

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВИЗУАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ЛАНДШАФТОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ГЕОПАРКОВ

© 2020 г. Э. А. Шеремет<sup>а</sup>, \*, В. С. Дехнич<sup>а</sup>, \*\*, Н. Н. Калущкова<sup>а</sup>, \*\*\*

<sup>а</sup>Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Москва, Россия

\*E-mail: elina7-sheremet@mail.ru

\*\*E-mail: vodo.ast@gmail.com

\*\*\*E-mail: kalutskova@gmail.com

Поступила в редакцию 23.09.2020 г.

После доработки 04.11.2020 г.

Принята к публикации 20.11.2020 г.

Методики полевых исследований эстетических свойств ландшафтов включают в себя довольно большой спектр элементарных визуальных показателей для того, чтобы минимизировать субъективную оценку. При этом полевые исследования отличаются высокой трудоемкостью и, как следствие, обычно выполняются для небольших ключевых участков или отдельных маршрутов. Современный уровень развития функциональных возможностей геоинформационных систем (ГИС) и высокое качество данных дистанционного зондирования позволяют осуществлять расчет многих показателей эстетической привлекательности с уровнем детальности, не уступающим полевым исследованиям. При этом такие оценки в значительной степени могут быть автоматизированы и обеспечить покрытие большей территории. Исследование проводилось на территории Белоградчишских скал (Северо-Западная Болгария) – уникального природного объекта Болгарии, который номинируется в систему геопарков ЮНЕСКО. Развитие туризма для этой территории признается приоритетным направлением. Для исследования использовались два метода оценки эстетических свойств ландшафтов: визуальный с обзорных точек и дистанционный с помощью снимков высокого разрешения с беспилотного летательного аппарата с применением ГИС. В качестве примера рассмотрены два из 28 показателей эстетической оценки ландшафтов – глубина и разнообразие перспектив и общая лесистость пейзажа. Результаты полученного исследования показали, что такой подход может быть использован для организации туристических маршрутов, включающих в себя наиболее привлекательные точки наблюдения.

*Ключевые слова:* геопарк ЮНЕСКО, Белоградчишские скалы, туристический маршрут, эстетические свойства ландшафта, эстетическая привлекательность, зона видимости, глубина и разнообразие перспектив

DOI: 10.31857/S0869607120060063

### ВВЕДЕНИЕ

Эстетические свойства ландшафта во многом определяют рекреационный потенциал территории и в значительной степени влияют на размещение элементов рекреационной инфраструктуры. Традиционно оценки эстетических свойств ландшафтов опирались на результаты полевых исследований [2, 6, 7, 9, 10]. В последнее время все чаще применяют ГИС-технологии, которые можно условно разделить на две группы в зависимости от операционных единиц. К первой группе относится оценка эстетиче-

ских свойств ландшафтов как объектов потенциального наблюдения. В качестве примера можно привести работу А.Ю. Бибаевой и А.А. Макарова [1], в рамках которой был сформирован набор данных с частными оценочными показателями для проведения комплексной ландшафтно-эстетической оценки западного побережья оз. Байкал. В работе отмечается, что основные свойства наблюдаемого пейзажа напрямую зависят от экспозиционных особенностей видовой площадки, ее принадлежности к конкретному типу и элементу рельефа и др. Ко второй группе относится оценка обзорных точек с позиций живописности ландшафтов, расположенных в их зонах видимости. Именно такие исследования, где операционными единицами служат обзорные точки, представляют особую ценность для планирования рекреационных маршрутов. Примером может служить исследование И.Н. Ротановой и О.А. Васильевой [8], в котором анализируются свойства зон видимости модельных объектов в природном парке “Предгорья Алтай”. Однако в работе точность построения зон видимости ограничена низким пространственным разрешением используемых цифровых моделей рельефа. Существенно увеличить точность подобных расчетов можно при использовании пространственных данных сверхвысокого (менее 1 м) разрешения. Такие данные могут быть получены путем аэрофотосъемки с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которые в последнее десятилетие активно используются в исследованиях рекреационных свойств территории и планировании элементов рекреационной инфраструктуры.

