

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Лозбенева Элина Алексеевна

Оценка эстетических свойств ландшафтов методами дистанционного зондирования при организации геопарков (на примере «Белоградчишских скал», Болгария)

Специальность 1.6.21 – Геоэкология (по географическим наукам)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Москва – 2024

Диссертация подготовлена на кафедре физической географии и ландшафтоведения географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова.

Научный руководитель:

Калуцкова Наталия Николаевна
кандидат географических наук, доцент

Официальные оппоненты:

Бредихин Андрей Владимирович – доктор географических наук, доцент, МГУ имени М.В. Ломоносова, заведующий кафедрой геоморфологии и палеогеографии, профессор
Черных Дмитрий Владимирович – доктор географических наук, доцент, ФГБУН «Институт водных и экологических проблем СО РАН», лаборатория ландшафтно-водноэкологических исследований и природопользования, главный научный сотрудник

Дирин Денис Александрович – кандидат географических наук, доцент, ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», кафедра физической географии и экологии, профессор

Защита диссертации состоится 14 ноября 2024 г. в 15 часов 00 минут на заседании диссертационного совета МГУ.016.9 Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по адресу: 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д.1, Главное здание МГУ, географический факультет, 18-й этаж, ауд. 1807.

E-mail: dissovetmsu016.9@yandex.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27) и на сайте АИС «Диссовет»: <https://dissovet.msu.ru/dissertation/3150>

Автореферат разослан «___» октября 2024 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета,
кандидат географических наук

 М.А. Смирнова

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Научные исследования в области эстетики ландшафтов начали развиваться в нашей стране с 70-х гг. XX в., когда были предложены системы элементарных визуальных показателей, позволяющих минимизировать субъективность в эстетических оценках ландшафта. На современном этапе интенсивного развития ГИС-технологий впервые появляется возможность смоделировать восприятие ландшафта в любой точке исследуемой территории путем автоматизированной обработки элементарных визуальных показателей.

Актуальность данного исследования заключается в реализации потенциала использования дистанционных методов автоматизированной оценки эстетических свойств ландшафтов на примере территории планируемого геопарка «Белоградчишские Скалы» (Болгария). Применение разработанных методов позволило определить эстетическую привлекательность любой точки в пределах территорий с большим площадным охватом, что затруднительно сделать методами полевых маршрутов. Практический результат исследования заключается в оптимизации сети туристско-рекреационных маршрутов на территории планируемого геопарка.

Цель исследования – оценка эстетических свойств природных территориальных комплексов методами дистанционного зондирования для реализации рекреационного потенциала геопарков на примере ядра планируемого геопарка «Белоградчишские скалы». Для достижения поставленной цели последовательно решались следующие **задачи**:

1. Разработать геоинформационные алгоритмы для оценки элементарных эстетических показателей на основе ДДЗ и данных аэрофотосъемки с БПЛА более высокого пространственного разрешения;
2. Определить эстетическую ценность ПТК на основе разработанных геоинформационных алгоритмов;
3. Выявить пространственные закономерности визуально-эстетической оценки типов ПТК;
4. Провести оптимизацию существующей сети туристско-рекреационных маршрутов на территории планируемого геопарка «Белоградчишские скалы».

Объект исследования – ландшафты планируемого геопарка «Белоградчишские скалы» (Северо-Западная Болгария). **Предмет исследования** – эстетические свойства природных комплексов планируемого геопарка.

Методология исследования. В работе используется понятийная база и терминология, общие подходы и авторские методики, разработанные в рамках учений об эстетике ландшафта и методов ее оценки (Ю.А. Веденин, В.С. Преображенский,

К.И. Эрингис, Л.И. Мухина, М.Ю. Фролова, В.А. Николаев), оценки аттрактивности геоморфологических объектов (А.В. Бредихин, Ю.П. Супруненко, Э.А. Лихачева, А.В. Кириллова), цифрового картографирования и моделирования на основе геоинформационных технологий пространственного анализа (Д.А. Дирин, И.Н. Ротанова, Е.Ю. Колбовский, А.Ю. Бибаева, М. Zuhlaili Teh, Y. Wu) и с использованием БПЛА (С. Hackney, J. Othman, P. Cwiakala).

Материалы и методы исследования. В рамках комплексного подхода к оценке эстетических свойств ландшафтов и оптимизации туристско-рекреационных маршрутов использовались материалы собственных ландшафтных описаний; картографические данные о рельефе, почвенно-растительном покрове и др.; результаты натурных исследований, полученные в ходе проведения эстетической оценки вдоль туристско-рекреационных маршрутов (GPS-треки, результаты балльной оценки эстетических показателей); данные аэрофотосъемки с БПЛА DJI Phantom 4 Pro (с высоты 400 м) и DJI Mavic Pro (с высоты 100 м); космические снимки Landsat-8 OLI; а также цифровая модель рельефа SRTM DEM (с разрешением 30 м). В работе использовались следующие методы: полевой, сравнительно-географический, картографический, геоинформационный и статистический. Для эстетических свойств ландшафтов использовалась традиционная методика детального эколого-эстетического исследования ландшафтов К.И. Эрингиса и А.-Р.А. Будрюнаса, которая была адаптирована с учетом природных особенностей территории исследования. Геоинформационный анализ данных эстетической оценки, моделирование туристско-рекреационных маршрутов, а также визуализация полученных результатов проводились на основе программных обеспечений Esri ArcGIS 10.6/10.8, QGIS 3.22.3, SAGA GIS 7.8.2. и Agisoft Metashape.

Положения, выносимые на защиту:

1. На основе ДДЗ и данных аэрофотосъемки с БПЛА более высокого разрешения разработаны геоинформационные алгоритмы выделения показателей для визуально-эстетической оценки территории, которые подтверждаются данными полевых маршрутных исследований. Это дает возможность провести визуально-эстетическую оценку любой обзорной точки исследуемой территории.

2. Эстетическая ценность ландшафта определяется визуальными свойствами его морфологических частей – урочищ. Особенностью исследованной территории является преобладание урочищ как самой высокой, так и самой низкой эстетической ценности (34 и 35%, соответственно), урочища с высокой и средней степенью эстетической ценности занимают подчиненное положение.

3. Выявлены основные параметры, влияющие на эстетическое восприятие ПТК. К ним относятся высотный уровень, степень сомкнутости древостоя и позиция по отношению к соседним ПТК. Статистический анализ показал, что типы ПТК могут существенно отличаться визуально-эстетическими свойствами в зависимости от этих параметров, что дает основание для выделения их подтипов.

4. Существующая система туристско-рекреационных троп в целом отвечает модели оптимизации маршрутов, которая сбалансировано учитывает 10 критериев, среди которых наибольший вес имеют эстетические свойства ПТК, ландшафтное разнообразие, наличие аттрактивных природных и историко-культурных объектов и комфортность передвижения для разных целевых групп туристов.

Научная новизна работы. Впервые была проведена полная площадная оценка визуально-эстетической ценности ландшафта на примере природной достопримечательности Белоградчишские скалы. Проведена оценка каждого ПТК в пределах ландшафта по их вкладу в общее эстетическое восприятие территории. Выявлены параметры, влияющие на эстетическое восприятие ландшафта. Сравнение результатов полевых наблюдений и данных ГИС-анализа подтвердило, что полученные результаты автоматизированной оценки хорошо соответствуют данным полевых наблюдений на местности, что дало возможность смоделировать эстетическое восприятие ландшафтов с любой точки в пределах исследуемой территории. Таким образом, становится возможным впервые провести эстетическую оценку всей территории, а не по отдельным маршрутам или обзорным точкам. Авторская модель оптимизации туристско-рекреационных маршрутов позволила оценить качество сети существующих маршрутов с учетом результатов оценки эстетической привлекательности и ряда вспомогательных критериев, характеризующих условия передвижения на сложной местности.

Научно-практическая значимость. Полученные результаты ГИС-анализа с применением разработанных алгоритмов для оценки эстетических показателей подтвердили, что данный метод оценки позволяет произвести расчет многих визуальных показателей с хорошим соответствием с данными полевых исследований. Это может быть использовано для оптимизации существующей сети туристско-рекреационных маршрутов, а также организации новых маршрутов, охватывающих наиболее аттрактивные обзорные точки. С 2021 г. на кафедре физической географии и ландшафтоведения автором проводятся семинары курса «Эстетика ландшафта и методы ее оценки», который строится на опыте проведенного исследования.

