Устойчивость и буферная функция. Несмотря на отмеченные климатические сдвиги, временная структура предгорных ландшафтов региона в целом сохраняет стабильность. Эта устойчивость обеспечивается присущей экотонам высокой мозаичностью и буферной емкостью, позволяющей системе поглощать определенный уровень внешних воздействий без кардинальной перестройки. Однако возрастает частота и интенсивность экстремальных событий (ливни, засухи), что приводит к активизации эрозионных и оползневых процессов на склонах южной экспозиции.

Таким образом, использование расширенного массива данных вплоть до 2025 года позволяет не только констатировать изменения, но и зафиксировать ускорение темпов перестройки сезонных ритмов в предгорных экотонах Северо-Восточного Кавказа. Сочетание пространственной мозаичности и усиливающейся временной изменчивости создает уникальные условия для формирования специфических природных комплексов, не имеющих аналогов в смежных геосистемах. Это подтверждает их высокую чувствительность к глобальным изменениям климата и подчерки-

вает необходимость учета усиливающейся временной экотонности при разработке стратегий адаптивного природопользования для всего горно-равнинного парадинического комплекса.

Прикладное значение для устойчивого развития предгорных территорий

Выделение предгорных ландшафтов в самостоятельный таксономический ранг имеет не только теоретическое, но и важнейшее практическое значение для разработки стратегий устойчивого развития горно-равнинных регионов. Экотонный характер предгорий, проявляющийся в высокой динамичности, уязвимости и одновременно – в высоком потенциале биоразнообразия, требует специальных адаптивных подходов к управлению. Региональная специфика предгорных ландшафтов обуславливает дифференциацию приоритетов и методов природопользования (табл. 3).

Таблица 3 / Table 3

Стратегии устойчивого развития для различных типов предгорных ландшафтов / Sustainable development strategies for different types of foothill landscapes

Тип предгорий / Type of Foothills	Ключевые угрозы и риски / Key Threats and Risks	Приоритетные мероприятия / Priority Activities	Ожидаемый эффект / Expected Effect
Аридные предгорья (адыры Тянь-Шаня, Восточный Кавказ) / Arid foothills (Adyrs of Tien Shan, Eastern Caucasus)	– Интенсивная водная эрозия / Intensive water erosion; – Деградация пастбищ / Pasture degradation; – Опустынивание / Desertification; – Дефицит водных ресурсов / Water resource scarcity	– Внедрение почвозащитных систем земледелия / Implementation of soil- protective farming systems; – Нормирование пастбищной нагрузки / Regulation of pasture load; – Создание системы водосберегающих мелиораций / Establishment of a water- saving reclamation system; – Лесомелиорация оврагов и балок / Forest reclamation of ravines and gullies	– Снижение темпов деградации почв на 40–60% / Reduction in the rate of soil degradation by 40– 60%; – Повышение продуктивности пастбищ / Increased pasture productivity; – Стабилизация местного стока / Stabilization of local runoff
Культурные ландшафты (Японская Сатояма) / Cultural landscapes (Japanese Satoyama)	– Утрата традиционных практик землепользования / Loss of traditional land use practices; – Зброшенность сельхозугодий / Agricultural land abandonment; – Снижение агроборазнообразия / Reduction in agrobiodiversity; – Фрагментация экосистем / Ecosystem fragmentation	– Юридическая защита статуса традиционных ландшафтов / Legal protection for the status of traditional landscapes; – Экономическое стимулирование традиционного природопользования / Economic incentives for traditional environmental management; – Развитие агротуризма / Development of agritourism and ecotourism; – Создание генных банков аборигенных видов / Creation of gene banks for native species	– Сохранение уникального биоразнообразия / Preservation of unique biodiversity; – Поддержание культурного наследия / Maintenance of cultural heritage; – Диверсификация доходов местного населения / Diversification of income for the local population