Наши исследования проводились на территории Белоградчишских скал (Северо-Западная Болгария), которая в настоящее время находится в листе ожидания получения статуса геологического парка (геопарка) ЮНЕСКО [5]. Одна из основных функций геопарка – развитие познавательного и экологического туризма, поэтому территория должна быть охвачена сетью туристических маршрутов, которые, с одной стороны, должны проходить через максимальное количество значимых геологических объектов (геотопов), с другой стороны – быть достаточно привлекательными в эстетическом отношении [13].

Белоградчишские скалы расположены в районе Предбалкан. Этот скальный комплекс входит в состав крупного Белоградчишского антиклинория Предбалканской морфометрической зоны [13]. Для крыльев антиклинория характерны типичные карбонатные мезозойские породы, а в его ядре вскрываются и выходят на поверхность древние докембрийские и палеозойские породы. Коренные породы девонской, карбонной и пермской систем состоят из осадочных, магматических и вулканических образований. Магматические породы верхнего карбона объединены в Белоградчишский плутон, сложенный гранитами, гранодиоритами и порфиритами. Наиболее древние отложения карбона и перми представлены конгломератами, гравелитами, песчаниками, алевrolитами, базальтами и др. [16].

Современный облик ландшафтов Белоградчишских скал сформирован мезозойскими породами Петроханской терригенной группы [5]. Наибольшее распространение в пределах территории исследования имеют конгломератно-песчаниковые породы триасового возраста. Останцы Белоградчишских скал в основном сложены красными конгломератами и грубозернистыми песчаниками. Крылья Белоградчишского антиклинория представляют собой классические куэсты, сложенные известняками и мергелями юры и мела [17].

Доминантными урочищами на территории Белоградчишских скал являются склоны водораздельных гряд с дубовыми (*Quercus cerris*, *Q. robur*) и дубово-грабниковыми (*Carpinus orientalis*, *Quercus robur*) лесами на бурых лесных почвах разной степени смытости. Субдоминантные урочища представлены вершинными поверхностями гряд под золотобородниковыми лугами (*Andropogon sp.*) и крупными эрозионными формами под буково-грабовыми лесами (*Carpinus betulus*, *Fagus sylvatica*). На пологонаклонных вершинных поверхностях куэст доминируют дубово-буково-грабовые

(*Carpinus betulus*, *Fagus sylvatica*, *Quercus cerris*, *Q. robur*) высокотравные леса на серых лесных почвах. Крутые склоны известняков часто безлесны [3].

Исследование проводилось в пределах одного туристического маршрута “Мир скал” и было посвящено оценке общей зоны видимости со всех обзорных точек. В качестве примеров более подробно рассмотрены показатели глубины и разнообразия перспектив и общей лесистости пейзажа. Основная задача исследования состояла в определении возможностей использования сверхдетальных данных дистанционного зондирования, полученных с БПЛА, для оценки эстетических свойств природных комплексов.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Подробное описание последовательности получения пространственных данных с помощью БПЛА для оценки безопасности туристических маршрутов в горных районах представлено в работе П. Квиакала и др. [11]. В работе описаны ключевые возможности анализа данных аэрофотосъемки с последующим применением метода PCA (Principal Component Analysis) – анализа главных компонент. Основными продуктами, полученными авторами работы в результате аэрофотосъемки, были облака точек, цифровые модели рельефа (ЦМР), ортофотомозаики, позволяющие учитывать влияние даже небольших объектов (например, отдельно стоящих деревьев) на форму зон видимости и, как следствие, на эстетические свойства наблюдаемых ландшафтов.

БПЛА также активно применяются в области трехмерного моделирования. Исследование С. Хакни и А. Клейтона [12] наглядно демонстрирует возможности построения ортофотопланов для спектрального анализа и создания ЦМР. В работе Л. Шаюй и др. [14] проводится построение 3D-модели на основе аэрофотосъемки для планирования туризма и проектирования туристической инфраструктуры в горной местности.

Широкий набор инструментов пространственного анализа современных ГИС позволяет не только увеличить точность исследования с применением данных аэрофотосъемки, но и осуществить расчет количественных и качественных характеристик, невозможных для исследования с применением космических снимков. Так, в работе Й. Шiu и др. [15], основанной на использовании ортофотомозаики, описывается процесс оценки таких показателей, как состояние туристической тропы, ее залесенность и наличие эстетически значимых объектов, видимых с тропы. Предложенные методы апробированы на примере одного из заброшенных туристических маршрутов в национальном геопарке Дапенг в Китае. В результате исследования весь маршрут был разбит на участки, различающиеся по степени безопасности, комфорта и эстетической привлекательности для туристов.