Степень достоверности, апробация результатов и публикации. По теме диссертации опубликовано 11 статей, из которых 5 статей входят в перечень

рецензируемых научных изданий в базах данных Scopus, Web of Science и RSCI. Методы оценки ландшафтного разнообразия с использованием ГИС приводятся на примере туристических маршрутов в пределах Катон-Карагайского национального парка (Казахстан) в статье (Шеремет, Калущкова, 2020) с вкладом автора 75%. Общий обзор методических подходов ландшафтно-эстетической оценки рассматривается в авторской работе (Лозбенева, 2022). Особое внимание было уделено геоинформационным методам оценки эстетических свойств ландшафтов, которые разрабатывались на примере ядра планируемого геопарка «Белоградчишские скалы» (Шеремет и др., 2020; Шеремет и др., 2021). Основополагающий вклад в работах принадлежит соискателю – 60 %. Апробация методики эстетической оценки ландшафтов на основе ГИС-моделей представлена на примере территории музея-заповедника «Куликово поле» в России (Калущкова, Лозбенева, 2022) с вкладом автора 45%. Результаты исследования доложены на 14 научных и научно-практических конференциях, в том числе на международных (Oxford Geoheritage Virtual Conference, Oxford, 2020; IALE-Russia, Москва, 2020; 9th Conference of the European Society, Bologna, 2020; II International scientific conference..., Tbilisi, 2022).

Личный вклад автора. Автор принимал участие в полевых исследованиях на территории проектируемого геопарка «Белоградчишские скалы» в летние сезоны 2016 и 2019 годов. В ходе исследования проводилась оценка эстетических показателей с обзорных точек, а также аэрофотосъемка с БПЛА в пределах природной достопримечательности Белоградчишские скалы и вдоль туристско-рекреационных маршрутов. В ходе камеральной работы производилась обработка данных аэрофотосъемки для углубленного морфометрического анализа территории исследования, а также разрабатывалась авторская методика оценки отдельных эстетических показателей и оптимизации туристических маршрутов с использованием ГИС-технологий.

Структура и объем работы. Работа состоит из содержания, введения, 5 глав, заключения, списка литературы и приложения. Полный текст работы изложен на 195 страницах, включает 14 таблиц, 79 рисунков и 22 приложения. Библиографический список содержит 363 литературных источника, из них 164 на английском языке.

Благодарности. Автор выражает особую благодарность: научному руководителю – к.г.н., доц. Н.Н. Калущковой за постоянную поддержку в ходе проведения полевых исследований, подготовку научных статей и текста диссертации; к.г.н. Н.М. Дронину и к.г.н., доц. В.Н. Дехничу за ценные советы и замечания; к.г.н. А.А. Медведеву за помощь в проведении аэрофотосъемки с БПЛА; а также мэрии г. Белоградчик (Болгария) за предоставленную возможность проведения в летний сезон 2016 и 2019 гг. полевых исследований и аэрофотосъемки.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

1. РАЗВИТИЕ ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ ОЦЕНКИ ЭСТЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛАНДШАФТА

Несмотря на довольно продолжительную историю философского осмысления красоты (с первой половины XVIII века), научное изучение эстетических качеств ландшафтов началось лишь в начале XIX в. в работах А. Гумбольдта. Предложенное Гумбольдтом понятие «физиогномики» по существу вводит в науку представление о ландшафте как визуально воспринимаемой и эстетически оцениваемой окружающей среды (Гумбольдт, 1959). В первой половине XX в. на эстетическую ценность ландшафта и духовную значимость пейзажа обратил внимание А. Геттнер, который предложил выделить «эстетическую географию», которая «взвешивает эстетическую ценность и красоту...» различных ландшафтов и местностей (Геттнер, 1930, с. 140). В первых ландшафтных работах А.А. Борзова, В.П. Семенова-Тян-Шанского и Л.С. Берга ландшафты предстают как гармоническое единство, т.е. имеют эстетическое качество.

Но развитие научных подходов в исследовании эстетических свойств ландшафтов в отечественной географии началось только в 70-е гг. XX в. (Мухина, 1973, 1974; Веденин, Преображенский, 1975; Эрингис, Будрюнас, 1975; Меллума, 1988; Родоман, 1993, 1995, 2000; Фролова, 1994; Исаченко, 1997, 2001; Воскресенский, Уставщикова, 1997, 2002; Николаев, 1999, 2002, 2005, 2006). Большое значение в этот период оказала работа К.И. Эрингиса и А.-Р.А. Будрюнаса «Экология и эстетика ландшафта» (1975), в которой была предложена детальная методика эстетической оценки в полевых условиях на основе совокупности элементарных показателей визуальных свойств ландшафтов. Концептуальная основа ландшафтной эстетики была заложена в работе В.А. Николаева «Ландшафтоведение. Эстетика и дизайн» (2005), где он предлагает рассматривать эстетику ландшафта в качестве особого направления ландшафтоведения, изучающего и объективно оценивающего красоту, живописность природных и природно-антропогенных ландшафтов, а главное особенности эстетического восприятия и оценки.

В процессе оценки визуальных свойств ландшафта важно учитывать его эстетическую привлекательность – *аттрактивность*. В ландшафтной географии также вводится понятие *перцепции* ландшафта – чувственного восприятия окружающего, несущего для субъекта некую эстетическую ценность – по сущности близкое к термину «эстетическое восприятие» (Аткина, 2017). Действующим лицом в процессе восприятия ландшафтов является субъект восприятия – наблюдатель, который воспринимает и оценивает объект восприятия, а именно сам ландшафт (Дирин, Попов, 2010). В основу любого пейзажа заложена внутренняя структура с основополагающими элементами, но

главным свойством является его целостность (Веденин, 1997; Бучацкая, 2002; Николаев, 2005). Таким образом, эстетическое восприятие наблюдателя напрямую зависит от гармонических взаимосвязей в системе воспринимаемых объектов (Birkhoff, 1933).

Ландшафты способны формировать разнообразные или однообразные пейзажные виды. Различия этих видов связаны со строением каждого ландшафта в зоне видимости. Следовательно, для каждого пейзажа свойственно наличие специфических сочетаний эстетических свойств, под которыми понимается совокупность визуальных свойств ландшафтов, способных через воспринимаемый образ удовлетворить эстетические потребности человека (Дирин, 2005; Бибаева, 2015).

Большой объем пространственной информации наблюдатель получает в процессе передвижения по заданному *маршруту*, целью организации которого является максимальный охват пейзажного разнообразия территории. Главную роль в восприятии пейзажа играет оптимальный выбор *обзорных точек* (смотровых площадок), доступных для массового посещения, с которых открываются разнообразные пейзажные виды. По мнению В.А. Николаева (2005) у каждой видовой точки свой пейзаж или его вариация.

В современных исследованиях оценка эстетических свойств ландшафтов связана с использованием различных ГИС-технологий и обработкой данных дистанционного зондирования. Некоторые методики оценки предусматривают синтез полевых наблюдений и ГИС-анализ (Дирин, 2006; Кочуров, Бучацкая, 2007; Вдовюк, Мотошина, 2013; Колбовский, Медовикова, 2016; Ротанова, Васильева, 2017; Бибаева, Макаров, 2018). В свою очередь это позволяет обработать большие массивы исходных пространственных данных, применять различные шкалы оценок, а также визуализировать и верифицировать полученные результаты с данными полевых наблюдений. Это направление активно развивается и зарубежными исследователями (Aoki, 2014; Hackney, Clayton, 2015; Cwiakala et al., 2017; Teh et al., 2018; Murtha et al., 2019; Mirghaed, 2020; Sahraoui et al., 2021; Zhang et al., 2022; Mundher et al., 2022). Кроме того, точность исследований существенно увеличивается при использовании пространственных данных сверхвысокого разрешения, полученных путем аэрофотосъемки с БПЛА.

2. ТЕРРИТОРИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ: ПЛАНИРУЕМЫЙ ГЕОПАРК «БЕЛОГРАДЧИШКИЕ СКАЛЫ»

В 2000 г. первые 4 геопарка во Франции (Верхний Прованс), Греции (о. Лесбос), Германии (Герольштайн-Вульканайфель) и Испании (Маэстрасто) учредили Европейскую сеть геопарков под эгидой ЮНЕСКО. Одним из главных направлений функционирования геопарков ЮНЕСКО является развитие просветительского геотуризма. В настоящее время

Болгария находится в листе ожидания для вступления в сеть геопарков ЮНЕСКО (Калуцкова и др., 2019). Одной из самых перспективных территорий для создания геопарка является комплекс «Белоградчишские скалы», находящийся в северо-западной части страны. Примерная площадь планируемого геопарка составляет порядка 137,3 тыс. га и охватывает четыре общины в пределах Видинской области (рис. 1).



Рис. 1. Местоположение планируемого геопарка «Белоградчишские скалы»

Согласно физико-географическому районированию территория исследования относится к провинции Предбалкан в пределах западных секторов трех областей: Дунайской равнины, Предбалкан и горного хребта Стара-Планина (Пенин, 2007).

В настоящее время в качестве главного объекта эстетической и научной ценности определена территория ядра геопарка, которая в системе ООПТ Болгарии имеет статус «природной достопримечательности». Белоградчишские скалы имеют площадь около 5 тыс. га и представляют собой комплекс денудационных останцов причудливой формы, сложенных красноцветными конгломератами и песчаниками триасового возраста. Общая протяженность скального комплекса 30 км, а ширина – 6-7 км. Это самое крупное скальное образование в районе Предбалкан, получившее мировую известность (Sinnyovsky, 2011).