Рекреационные предгорья (Альпы, Карпаты) / Recreational foothills (Alps, Carpathians)	– Деградация природных комплексов от рекреации / Degradation of natural ecosystems due to recreation; – Фрагментация ландшафтов / Landscape fragmentation; – Загрязнение территорий / Pollution of territories; – Изменение гидрологического режима / Alteration of the hydrological regime	– Нормирование рекреационной нагрузки / Regulation of recreational load; – Создание инфраструктуры для концентрации посетителей / Creation of infrastructure to concentrate visitors; – Восстановление нарушенных земель / Restoration of disturbed lands; – Внедрение технологий «зеленого» туризма / Implementation of «green» tourism technologies	– Сохранение рекреационного потенциала / Preservation of recreational potential; – Минимизация антропогенного воздействия / Minimization of anthropogenic impact; – Обеспечение устойчивого развития местных сообществ / Ensuring sustainable development of local communities
Влажно-тропические предгорья (Анды, Юго-Восточная Азия) / Humid tropical foothills (Andes, Southeast Asia)	– Оползневая опасность / Landslide hazard; – Обезлесение склонов / Deforestation of slopes; – Ускоренная эрозия почв / Accelerated soil erosion; – Потеря биоразнообразия / Loss of biodiversity	– Лесовосстановление на критических склонах / Reforestation on critical slopes; – Строительство противоселевых и оползнезащитных сооружений / Construction of anti-debris flow and landslide protection structures; – Внедрение агролесоводческих систем / Implementation of agroforestry systems; – Террасирование склонов / Slope terracing	– Снижение рисков природных катастроф / Reduction of natural disaster risks; – Сохранение почвенного покрова / Preservation of soil cover; – Поддержание экологического баланса / Maintenance of ecological balance
Высокодинамичные предгорья (Гималаи, молодые горы) / Highly dynamic foothills (Himalayas, young mountains)	– Селевая опасность / Mudflow hazard; – Активная денудация / Active denudation; – Высокая сейсмичность / High seismicity; – Нестабильность склонов / Slope instability	– Зонирование территории по степени риска / Zoning of the territory by risk level; – Создание систем мониторинга опасных процессов / Creation of monitoring systems for hazardous processes; – Ограничение хозяйственного освоения опасных зон / Restriction of economic development in hazardous zones; – Строительство инженерных защитных сооружений / Construction of engineering protection structures	– Повышение безопасности населения / Increased population safety; – Снижение ущерба от природных катастроф / Reduction of damage from natural disasters; – Рациональное использование ресурсов / Rational use of resources

Ключевые принципы управления предгорными территориями включают экотонный подход (признание уникальности предгорных ландшафтов как самостоятельных образований), адаптивное управление (гибкое регулирование природопользования с учетом динамики природных процессов), бассейновый принцип (интегрированное управление в границах водосборных бассейнов), ландшафтное планирование (оптимизация пространственной организации территории).

Реализация предложенных стратегий позволит не только сохранить уникальные экотонные системы предгорий, но и обеспечить устойчивое социально-экономиче-

ское развитие горно-равнинных регионов в условиях глобальных изменений. Особое значение имеет разработка нормативно-правовой базы, регламентирующей выделение предгорных ландшафтов как объектов особого управления, что особенно актуально для Северного Кавказа и других горных регионов России.

Выводы

Проведенное исследование эволюции теоретических представлений о предгорных ландшафтах и их региональных особенностей позволяет отметить значительный прогресс в понимании природы этих уникальных географических объектов. Выводы сводятся к следующему.

1. Сравнительный анализ, охвативший разнообразные горные системы мира от Кавказа до Анд и от Японских островов до Альп, убедительно демонстрирует универсальность триадной парадигмы, рассматривающей предгорья как самостоятельный класс геосистем. Этот концептуальный подход, синтезирующий учение о геосистемах, теорию парадинамических комплексов и концепцию барьерных ландшафтов, представляет собой значительный шаг вперед по сравнению с традиционными дихотомическими моделями, открывая новые возможности для системного анализа горно-равнинных территорий.

2. Важнейшим результатом исследования стало выявление и обоснование экотонной природы предгорных ландшафтов, проявляющейся в специфической пространственно-временной организации этих территорий. Комплексный анализ, сочетающий морфометрические методы, изучение климатической изменчивости и оценку динамики природных процессов, позволил выявить диагностические критерии выделения предгорных экотонов, включая градиентность свойств, повышенную динамичность и интенсивность вещественно-энергетического обмена. На примере Северо-Восточного Кавказа показано, что именно сочетание пространственной мозаичности и временной изменчивости создает уникальные условия для формирования специфических природных комплексов, не имеющих аналогов в смежных геосистемах.

3. Особую значимость имеет разработанная в исследовании типология региональных проявлений предгорных ландшафтов, учитывающая как природные факторы (климатические условия, тектоническую активность, особенности рельефа), так и социально-экономические аспекты (история землепользования, современные антропогенные нагрузки). Выявление специфических черт аридных адыров Тянь-Шаня, культурных ландшафтов японской Сатоямы, рекреационных предгорий Альп и других региональных типов подчеркивает необходимость дифференцированного подхода к их изучению и управлению.