Исходными данными для выполнения нашего исследования были:

1. Полевые данные (GPS-треки, полученные при следовании вдоль туристических маршрутов, координаты обзорных точек, полевые оценки эстетических свойств ландшафтов, наблюдаемых с обзорных точек).

2. Результаты аэрофотосъемки с применением квадрокоптеров DJI Phantom 4 advanced и DJI Mavic Pro.

3. Цифровые модели рельефа SRTM.

4. Спутниковые снимки.

5. Информация о расположении объектов инфраструктуры, предоставленная открытыми картографическими сервисами (Яндекс-карты, Google-карты, OpenStreetMap).

Алгоритм действий по оценке эстетических показателей можно разделить на следующие блоки (рис. 1):

1. Предварительная обработка исходных данных, включая операции по созданию ортофотопланов, цифровых моделей местности и других производных изображений

на основе результатов аэрофотосъемки; создание мозаики из цифровых моделей рельефа SRTM и др.

2. Построение зон видимости на основе цифровых моделей местности и местоположения обзорных точек.

3. Оценка показателя “Глубина и разнообразие перспектив”.

4. Оценка показателя “Общая лесистость пейзажа”.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

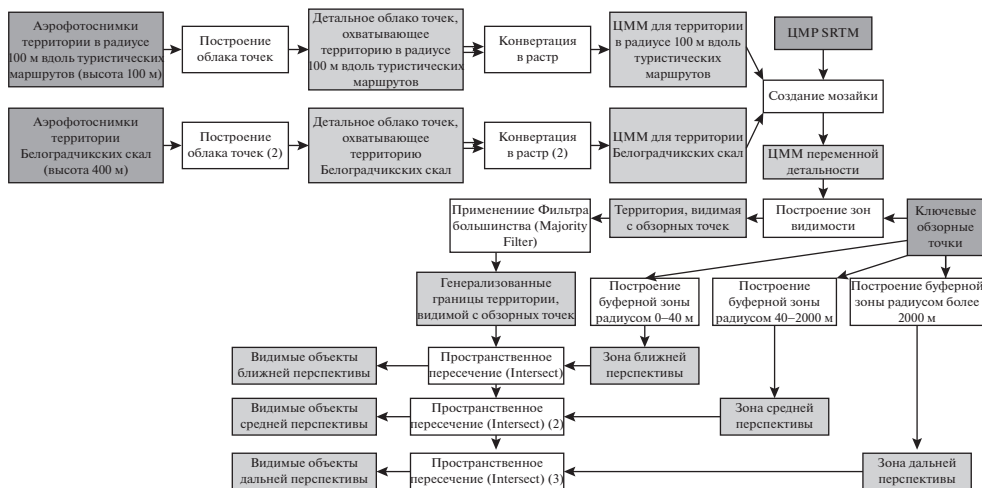
**Предварительная обработка исходных данных.** В результате разномасштабной съемки с БПЛА были созданы ортофотоплан и цифровые модели местности для всей территории “Белоградчишских скал” и отдельно для туристического маршрута “Мир скал”. Пространственное разрешение полученных данных составило около 1 м. Совмещение цифровых моделей местности (ЦММ) с данными радарной топографической съемки SRTM позволило создать базовую ЦММ, охватывающую территорию в радиусе 20 км от маршрута. Такой подход позволил обеспечить большой охват территории (вплоть до линии горизонта) и высокую детальность в непосредственной близости от маршрута, что дает возможность учесть влияние небольших по площади объектов на границы зон видимости. На основе полученной модели в дальнейшем проводился пространственный анализ территории – расчет зон видимости – с возможностью определения части территории, видимой с каждой обзорной точки наблюдения, а также оценивались два показателя эстетической оценки: “глубина и разнообразие перспектив” и “общая лесистость пейзажа”.