Скальный комплекс входит в состав крупного Белоградчишского антиклинория Предбалканской морфотектонической зоны (Тронков, 1974; Foose, Manheim, 1975). В его ядре выходят на поверхность древние докембрийские и палеозойские породы. Для крыльев характерны типичные карбонатные мезозойские породы (Тронков, 1981). Белоградчишские скалы образовались из фрагментов терригенных отложений триасового возраста. Процессы денудации, начиная с позднего триаса по настоящее время,

сформировали современный облик скального комплекса (Sinnyovsky, 2011; Tronkov, Sinnyovsky, 2012) (рис. 2).

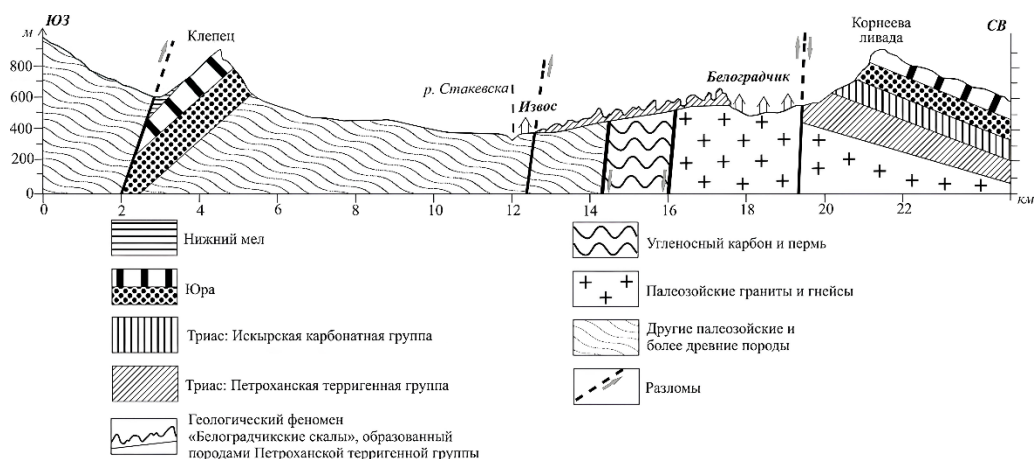


Рис. 2. Геологический профиль Белоградчишского антиклинория (Tronkov, 1998)

В ландшафтной структуре территории преобладающими урочищами являются поверхности останцов, преимущественно безлесные на скелетных маломощных почвах, склоновые поверхности разной крутизны под дубовыми лесами на горных бурых лесных почвах, а также эрозионные формы под грабово-буковыми мертвопокровными лесами на дерновых маломощных почвах (Калуцкова и др., 2008) (рис. 3).

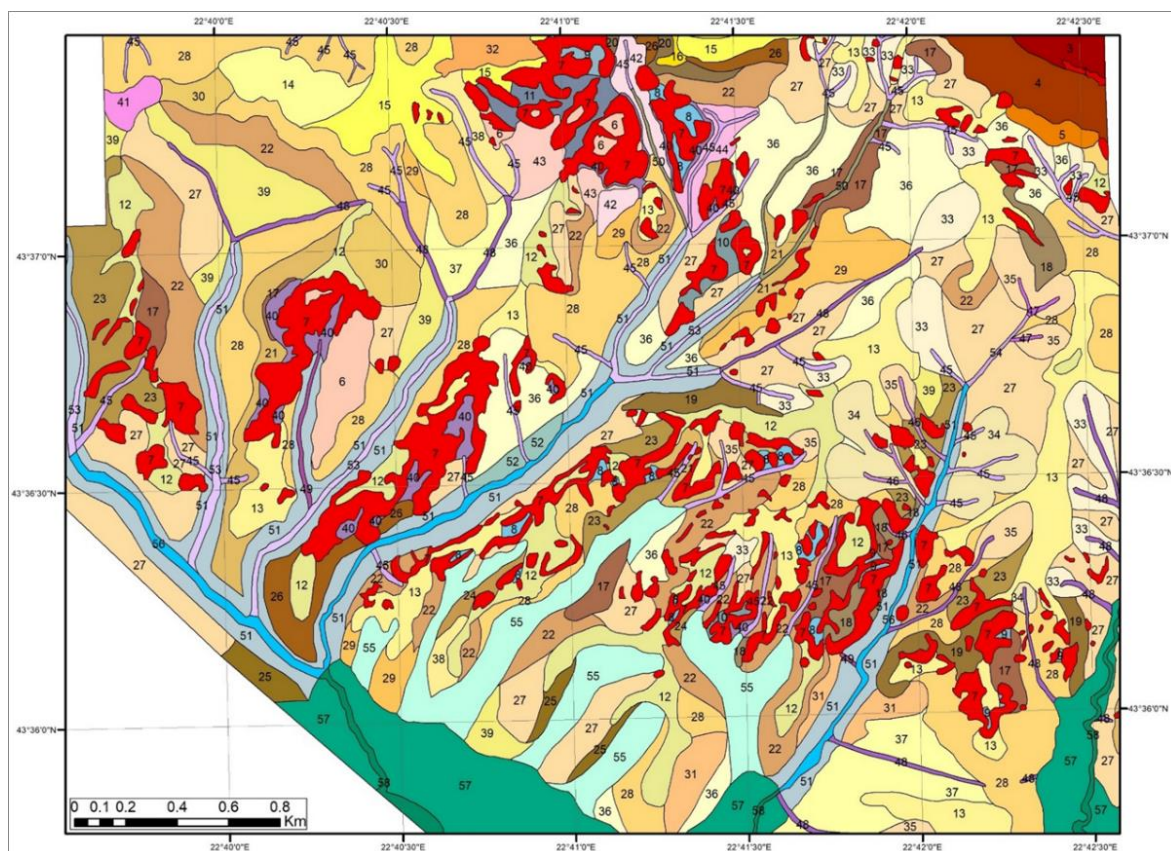


Рис. 3*. Ландшафтная карта на территорию ядра Белоградчишских скал (Калуцкова, Смержок, 2012; с авторскими дополнениями)

*Условные обозначения представлены в тексте диссертации.

Развитие устойчивого геотуризма на территории планируемого геопарка является одним из приоритетных направлений, поэтому здесь организована сеть туристско-рекреационных маршрутов, которая должна охватывать наибольшее количество уникальных геоморфологических объектов и эстетически привлекательных ландшафтов.

3. МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭСТЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЛАНДШАФТОВ

Методика эстетической оценки ландшафтов заключалась в проведении следующих этапов (рис. 4).