4. Теоретическая значимость работы заключается в развитии концептуальных основ ландшафтоведения и физической географии, в частности – в разработке методологии выделения и анализа переходных географических систем. Практическая ценность исследования определяется возможностью использования его результатов для решения актуальных задач устойчивого развития горно-равнинных территорий. Предложенные стратегии управления, учитывающие региональную специфику предгорных ландшафтов, могут быть применены при разработке схем территориального планирования, природоохранных мероприятий и адаптивных систем природопользования.

Перспективы дальнейших исследований видятся в углубленном изучении механизмов функционирования предгорных экотонов в условиях глобальных изменений климата и возрастающего антропогенного пресса, а также в разработке количественных моделей прогнозирования их динамики. Особого внимания заслуживает инте-

грация традиционных знаний о природопользовании, накопленных в таких системах как Сатояма, с современными научными подходами к управлению ландшафтами.

Литература

1. Атаев З.В. Пространственно-временная экотонность предгорных ландшафтов Северо-Восточного Кавказа. // Материалы XIII Международной ландшафтной конференции: «Современное ландшафтно-экологическое состояние и проблемы оптимизации природной среды регионов». Воронеж: Истоки, 2018. – С. 84–86.
2. Гвоздецкий Н.А. Кавказ. М.: Мысль, 1963. – 262 с.
3. Забураева Х.Ш., Забураев Ч.Ш., Седиева М.Б., Шаипова А.А. Оптимизация рекреационного природопользования на Северо-Восточном Кавказе. // Геология и геофизика Юга России. – 2025. – Т. 15. № 3. – С. 162–173. DOI: 10.46698/VNC.2025.24.29.001.
4. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. М.: Высшая школа, 1991. – 366 с.
5. Коломыц Э.Г. Ландшафтные исследования в переходных зонах: методологический аспект. М.: Наука, 1987. – 115 с.
6. Костенко Н.П. Геоморфология. М.: МГУ, 1999. – 379 с.
7. Максютлов Ф.А. Барьерные ландшафты СССР. Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1981. – 140 с.
8. Мильков Ф.Н. Физическая география: учение о ландшафте и географическая зональность. Воронеж: Изд-во Воронежского ун-та, 1986. – 328 с.
9. Николаев В.А. Ландшафтные экотоны. // Вестник Московского университета. Серия 5. География. – 2003. – № 6. – С. 3–9.
10. Преображенский В.С., Александрова Т.Д., Куприянова Т.П. Основы ландшафтного анализа. М.: Наука, 1988. – 192 с.
11. Симонов Ю.Г. Морфометрический анализ рельефа. Смоленск: СГУ, 1998. – 270 с.
12. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука, 1978. – 319 с.
13. Спиридонов А.И. Основы общей методики полевых геоморфологических исследований. М.: Высшая школа, 1970. – 458 с.
14. Черкашин В.И., Заалишвили В.Б., Мамаев С.А. и др. Геоэкологическое состояние верховьев бассейна реки Аварское Койсу. // Геология и геофизика Юга России. – 2024. – Т. 14. № 4. – С. 100–112. DOI: 10.46698/VNC.2024.77.35.009.
15. Шальнев В.А. Ландшафты Северного Кавказа. Ставрополь: СГУ, 2004. – 264 с.
16. Batzing W. The Alps: A story of Europe's largest wilderness area. London: Palgrave Macmillan, 2015. – 312 p.
17. Forman R.T.T. Land Mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. – 632 p.
18. Gansser A. Geology of the Himalayas. London: Interscience Publishers, 1964. – 289 p.
19. Hansen A.J., di Castri F. (eds.). Landscape Boundaries: Consequences for Biotic Diversity and Ecological Flows. New York: Springer-Verlag, 1992. – 452 p.
20. Huggett R.J. Fundamentals of geomorphology. 4th ed. London: Routledge, 2017. – 578 p.
21. Karpouzoglou T., Dewulf A., Perez K. et al. From present to future development pathways in fragile mountain landscapes. // Environmental Science & Policy. – 2020. – Vol. 114. – pp. 606–613. DOI: 10.1016/j.envsci.2020.09.016.
22. Ortiz-Colin P., Hulshof C.M. Ecotones as windows into organismal-to-biome scale responses across neotropical forests. // Plants. – 2024. – Vol. 13. No. 17. – p. 2396. DOI: 10.3390/plants13172396.
23. Takeuchi K., Brown R.D., Washitani I. et al. Satoyama: the traditional rural landscape of Japan. Tokyo: Springer, 2008. – 229 p.
24. Troll C. Geo-ecology of the mountainous regions of the tropical Americas. Bonn: Dummler, 1968. – 321 p.
25. Walker S., Wilson J.B., Steel J.B. et al. Properties of ecotones: Evidence from five ecotones

objectively determined from a coastal vegetation gradient. // *Journal of Vegetation Science*. – 2003. – Vol. 14. No. 4. – pp. 579–590.