**Построение зон видимости** проводилось при помощи инструмента “Visibility” в программе ArcGIS 10.3. Этот инструмент определяет часть территории, видимую из каждой обзорной точки. Задача данного этапа работы заключалась в оценке визуального восприятия территории с учетом высоты форм рельефа. Именно рельеф выступает в качестве наиболее доступного визуального элемента природной среды, позволяющего определить степень привлекательности исследуемой территории через выражение объектов и элементов ландшафтов в пространстве [4]. В данном случае за основу расчетов были взяты ЦММ (“Input Raster”) и 9 обзорных точек (“Input Point”). При расчете зон видимости были выявлены объекты наблюдения, которые могут быть видны с каждой обзорной точки. Совместив данные расчетов со всех обзорных точек, у нас появилась возможность создания общей панорамы видимости для маршрута целиком. В целях устранения шумов и мелких погрешностей, характерных для использования данных сверхвысокого и высокого разрешения, была проведена генерализация с использованием фильтра большинства “Majority Filter”.

Все выделенные полигональные объекты по степени визуального восприятия были классифицированы на четыре группы, каждая из которых имеет специфические особенности (рис. 2).

К первой группе были отнесены ландшафтные комплексы с высокой степенью визуального восприятия. Это вершинные и склоновые поверхности останцов, вытянутые гряды куэст (800–890 м н. ур. м.), на которые в первую очередь открывается вид с обзорных точек. Они заметно выступают на линии горизонта, имеют неровные очертания, практически лишены растительного покрова и имеют характерный красно-бурый и бурый оттенки. Затем в обзор наблюдателя попадают вершинные поверхности и крутые склоны гряд, которые относятся ко второй группе объектов. Эти комплексы имеют более низкие высотные отметки. Слабее просматриваются покатые и пологие склоны гряд (третья группа объектов). Склоны достаточно сильно залесены, их высотные отметки находятся в пределах 650–550 м н. ур. м. К четвертой группе – с низкой степенью визуального восприятия – относятся ландшафтные комплексы поверхностей выравнива-





**Рис. 1.** Функциональный алгоритм работы в ArcGIS 10.3 для расчета показателя “Глубина и разнообразие перспектив”.

**Fig. 1.** Functional algorithm of work in ArcGIS 10.3 for calculating the indicator “Depth and diversity of perspective view”.

ния и теснин между останцами, занимающих высоты от 325 до 630 м н. ур. м. Днища и склоны глубоких оврагов в обзор наблюдателя не попадают.

Важно отметить, что для обоснования рассматриваемых групп были использованы усредненные значения по всем обзорным точкам. Для каждой точки свойственны индивидуальные характеристики: абсолютная высота, угол обзора, наличие кулис и др. Если рассматривать каждую точку в отдельности, то зоны видимости будут отличаться друг от друга. При этом степень визуального восприятия ландшафтных комплексов сохранится.

Показатель *глубины и разнообразия перспектив* мы оценивали для двух обзорных точек маршрута “Мир скал”. Одна точка находится на высоте 532 м н. ур. м. (№ 1 на рис. 2), другая на высоте 430 м н. ур. м. (№ 9). Сначала оценка была проведена непосредственно на местности по методике К. Эрингиса, А.-Р.А. Будрюнаса [10]. Согласно этой методике, с каждой точки могут открываться три перспективы: ближняя, средняя и дальняя. При этом высший балл присваивается тому пейзажу, в котором наблюдаются одновременно средняя и дальняя перспективы (средняя – 0 баллов, дальняя – 1 балл, сочетание обеих – 2 балла). Считается, что ближняя перспектива выделяется всегда. Это вид с отчетливо воспринимаемыми и близко расположенными предметами в нескольких метрах от наблюдателя. В случае если выделяется только ближняя перспектива, принято считать, что пейзажа вообще нет и эстетическому восприятию будут подлежать только одиночные объекты.