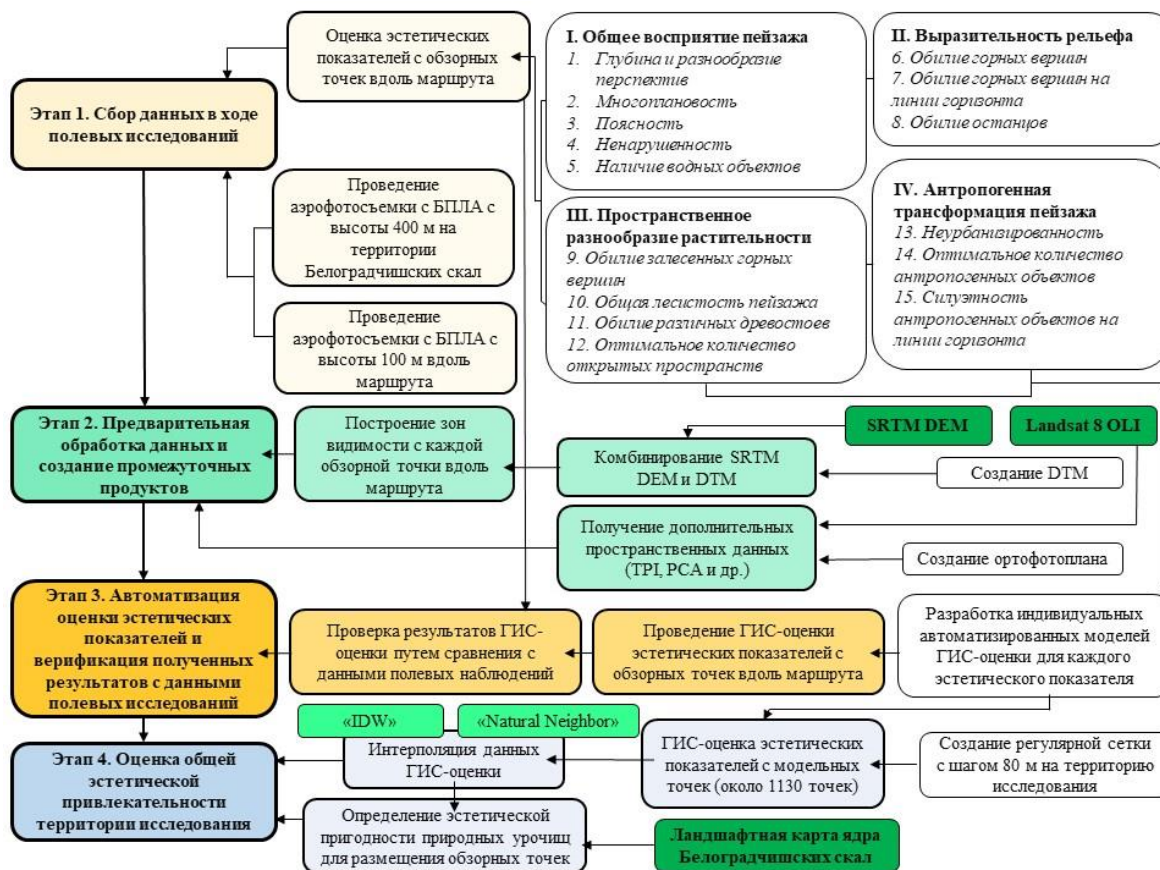


Рис. 4. Последовательная схема методики оценки эстетических свойств ландшафтов

Первый этап представлял собой оценку эстетических свойств ландшафтов, которая проводилась непосредственно на местности, на примере одного из туристско-рекреационных маршрутов «Мир скал». Протяженность данного маршрута составляет около 6 км, он целиком проходит в пределах ландшафта складчатых предгорий, который отличается значительной залесенностью. На маршруте выделяются 9 обзорных точек, с которых открываются панорамные пейзажные виды.

Одновременно с полевыми описаниями с обзорных точек нами была проведена аэрофотосъемка с использованием БПЛА: вдоль маршрута «Мир скал» (с высоты 100 м) и на всю территорию природной достопримечательности Белогоградчишские скалы (с высоты 400 м).

За основу оценки эстетических свойств ландшафтов была взята методика эколого-эстетического исследования ландшафтов (пейзажей), разработанная литовскими исследователями К.И. Эрингисом и А.-Р.А. Будрюнасом (Эрингис, Будрюнас, 1975). Методика оценки включает значительное количество элементарных эстетических показателей, которые объединены в четыре крупных блока: общее восприятие пейзажа, выразительность рельефа, пространственное разнообразие растительности и степень антропогенной трансформации пейзажа. Данная методика была разработана для эстетической оценки преимущественно равнинных ландшафтов, поэтому в ходе полевых исследований она была адаптирована с учетом природных особенностей территории Белоградчишских скал. Таким образом, из общего числа оценочных показателей было отобрано 26 показателей, преимущественно с количественными характеристиками, которые позволили минимизировать субъективное восприятие во время проведения полевых наблюдений. Все визуальные показатели были разделены на две группы. Первая группа – качественные показатели – оценивались непосредственно в поле по предлагаемой балльной системе. Вторая группа – количественные показатели, которые для нормирования также переводились в баллы. Оценочные баллы присваивались в зависимости от угла обзора с точки наблюдения (табл. 1). Ранжирование количественных характеристик осуществлялось отдельно как для природных, так и для антропогенных объектов.

Таблица 1. Пример оценки обилия горных вершин в зоне видимости, в баллах (составлено автором)

	Общее количество горных вершин									Угол обзора
	0-3	4-7	8-15	16-25	26-35	36-45	46-50	51-60	Более 60	
Балл	1	2	1	0	-	-	-	-	-	<i>Элементарный</i>
	2	3	2	1	0	-	-	-	-	<i>Секторный</i>
	1	2	3	4	3	2	1	0	-	<i>Панорамный</i>
	0	1	2	3	4	3	2	1	0	<i>Циркорамный</i>

Для эстетической оценки баллы по всем эстетическим показателям суммировались. В зависимости от итоговых баллов с обзорных точек определялась степень эстетической привлекательности пейзажных видов: низкая – менее 30, средняя – 31-34, высокая – 35-38 и особая (очень высокая) – более 39 баллов.

Второй этап заключался в предварительной обработке ДДЗ для последующего ГИС-анализа. Рельеф выступает в качестве наиболее доступного визуального элемента природной среды, позволяющего определить степень привлекательности исследуемой территории через выражение объектов и элементов ландшафтов в пространстве (Бредихин, 2005). На основе комбинирования данных моделей DTM и SRTM DEM (с

разрешением 30 м) был произведен расчет зон видимости или визуального охвата территории (инструмент «*Visibility*»), которые позволили определить части территории, открывающиеся с каждой обзорной точки.

На **третьем этапе** в пределах построенных зон видимости проводилась оценка эстетических показателей с помощью разработанных геоинформационных алгоритмов. На основе анализа комбинированных ДДЗ разного пространственного разрешения были определены 15 эстетических показателей, которые в высокой степени коррелируют ($R^2 = 0,74$) с оценкой по 26 показателям (табл. 2).

Таблица 2. Эстетические показатели, отобранные для ГИС-оценки (Эрингис, Будрюнас, 1975; с дополнениями автора)

ЭСТЕТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ		
Общее восприятие пейзажа	П 1	Глубина и разнообразие перспектив
	П 2	Многоплановость
	П 3	Поясность
	П 4	Ненарушенность
	П 5	Наличие водных объектов
Выразительность рельефа	П 6	Обилие горных вершин
	П 7	Обилие горных вершин на линии горизонта
	П 8	Обилие останцов
Пространственное разнообразие растительности	П 9	Обилие залесенных горных вершин
	П 10	Общая лесистость пейзажа
	П 11	Обилие различных древостоев
	П 12	Оптимальное количество открытых пространств
Антропогенная трансформация пейзажа	П 13	Неурбанизированность
	П 14	Оптимальное количество антропогенных объектов (населенных пунктов, усадеб и отдельных построек)
	П 15	Силуэтность антропогенных объектов на линии горизонта

После расчета всех эстетических показателей и подсчета общего балла эстетической привлекательности, была произведена верификация результатов оценки. В ходе сравнения полученных данных было установлено, что результаты автоматизированной оценки в некоторых случаях превышают результаты полевых наблюдений. Но расхождения значений итоговых баллов эстетической привлекательности пейзажных видов с обзорных точек минимальные (порядка 1-3 баллов), а для некоторых точек их и вовсе нет.

Сравнение результатов оценки на примере всех девяти обзорных точек по туристско-рекреационному маршруту «Мир скал» позволяет сделать вывод, что подобная методика ГИС-оценки эстетических показателей показывает хорошее соответствие с натурными исследованиями. Большим достоинством разработанных геоинформационных

алгоритмов оценки является их гибкая структура, включающая в себя ряд параметров, которые можно адаптировать под любую исследуемую территорию (Калуцкова, Лозбенева, 2022).

4. ЛАНДШАФТНО-ЭСТЕТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ ПРИРОДНОЙ ДОСТОПРИМЕЧАТЕЛЬНОСТИ «БЕЛОГРАДЧИШСКИЕ СКАЛЫ»

Оценка всей территории исследования проводилась с помощью модуля ArcGIS *Model Builder* на основе регулярной сетки, которая охватила основную часть скального комплекса площадью около 8 км². Регулярная сетка представляла собой слой с точечными объектами – *модельными точками*, выступающими в качестве потенциальных обзорных точек при корректировании существующих маршрутов и организации новых. Экспертным путем было установлено наиболее оптимальное расстояние между точками около 80 м, которое обеспечило максимальный охват аттрактивных геоморфологических объектов. В общей сложности автоматически было выделено около 1130 обзорных точек (рис. 5а).

Для каждой обзорной точки производилась ГИС-оценка по 15 эстетическим показателям. На основе полученных результатов оценки эстетических свойств ландшафтов была определена эстетическая привлекательность территории, выражающаяся через совокупный (целостный) образ пространственных элементов ландшафта (рис. 5б) (Токарчук, 2014; Горбунов и др., 2020; Терентьева, 2021).