References

1. Ataev Z.V. Spatial and temporal ecotonicity of foothill landscapes of the Northeastern Caucasus. Modern landscape and ecological condition and problems of optimizing the natural environment of the regions. Voronezh. Istoki. 2018. pp. 84–86. (In Russ.)
2. Gvozdetzky N.A. Kavkaz. Moscow. Mysl. 1963. 262 p. (In Russ.)
3. Zaburaeva Kh.Sh., Zaburaev Ch.Sh., Sedieva M.B., Shaipova A.A. Optimization of recreational nature management in the North-Eastern Caucasus. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2025. Vol. 15. No. 3. pp. 162–173. DOI: 10.46698/VNC.2025.24.29.001. (In Russ.)
4. Isachenko A.G. Landscape science and physico-geographical zoning. Moscow. Vysshaya Shkola. 1991. 366 p. (In Russ.)
5. Kolomyts E.G. Landscape research in transition zones: a methodological aspect. Moscow. Nauka. 1987. 115 p. (In Russ.)
6. Kostenko N.P. Geomorphology. Moscow. MSU. 1999. 379 p. (In Russ.)
7. Maksyutov F.A. Barrier landscapes of the USSR. Saratov. Publishing House of Saratov University. 1981. 140 p. (In Russ.)
8. Milkov F.N. Physical geography: the study of landscape and geographical zonality. Voronezh. Publishing House of Voronezh University. 1986. 328 p. (In Russ.)
9. Nikolaev V.A. Landscape ecotones. *Bulletin of the Moscow University. Series 5. Geography*. 2003. No. 6. pp. 3–9. (In Russ.)
10. Preobrazhensky V.S., Alexandrova T.D., Kupriyanova T.P. Fundamentals of landscape analysis. Moscow. Nauka. 1988. 192 p. (In Russ.)
11. Simonov Yu.G. Morphometric analysis of relief. Smolensk. SSU. 1998. 270 p. (In Russ.)
12. Sochava V.B. Introduction to the doctrine of geosystems. Novosibirsk. Nauka. 1978. 319 p. (In Russ.)
13. Spiridonov A.I. Fundamentals of the general methodology of field geomorphological research. Moscow. Vysshaya Shkola. 1970. 458 p. (In Russ.)
14. Cherkashin V.I., Zaalishvili V.B., Mamaev S.A. et al. Geoecological state of the upper reaches of the Avarskoye Koisu river basin. *Geology and Geophysics of Russian South*. 2024. Vol. 14. No. 4. pp. 100–112. DOI: 10.46698/VNC.2024.77.35.009. (In Russ.)
15. Shalnev V.A. Landscapes of the North Caucasus. Stavropol. SSU. 2004. 264 p. (In Russ.)
16. Batzing W. The Alps: a story of Europe's largest wilderness area. London. Palgrave Macmillan. 2015. 312 p.
17. Forman R.T.T. Land Mosaics: the ecology of landscapes and regions. Cambridge. Cambridge University Press. 1995. 632 p.
18. Gansser A. Geology of the Himalayas. London. Interscience Publishers. 1964. 289 p.
19. Hansen A.J., di Castri F. (eds.). Landscape boundaries: consequences for biotic diversity and ecological flows. New York. Springer-Verlag. 1992. 452 p.
20. Huggett R.J. Fundamentals of geomorphology. 4th ed. London. Routledge. 2017. 578 p.
21. Karpouzoglou T., Dewulf A., Perez K. et al. From present to future development pathways in fragile mountain landscapes. *Environmental Science & Policy*. 2020. Vol. 114. p. 606–613. DOI: 10.1016/j.envsci.2020.09.016.
22. Ortiz-Colin P., Hulshof C.M. Ecotones as windows into organismal-to-biome scale responses across neotropical forests. *Plants*. 2024. Vol. 13. No. 17. p. 2396. DOI: 10.3390/plants13172396.
23. Takeuchi K., Brown R.D., Washitani I. et al. Satoyama: The traditional rural landscape of Japan. Tokyo. Springer. 2008. 229 p.
24. Troll C. Geo-ecology of the mountainous regions of the tropical Americas. Bonn. Dummler. 1968. 321 p.
25. Walker S., Wilson J.B., Steel J.B. et al. Properties of ecotones: Evidence from five ecotones objectively determined from a coastal vegetation gradient. *Journal of Vegetation Science*. 2003. Vol. 14. No. 4. pp. 579–590.