Для оценки показателя глубины и разнообразия перспектив с применением ГИС нами была использована карта зон видимости (см. рис. 2). Чтобы при расчете учесть три перспективы, создавалась серия буферных зон с помощью команды “Analysis Tools → Proximity → Buffer”. Каждая буферная зона включает территорию, где расположены объекты, потенциально видимые в ближней, средней и дальней перспективе. Зона ближней перспективы строится в радиусе до 40 м от обзорной точки; зона средней перспективы – от 40 до 2000 м; зона дальней перспективы – от 2000 м до линии горизонта. При помощи инструмента оверлейного анализа “Пространственное пересечение” (“Intersect”)

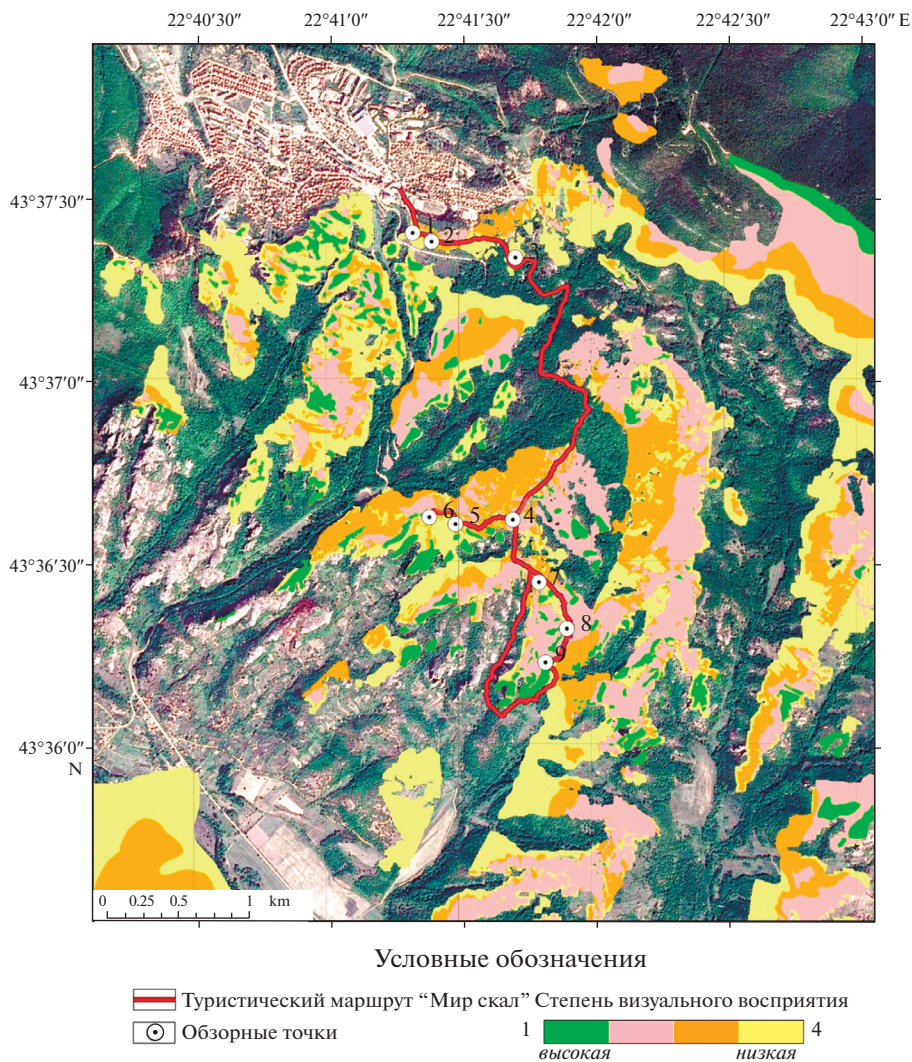


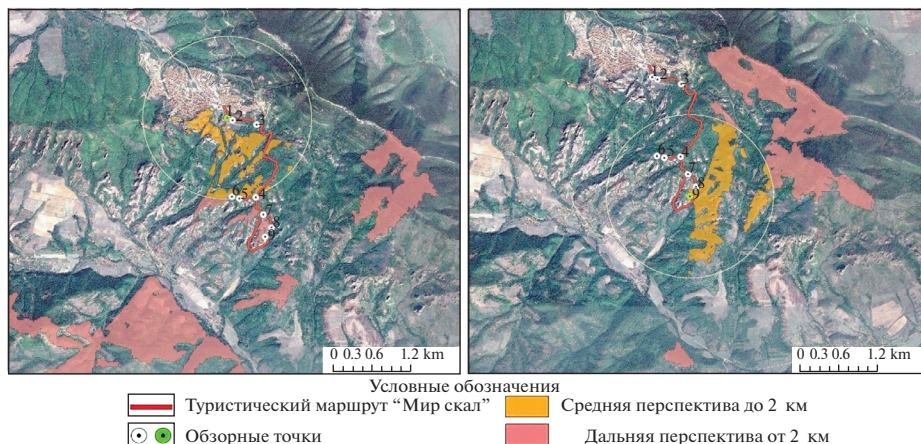
Рис. 2. Зоны видимости с обзорных точек в пределах маршрута “Мир скал”.