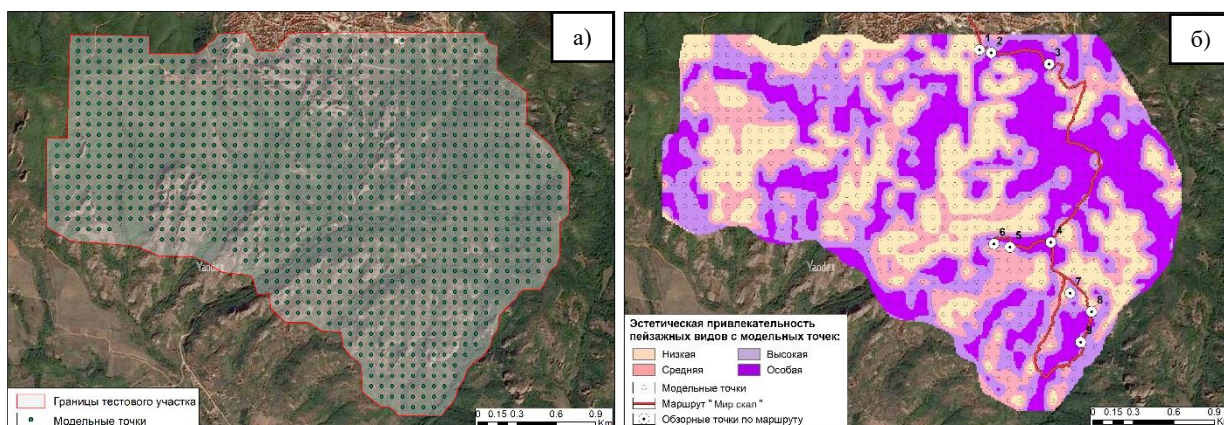


Рис. 5. а – регулярная сетка с модельными точками обзора в пределах территории исследования; б – зонирование территории по степени эстетической привлекательности пейзажных видов

Визуальное представление эстетической привлекательности территории исследования осуществлялось на основе неравномерно распределенных пространственных данных комплексной эстетической оценки с обзорных точек с использованием широко распространенных методов интерполяции. Среди них наиболее наглядными являлись методы обратных взвешенных расстояний (Inverse Distance

Weighting/IDW) (Lu, Wong, 2008; Li et al., 2018) или естественной окрестности (Natural Neighbor/NN) (Sibson, 1981). Метод обратных взвешенных расстояний позволяет рассчитать искомое значение по квадратичной формуле, учитывающий дистанцию до известной точки. Суть метода естественной окрестности заключается в использовании весового подхода для расчета искомых значений: чем ближе точка, тем выше ее вес при расчете. Представленные методы позволили произвести расчет значений для каждой ячейки растра путем усреднения значений опорных точек в указанной окрестности (Павлова, 2017).

Эстетическая привлекательность ландшафтных единиц – природных урочищ оценивалась по совокупности модельных точек в их пределах. На первом этапе 58 видов урочищ природной достопримечательности были объединены в 18 типов урочищ по геоморфологическим (вершинные поверхности, склоны и т.д.) и растительным (дубовые, грабовые леса и т.д.) характеристикам (рис. 6а). Отдельно для каждого типа урочищ выявлялись обзорные точки со свойственными для них результатами ГИС-оценки. Сначала рассчитывались средние значения эстетической привлекательности в баллах в пределах данного типа. Затем определялись обзорные точки особой, высокой, средней и низкой степени эстетической привлекательности в процентном соотношении (рис. 6б).

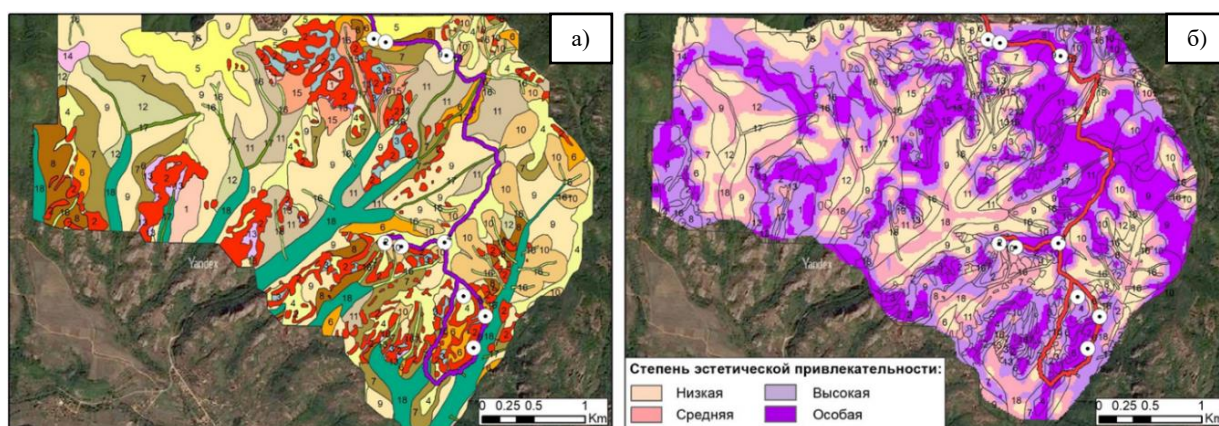


Рис. 6. а* – типы урочищ природной достопримечательности Белоградчишские скалы; б – эстетическая привлекательность пейзажных видов с обзорных точек основных типов урочищ

*Условные обозначения представлены в тексте диссертации.

Таким образом, в ходе первого этапа нами был проведен анализ особенностей формирования общей эстетической привлекательности пейзажных видов с учетом **визуальных характеристик**. Анализ в таком случае осуществлялся для всех видов урочищ, в пределах которых был произведен расчет средних значений оценки по 15 эстетическим показателям. Для того чтобы уравнивать результаты неравномерной эстетической оценки (по балльной шкале от 0 до 4), для всех показателей было проведено преобразование оценочных значений в нормированные баллы от 0 до 1.

На основе итоговых нормированных значений оценивался вклад каждого эстетического показателя в формирование общей эстетической привлекательности пейзажных видов. Все показатели были сгруппированы по значимости их вклада в общий балл аттрактивности открывающихся пейзажей: первая группа показателей повышает общий балл («↑»), для второй группы показателей характерны нейтральные значения оценки («-»), третья – снижает общий балл («↓»). Анализ таблицы показал, что для каждого типа природных урочищ характерен определенный набор эстетических показателей с повышающими, снижающими и нейтральными эстетическими оценками (табл. 3). Например, общую эстетическую привлекательность типов урочищ плоских и пологонаклонных вершинных поверхностей останцов с мохово-лишайниковым покровом и редкими дубами усилили показатели «поясность», «обилие горных вершин» и «обилие залесенных горных вершин».

Таблица 3*. Вклад эстетических показателей в общую оценку эстетической привлекательности пейзажных видов (составлено автором на основе данных ГИС-оценки)

Типы урочищ, №	Вклад эстетических показателей														
	П 1	П 2	П 3	П 4	П 5	П 6	П 7	П 8	П 9	П 10	П 11	П 12	П 13	П 14	П 15
1	-	-	↑	↓	↓	↑	↑	↑	↑	-	-	-	↓	↑	↑
2	-	-	↑	↓	↓	↑	↑	↑	↑	-	-	↑	↓	↑	↑
3	↓	↓	-	-	↓	↓	-	-	↓	↑	-	↑	-	↑	↑
4	-	-	↑	↓	↓	↑	↑	↑	↑	-	-	↑	↓	↑	↑
5	-	-	↑	↓	↓	↑	↑	-	↑	-	↑	↓	↓	-	↑
6	-	-	↑	-	↓	-	↑	↑	↑	↑	-	↑	↓	↑	↑
7	-	-	-	↓	↓	-	↑	↑	↑	-	-	↑	↓	↑	↑
8	-	-	↑	↓	↓	↑	↑	-	↑	-	↑	↑	↓	↑	↑
9	-	-	-	↓	↓	-	↑	↑	↑	-	-	↑	↓	↑	↑
10	-	-	-	-	↓	↓	-	↑	-	↑	-	↑	-	↑	↑
11	↓	-	-	-	↓	-	↑	↑	↑	↑	-	↑	↓	↑	↑
12	-	-	-	-	↓	↓	-	↑	↓	↑	-	↑	-	↑	↑
13	-	-	-	↓	↓	↑	↑	↑	↑	-	-	-	-	↑	↑
14	-	-	↑	↓	↓	↑	↑	-	↑	-	↑	-	-	↑	↑
15	↓	↓	-	-	↓	↓	↑	-	-	↑	-	↑	-	↑	↑
16	↓	↓	↓	-	↓	↓	-	-	↓	↑	-	↑	-	↑	↑
17	↓	↓	↓	-	↓	↓	-	-	-	↑	↓	↑	-	↑	↑
18	↓	↓	↓	-	↓	↓	-	-	-	↑	↓	↑	-	↑	↑

* Описание эстетических показателей представлено в табл. 2.

Для половины типов урочищ (для 9 из 18), полученные оценки обзорных точек очень близки, поэтому можно считать, что они дают однозначную оценку привлекательности данного типа комплексов. Например, для типа урочищ нерасчлененных комплексов склонов и вершинных поверхностей останцов с редким мохово-лишайниковым покровом 60% обзорных точек имеют особую степень

эстетической привлекательности. Однако, для некоторых типов урочищ результирующие оценки показывают значительные расхождения. Так, для делювиальных шлейфов под буковыми лесами 36% обзорных точек характеризуются высокой степенью эстетической привлекательности, а 36% – с низкой степенью.

Главное предположение заключалось в том, что данные урочища могут быть разделены на подтипы, имеющие более однозначные оценки их эстетической ценности. Необходимо было найти основные параметры, на основании которых можно выделить такие подтипы. Статистический анализ эстетических оценок всех обзорных точек (около 1130) позволил определить три параметра – высотное положение, характеристики растительного покрова (сомкнутость древостоя и породный состав) и положение относительно других комплексов.