Fig. 2. Visibility zones from observation points within the “World of the Rocks” route.

определялась принадлежность видимых объектов к каждой из буферных зон. Таким образом, учитывалось наличие соответствующей перспективы (рис. 3).

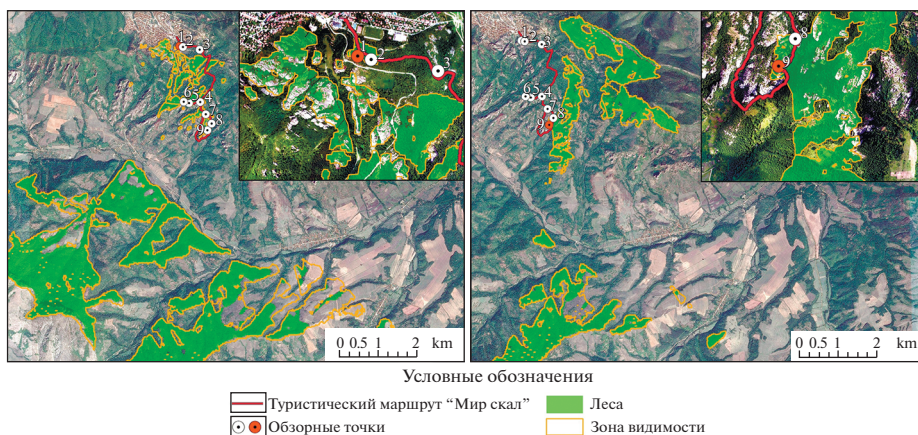
Показатель *общей лесистости пейзажа* определялся отношением залесенной площади к общей площади зон видимости, отдельно для каждой обзорной точки наблюдения. Согласно методике, для каждой точки может быть характерна низкая (0 баллов), средняя (1 балл) либо высокая (2 балла) степень залесенности. Соответственно, этот балл присваивался исходя из рассчитанной доли лесных насаждений в зоне видимости: для низкой степени – 0–50%, для средней – 50–75% и для высокой – более 75%.

Данный показатель также оценивался на основе ранее полученных зон видимости. В ходе работы был использован ортофотоплан, полученный в процессе разномас-



**Рис. 3.** Видимые природные объекты, открывающиеся в средней и дальней перспективах с обзорных точек 1 (слева) и 9 (справа).

**Fig. 3.** Visible natural objects within the medium and long-range perspectives from observation points 1 (left) and 9 (right).



**Рис. 4.** Залесенные территории в пределах зон видимости для обзорных точек 1 (слева) и 9 (справа).

**Fig. 4.** Forest areas within the visibility zones for observation points 1 (left) and 9 (right).

штабной съемки с БПЛА. Для оценки территории за пределами аэрофотосъемки использовались безоблачные сцены Landsat-8 за 2017–2020 гг.

На первом этапе был проведен автоматический расчет площадей всех зон видимости при помощи инструмента “Calculate Areas”. Следующий этап – классификация типов ландшафтного покрова в пределах всей территории исследования. Так как снимки с БПЛА имеют высокое пространственное разрешение, было необходимо избавиться от шумов, затрудняющих проведение дальнейшей классификации. В данном случае мы использовали инструменты группы “Segmentation and Classification”. Для инструментов этой группы характерен объектно-ориентированный подход к извлечению объектов. В процессе сегментации изображения пиксели с аналогичными спек-



тральными характеристиками объединяются в общую группу – сегмент. Далее классификация изображения проводилась на основе сгруппированных в объекты сегментов, с помощью инструмента “Classify Raster”. За пределами зоны съемки классификация осуществлялась на основе снимков Landsat-8 с более низким пространственным разрешением. В первую очередь был проведен расчет индексов, потенциально описывающих пространственное варьирование ландшафтного покрова (NDVI, NDWI, TVI, SAVI и др.). К наиболее важному признаку растительности относится ее спектральная отражательная способность. Каждый вегетационный индекс, рассчитываемый на основе математических операций с многоканальными снимками ДДЗ, в разной степени реагирует на проективное покрытие растительностью. В данном случае анализ комбинаций вегетационных индексов позволяет дать достаточную информацию о состоянии растительного покрова. При помощи метода главных компонент (РСА) была снижена размерность рассчитанных индексов до пяти компонент и проведена последующая классификация методом  $k$ -средних.