Влияние **высотного положения** на аттрактивность обзорных точек в пределах ПТК прослеживается по разнице эстетических оценок в зависимости от изменения высотных уровней. Была применена шкала разделения высотных уровней с разницей в 30 м (от 340 до 650 м н.у.м.), что позволило определить доли обзорных точек с определенной степенью аттрактивности открывающихся пейзажных видов в пределах каждого высотного уровня (рис. 7).

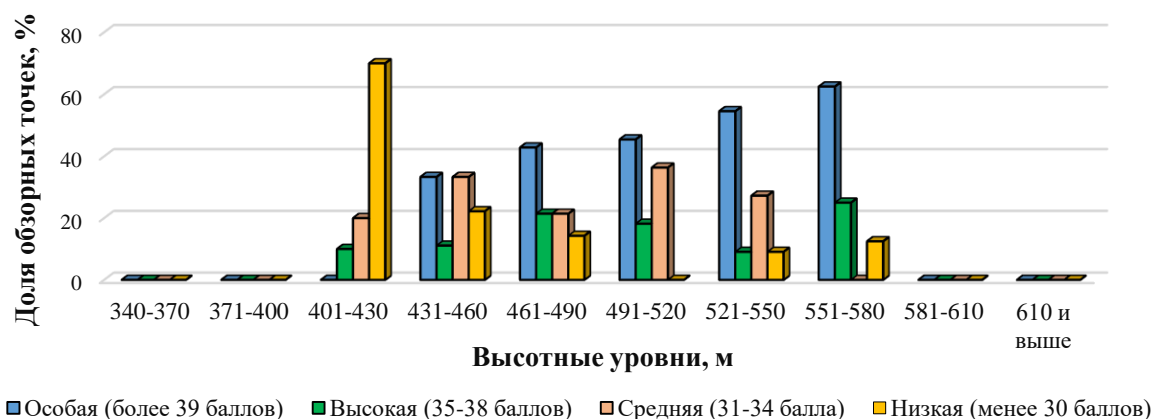


Рис. 7. Соотношение обзорных точек по высотным уровням, на примере покатых склонов гряд (прямых) под дубовыми лесами

Характер растительного покрова (сомкнутость древостоя и его породный состав) также оказывает существенное влияние на аттрактивность ПТК (рис. 8). С увеличением сомкнутости древостоя возрастает доля обзорных точек с более низкой аттрактивностью открывающихся пейзажных видов. Большое значение также имеет породный состав.

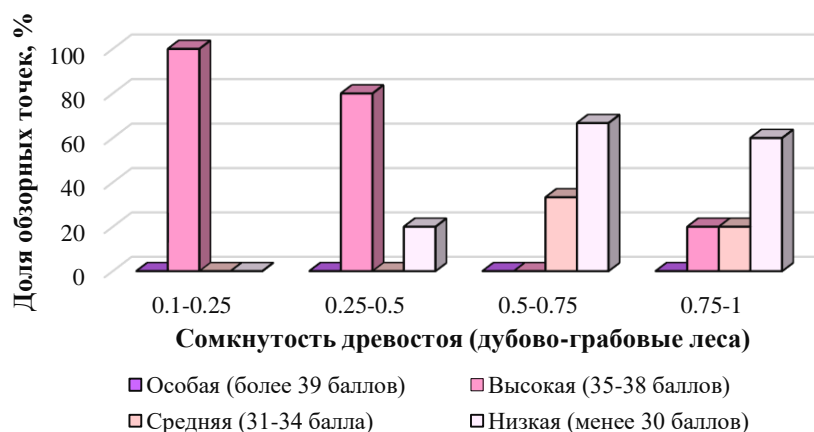


Рис. 8. Влияние характеристик растительного покрова на эстетические оценки, на примере вершинных поверхностей гряд под дубово-грабовыми лесами

На характер эстетических оценок большое влияние оказывает и **положение ПТК относительно соседних комплексов** (рис. 9). Соседние комплексы из-за близкого расположения могут полностью или частично закрыть тот или иной ПТК. Такое положение можно назвать «открытым» или «закрытым». Наиболее высокие баллы эстетической оценки получили ПТК с открытыми панорамными видами. Гораздо меньшей степенью эстетической привлекательности обладают закрытые ПТК, «зажатые» между скальными останцами, которые ограничили свободное восприятие пейзажных видов.

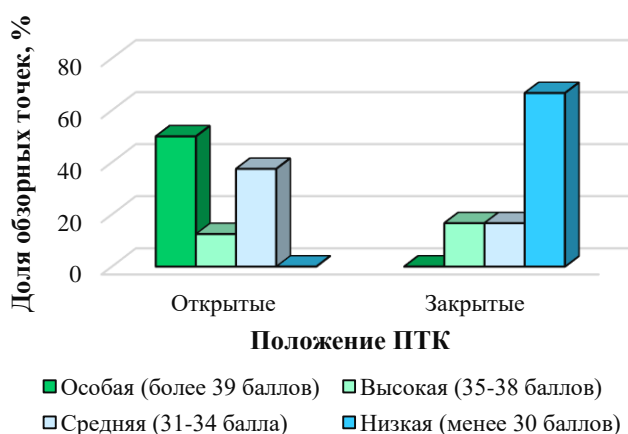


Рис. 9. Особенности эстетических оценок в зависимости от положения ПТК, на примере делювиальных шлейфов под буковыми лесами

В результате ландшафтно-эстетическая классификация ПТК природной достопримечательности Белоградчишские скалы включает 29 типов и подтипов (в случае неоднозначности оценок) урочищ (рис. 10а, 10б).

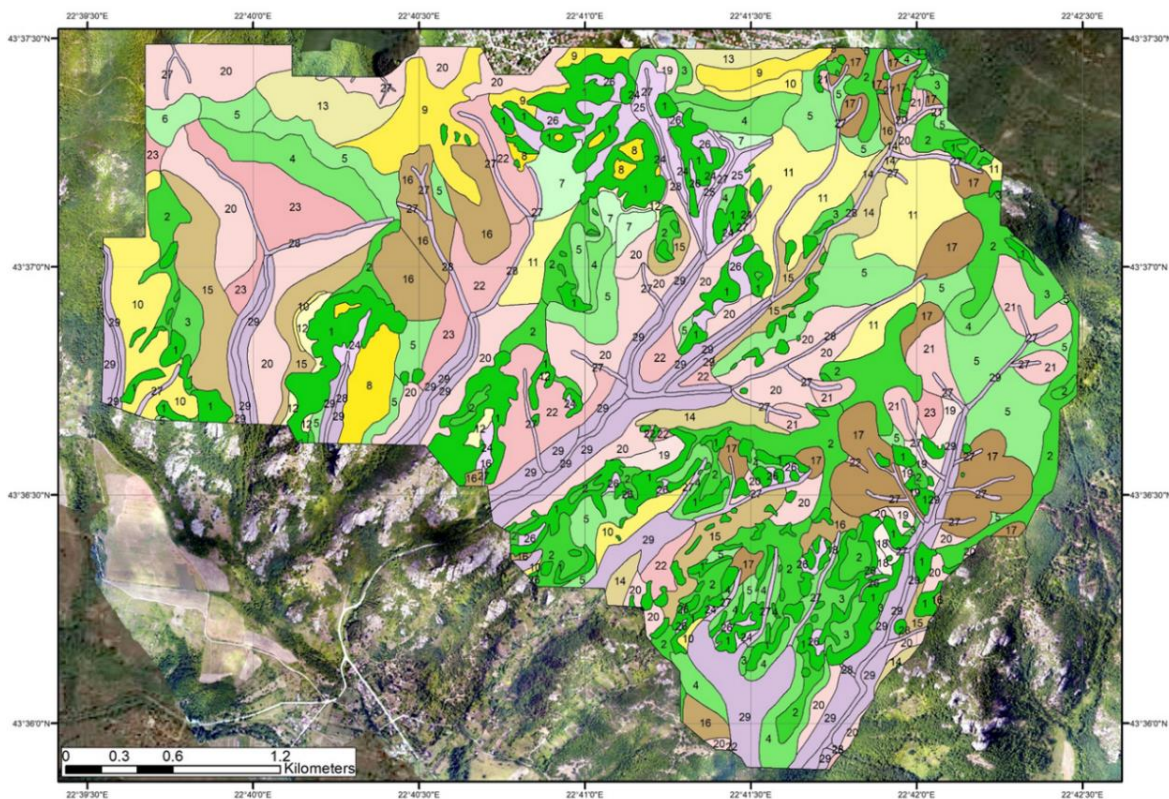


Рис. 10а. Визуально-эстетическая ценность ПТК природной достопримечательности Белоградчишские скалы (составлено автором)

I. ПТК ОСОБОЙ ВИЗУАЛЬНО-ЭСТЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ	
1	Нерасчлененные комплексы склонов и вершинных поверхностей останцов верхнего высотного уровня с редким мохово-лишайниковым покровом, открытые
2	Вершинные поверхности гряд верхнего высотного уровня под золотобородниково-разнотравными лугами и дубовыми редколесьями, открытые
...	
II. ПТК ВЫСОКОЙ ВИЗУАЛЬНО-ЭСТЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ	
8	Плоские и пологонаклонные вершинные поверхности останцов верхнего высотного уровня под мохово-лишайниковым покровом и редкими дубами, открытые
9	Вершинные поверхности гряд верхнего высотного уровня под сосновыми разреженными посадками, открытые
...	
III. ПТК СРЕДНЕЙ ВИЗУАЛЬНО-ЭСТЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ	
13	Вершинные поверхности гряд верхнего высотного уровня под сомкнутыми дубово-грабовыми лесами, открытые
14	Очень крутые склоны гряд нижнего высотного уровня, под дубовыми и ясеневыми сомкнутыми лесами, открытые
...	
IV. ПТК НИЗКОЙ ВИЗУАЛЬНО-ЭСТЕТИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ	
18	Очень крутые склоны гряд верхнего высотного уровня под разреженными дубовыми и грабово-дубовыми лесами, закрытые
19	Крутые склоны гряд нижнего высотного уровня под разреженными грабово-дубовыми лесами, закрытые
...	