Полученные растровые изображения прошли генерализацию данных – “Majority Filter”, и были векторизованы с помощью инструмента группы “Conversion tools” – “Raster to Polygon”. После объединения данных, для проведения дальнейших расчетов, из общего векторного слоя необходимо извлечь класс с лесами в отдельный слой.

На заключительном этапе при помощи инструмента наложения данных – “Intersect” – был получен векторный слой с содержанием зон видимости и полигонов лесов. Это было необходимо для проведения операции по вычислению площади и доли лесных насаждений в пределах каждой зоны видимости (рис. 4).

При сопоставлении результатов панорамы видимости с обеих смотровых площадок были выделены природные объекты, воспринимаемые наблюдателем. Сравнение зон видимости двух обзорных точек показывает, что зона видимости с обзорной точки 1 намного выше, чем с обзорной точки 9. Для каждой точки характерно наличие двух перспектив – средней и дальней. В средней перспективе открываются ландшафтные комплексы красноцветных скальных останцов, в дальней – ландшафтные комплексы известняковых куэст. Для оцениваемых обзорных точек характерна высокая доля лесных площадей в зоне видимости. При этом общая лесистость пейзажа для обзорной точки 9 (84.3%) несколько выше, чем для обзорной точки 1 (80.4%).

Таким образом, визуальная оценка, полученная при полевых исследованиях, согласуется с результатами, полученными в ходе обработки высокодетальных снимков с применением ГИС-технологий.

## ВЫВОДЫ

Функциональные преимущества современных ГИС делают возможным построение цифровых моделей местности путем комбинирования сверхдетальных данных аэрофотосъемки вблизи обзорных точек и спутниковых цифровых моделей рельефа, покрывающих всю исследуемую территорию. Такой подход позволяет проводить эстетическую оценку ландшафтов с использованием ГИС-технологий и обеспечивает уровень точности, сопоставимый с полевыми исследованиями. Это было доказано для территории Белоградчишских скал (Болгария) на примере двух показателей – “глубины и разнообразия перспектив” и “общей лесистости пейзажа”.

Благодаря автоматизации оценки эстетических свойств ландшафтов с применением ГИС-технологий, предложенный авторами подход может быть использован для оптимизации существующей сети туристических маршрутов, а также организации новых маршрутов с выбором наиболее аттрактивных точек наблюдения.