Рис. 10б. Пример условных обозначений к карте визуально-эстетической ценности ПТК

Особой визуально-эстетической ценностью обладают 7 типов/подтипов урочищ, которые занимают около 34% территории исследования. Например, к наиболее ценным видам урочищ были отнесены нерасчлененные комплексы склонов и вершинных поверхностей останцов с редким мохово-лишайниковым покровом, а также вершинные поверхности гряд под золотобородниково-разнотравными лугами. Преимущественно для

всех видов урочищ особой эстетической оценки характерно высокое положение, что сказалось на максимальной открытости пейзажных видов (пейзаж не перекрывают соседние ПТК). Для них также характерно полное отсутствие древесных насаждений (мохово-лишайниковый покров и разнотравные луга), либо это леса с максимально разреженным древостоем. На очень высокую оценку наибольшее влияние оказали показатели «поясность», «обилие горных вершин на линии горизонта» и «обилие останцов».

Высокую визуально-эстетическую ценность имеют 5 типов/подтипов урочищ (16% территории исследования). Например, плоские и пологонаклонные вершинные поверхности останцов под мохово-лишайниковым покровом и редкими дубами или крутые склоны гряд под грабово-дубовыми лесами и сосновыми посадками. Как и ПТК особой эстетической привлекательности занимают верхний высотный уровень, хотя и несколько ниже по высоте. Преимущественно для всех видов урочищ характерен разреженный древостой. За счет высотного положения все эти ПТК отличаются открытостью для наблюдателя. Большая часть ПТК имеет высокую оценку эстетической привлекательности за счет таких показателей как «поясность», «обилие горных вершин на линии горизонта» и «обилие залесенных вершин».

Пять типов/подтипов урочищ имеют **среднюю визуально-эстетическую ценность**, которые занимают около 15% территории исследования. Например, к ним были отнесены очень крутые склоны гряд под дубовыми и ясеневыми-дубовыми лесами, а также крутые склоны гряд под дубовыми лесами с примесью грабинника. Основная часть таких ПТК находится в пределах нижнего высотного уровня. Для большей их части характерен сомкнутый древостой (3 ПТК), остальные имеют разреженный древостой (2 ПТК). На эстетической привлекательности сказались сниженные баллы по показателям «поясность», «обилие горных вершин» и «обилие останцов».

Низкая визуально-эстетическая ценность характерна для 12 типов/подтипов урочищ, занимающих около 35% территории исследования. Самой низкой аттрактивностью обладают делювиальные шлейфы под буковыми лесами, а также теснины между останцов под дубовыми, дубово-грабовыми и буковыми лесами. Основная часть ПТК находится в пределах нижнего высотного уровня и отличается сомкнутым древостоем. Склоновые поверхности гряд разной крутизны – открытые; делювиальные шлейфы, поверхности педиментации и эрозионные формы – все закрытые. Низкая степень эстетической привлекательности из-за показателей «глубина и разнообразие перспектив», «многоплановость», «поясность» и «обилие горных вершин».

5. ОПТИМИЗАЦИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫХ МАРШРУТОВ БЕЛОГРАДЧИШСКИХ СКАЛ

Эстетическая оценка, проведенная на основе дистанционных методов, позволила выявить наиболее привлекательные обзорные локации не только на существующих туристических маршрутах, но и на всей территории Белоградчишских скал. Потенциально это дает возможность провести новые маршруты, которые будут иметь более высокие эстетические характеристики по сравнению с существующими тропами. Однако новые маршруты должны также обеспечивать и комфортность туристам, которая зависит от проходимости маршрута, его длительности, доступности и максимального (по возможности) охвата ценных природных объектов – геоморфологических объектов и примечательных ландшафтных комплексов (рис. 11).

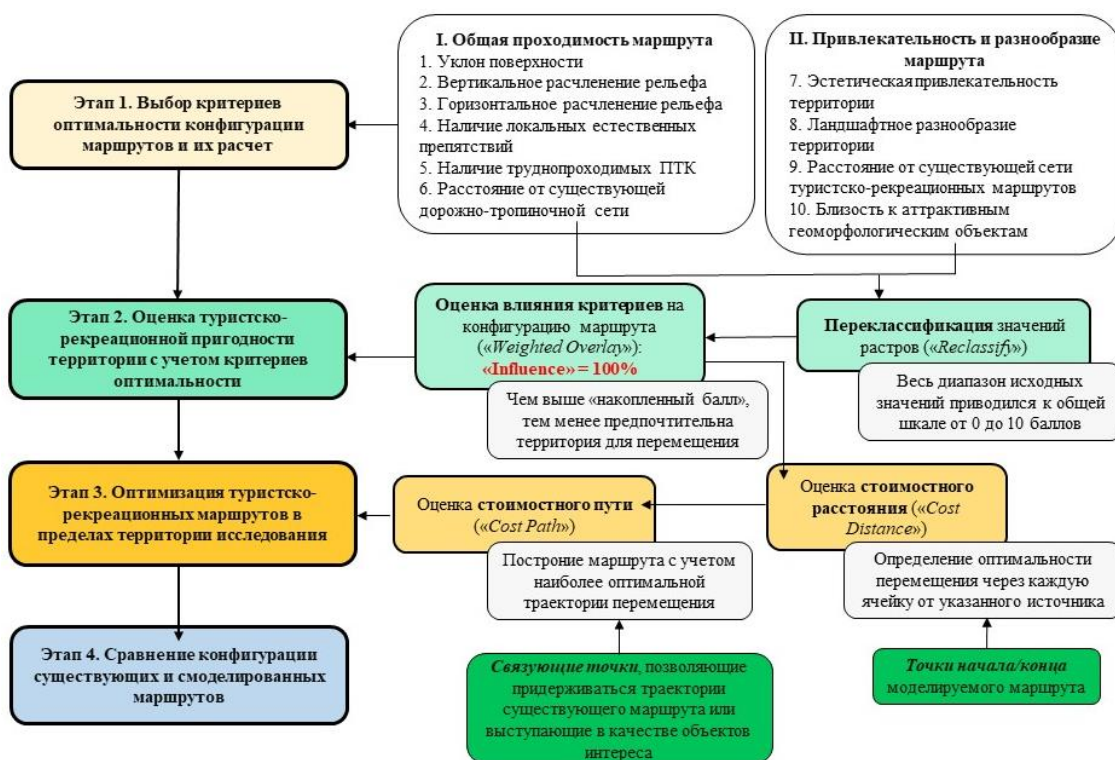


Рис. 11. Последовательная схема методики оптимизации туристско-рекреационных маршрутов

Для целей оптимизации туристско-рекреационных маршрутов использовался ряд критериев, которые были объединены в две группы: 1) общая проходимость маршрута; 2) привлекательность и разнообразие маршрута. Процесс оптимизации конфигурации маршрутов осуществлялся на основе комплексного расчета 10 критериев, через совокупное значение которых оценивалась туристско-рекреационная оптимальность маршрута, или «стоимость перемещения» по маршруту – эффективность передвижения по указанной траектории в зависимости от весовых коэффициентов предлагаемых критериев.

Каждый из рассматриваемых критериев количественно измерим и имеет индивидуальную систему измерения. В данном случае необходимо было привести все показатели к общей системе безразмерных единиц. Процесс переклассификации значений растров (инструмент «*Reclassify*») осуществлялся в рамках 10-балльной шкалы.

После переклассификации значений физических единиц в баллы устанавливался весовой коэффициент критериев оптимальности, каждый из которых в определенной степени может оказать влияние на конфигурацию моделируемого маршрута. Оценка оптимальности маршрутов в пределах интересующей территории оценивалась при помощи взвешенного наложения (инструмент «*Weighted Overlay*»), которое позволило произвести интегральную оценку с учетом выставленных весовых коэффициентов. Таким образом, чем выше значение «накопленного» балла по всем критериям, тем менее предпочтительна (сложнее) территория для передвижения.

Суммарные значения всех критериев оптимальности позволили определить «стоимостное расстояние» (инструмент «*Cost Distance*»), а именно оценить оптимальность перемещения через каждую ячейку из начальной точки моделируемого маршрута. После чего был проведен итоговый расчет «стоимостного пути» (инструмент «*Cost Path*») – смоделирован маршрут от начальной точки маршрута в точку назначения по траектории с минимальным накопленным баллом перемещения. Таким образом, появилась возможность оценивать функциональную пригодность территории исследования для организации новых туристско-рекреационных маршрутов (рис. 12).

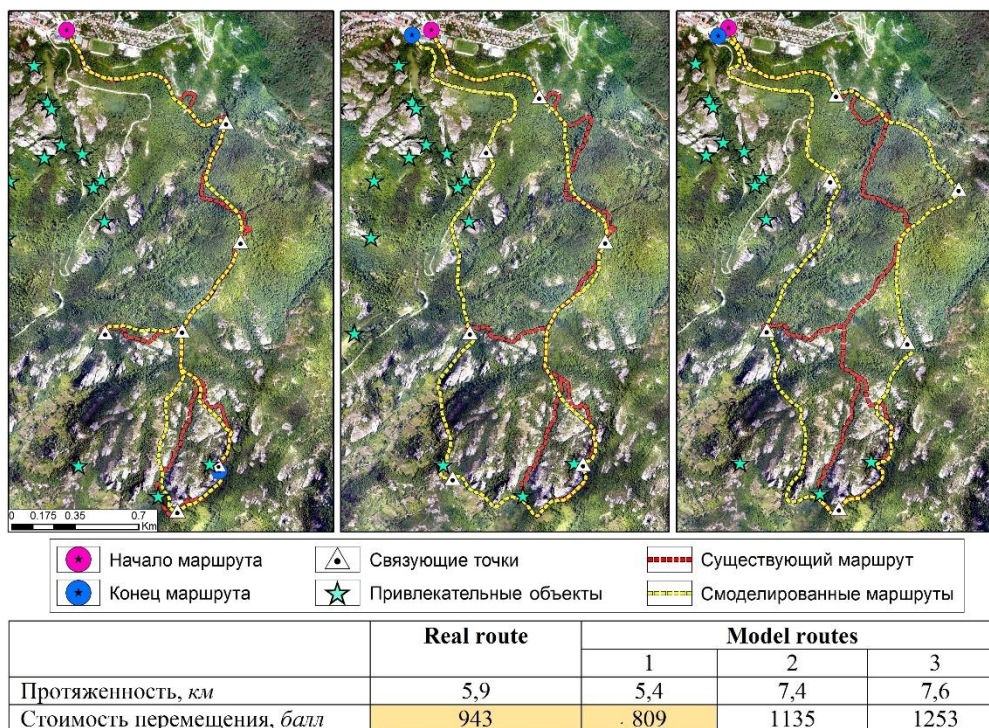


Рис. 12. Моделирование маршрутов с учетом туристско-рекреационной оптимальности передвижения, на примере маршрута «Мир скал»

Так как моделируемые маршруты существенно отличаются друг от друга, особенности организации каждого из них могут зависеть от категории туристов, наличия объектов притяжения, развития дорожной сети, а также препятствий и особенностей их преодоления. В процессе сравнения итоговой конфигурации смоделированных маршрутов можно учитывать влияние каждого критерия оптимальности на итоговую конфигурацию передвижения. Например, максимальное весовое значение в предлагаемом наборе критериев при моделировании маршрута «Мир скал» был присвоен следующим показателям: уклон поверхности (18%), эстетическая привлекательность (16%), близость к аттрактивным геоморфологическим объектам (14%) и ландшафтное разнообразие (14%).

Сам маршрут ориентирован на более активную категорию туристов. Основная цель прохождения маршрута – посещение уникального объекта пещеры «Лепеница», при следовании к которой маршрут проходит через участки с максимально привлекательными пейзажными видами. В пределах моделируемых маршрутов выделяются различные по сложности прохождения участки, отличающиеся между собой степенью распределения физической нагрузки. Таким образом, конфигурация новых маршрутов учитывала все возможные естественные препятствия, а также стремилась охватить участки с более высокой эстетической привлекательностью и ландшафтным разнообразием исследуемой территории.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволяет сделать следующие **выводы**:

1. В современных ландшафтно-рекреационных исследованиях пейзаж рассматривается как свойство самого ландшафта, что обуславливает возможность научного изучения его визуальных характеристик, имеющих эстетическую ценность. В качестве основы для проведения комплексной эстетической оценки использовалась детальная методика К.И. Эрингиса и А.-Р.А. Будрюнаса, которая была адаптирована для территории природной достопримечательности Белоградчишские скалы.
2. Было выяснено, что из 26 эстетических показателей, оцененных в полевых условиях в ходе маршрутов, 15 показателей можно определить с использованием ГИС-технологий на основе комбинирования ДДЗ и данных аэрофотосъемки с БПЛА более высокого пространственного разрешения. Показано, что результаты ГИС-оценки эстетических свойств ландшафтов соответствуют результатам полевых наблюдений на местности. Таким образом, предлагаемый метод оценки позволяет определить эстетическую привлекательность любой обзорной точки территории исследования.

3. Особое научное и эстетическое значение имеют выразительные скальные останцы в ядре планируемого геопарка «Белоградчишские скалы», сложенные красноцветными конгломератами и песчаниками триасового возраста. Была составлена карта визуально-эстетической ценности ПТК. В результате было выделено 18 типов урочищ и оценена их эстетическая привлекательность с помощью статистического анализа обзорных точек в их границах. Были определены основные параметры, объясняющие существенные расхождения в эстетических оценках некоторых типов урочищ – высотное положение, характеристики растительного покрова (полнота древостоя и породный состав) и положение относительно других комплексов. Это дало основание выделить подтипы урочищ. Преобладают как ПТК особой эстетической ценности (34%), так и комплексы низкой эстетической ценности, находящиеся в «визуально-эстетической тени» (35%).

4. Использование автоматизированной модели оптимизации туристско-рекреационных маршрутов позволило учесть сбалансированное влияние каждого из десяти критериев (уклон поверхности, наличие естественных препятствий, эстетическая привлекательность и др.) в зависимости от цели маршрута и возможностей туристов. В ходе моделирования маршрута «Белоградчишские скалы» траектория передвижения строилась с учетом сложности преодоления возможных естественных препятствий и близости к аттрактивным геоморфологическим объектам. Маршрут «Мир скал» ориентирован на максимальный охват обзорных точек с привлекательными пейзажными видами и высоким ландшафтным разнообразием с учетом сложности его прохождения. В целом существующая сеть маршрутов отвечает критериям оптимальности, заложенных в модели, но нуждается в некоторой корректировке.

ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи в журналах, индексируемых в базах данных Scopus, Web of Science, RSCI:

1. Калуцкова Н.Н., Лозбенева Э.А. Оценка эстетических свойств равнинных ландшафтов дистанционными методами зондирования земли (на примере музея-заповедника Куликово поле) // Известия Русского географического общества. — 2022. — Т. 155, № 5-6. — С. 47–59. DOI: 10.31857/S0869607122050056 (Импакт-фактор РИНЦ = 0,567; 0,687 п.л.; вклад автора 45%)
2. Лозбенева Э.А. Методические подходы к оценке эстетических свойств ландшафтов // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. — 2022. — Т. 30, № 2. — С. 116–126. DOI: 10.22363/2313-2310-2022-30-2-116-126 (Импакт-фактор РИНЦ = 0,318; 0,625 п.л.; вклад автора 100%)

3. **Шеремет Э.А.**, Калуцкова Н.Н., Дехнич В.С. Визуальные свойства ландшафтов и методы их оценки с применением ГИС (на примере Белоградчишских скал (Болгария)) // ИнтерКарто. ИнтерГИС. — 2021. — Т. 27. — С. 191–204. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-2-27-191-204 (SJR = 0,25; 0,812 п.л.; вклад автора 60%)
4. **Шеремет Э.А.**, Дехнич В.С., Калуцкова Н.Н. Возможности применения ГИС-технологий для оценки визуальных свойств ландшафтов при организации геопарков // Известия Русского географического общества. — 2020. — Т. 152, № 6. — С. 69–78. DOI: 10.31857/S0869607120060063 (Импакт-фактор РИНЦ = 0,567; 0,562 п.л.; вклад автора 60%)
5. **Шеремет Э.А.**, Калуцкова Н.Н. Использование ГИС-технологий для оценки ландшафтного разнообразия туристических маршрутов на территории Катон-Карагайского национального парка // ИнтерКарто. ИнтерГИС. — 2020. — Т. 26, № 3. — С. 334–348. DOI: 10.35595/2414-9179-2020-3-26-334-348 (SJR = 0,25; 0,875 п.л.; вклад автора 75%)

Полный список публикаций с учетом работ в сборниках материалов и тезисов российских и международных конференций доступен на странице соискателя в ИАС «ИСТИНА» (<http://istina.msu.ru/profile/ElinaSheremet/>).