Работа выполнена в рамках ГЗ “Структура, функционирование и эволюция природных и природно-антропогенных геосистем” (номер ЦИТИС АААА-А16-116032810081-9).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бибаева А.Ю., Макаров А.А. Применение ГИС для расчета комплексных показателей эстетической оценки ландшафтов // Изв. Иркутского гос. ун-та. Серия Науки о Земле. 2018. Т. 24. С. 17–33.
2. Дирин Д.А. Оценка и рекреационное использование пейзажно-эстетических ресурсов Усть-Коксинского района Республики Алтай. Новосибирск: Изд-во Сиб. отд. РАН, 2007. 206 с.
3. Калуцкова Н.Н., Сафонова А.А., Смержок М.А. Оценка природной привлекательности туристических маршрутов Белоградчишских скал (Болгария) // Лесные экосистемы и урбанизация. М.: Тов-во научных изданий КМК, 2008. С. 219–225.
4. Калуцкова Н.Н., Смержок Д.А. Применение ГИС для создания геопарка “Белоградчишские скалы” (Болгария) // Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы Международной конференции ИнтерКарто-ИнтерГИС-18. Смоленск, 2012. С. 322–326.
5. Калуцкова Н.Н., Синьовски Д., Дронин Н.М., Шеремет Э.А. Опыт номинирования геологических парков в глобальную сеть ЮНЕСКО // Вестник Моск. гос. областн. ун-та. 2019. № 2. С. 80–93.
6. Кочуров Б.И., Бучацкая Н.В. Оценка эстетического потенциала ландшафтов // Юг России: экология и развитие. 2007. № 4. С. 25–34.
7. Николаев В.А. Феномен пейзажа // Вестник Моск. ун-та. Сер. 5. География. 2002. № 6. С. 12–19.
8. Ротанова И.Н., Васильева О.А. Оценка эстетической привлекательности ландшафтов проектируемого природного парка “Предгорье Алтая” с применением геоинформационных технологий // Наука и туризм: стратегии взаимодействия. Барнаул: Изд-во Алт. ун-та, 2017. Вып. 7(5). С. 29–36.
9. Супруненко Ю.П. Горы зовут... (Горно-рекреационное природопользование). М.: Тривант, 2003. 368 с.
10. Эрингис К.И., Будрюнас А.-Р.А. Сущность и методика детального эколого-эстетического исследования пейзажей // Экология и эстетика ландшафта. Вильнюс: Минтис, 1975. С. 107–170.
11. Cwiakala P., Kocierz R., Puniach E., Nedzka M., Mameczarz K., Niewiem W., Wiacek P. Assessment of the possibility of using unmanned aerial vehicles (UAVs) for the documentation of hiking trails in Alpine areas // Inter. Journ. Sensors by MDPI. 2017. V. 18. Iss. 1. P. 1–28.
12. Hackney C., Clayton A. Unmanned aerial vehicles (UAVs) and their application in geomorphic mapping // Geomorphological Techniques. 2015. Chap. 1. Sec. 1.7. P. 1–15.
13. Kalutskova N., Sinnyovsky D., Telnova N., Dronin N., Useinova D. Cartographic support of aspiring geopark Belogradchik Rocks // Annual of the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, Geology and Geophysics. 2016. V. 59. P. 67–70.
14. Shaoyu L., Weijie D., Yongbo Y. Application of UAV oblique photograph modeling technology in mountain tourism planning. 2018. P. 240–245.
15. Shiou Y., Chengju D., Zhihui C., Hao W., Kailang G., Yirong L., Yongjie C., Wenyan L., Qiang F., Wenbo L. Assessing safety and suitability of old trails for hiking using ground and drone surveys // Inter. Journ. Geo-Informational. 2020. V. 9. Iss. 4. P. 1–17.
16. Tronkov D., Sinnyovsky D. Belogradchik Rocks, Belogradchik town // Geology and mineral resources. 2005. V. 10. № 12. P. 23–27.
17. Tronkov D., Sinnyovsky D. Belogradchik rocks in Bulgaria – geological setting, genesis and geoconservation value // Geoheritage. Springer. 2012. V. 4. № 3. P. 153–164.

### Perspectives of GIS-Technology Application for Visual Evaluation of Landscapes for Organization of Geopark

E. A. Sheremet<sup>1</sup>\*, V. S. Dekhnich<sup>1</sup>\*\*, and N. N. Kalutskova<sup>1</sup>\*\*\*

<sup>1</sup>Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

\*E-mail: elina7-sheremet@mail.ru

\*\*E-mail: vodo.ast@gmail.com

\*\*\*E-mail: kalutskova@gmail.com

Field research methods for the aesthetic properties of landscapes include a fairly wide range of elementary visual indicators in order to minimize subjective assessment. At the same time, field studies are highly labor intensive and, as a result, are usually performed for small key areas or for individual routes. The current level of development of the functionality of

geographic information systems (GIS) and the high quality of remote sensing data allow the calculation of many indicators of aesthetic attractiveness with a level of details comparable with field study. Moreover, such estimates can be largely automated and provide coverage for a larger territory. The study was conducted on the territory of Belogradchik Rocks (North-West Bulgaria) which is a unique natural site in Bulgaria and is currently nominated in the UNESCO geopark system. Tourism development for this territory is recognized as a priority. Authors used two methods for assessing the aesthetic properties of landscapes: visual assessment from survey points and remote assessment using high-resolution images from an unmanned aerial vehicle with GIS treatment. As an example, two of 28 indicators for aesthetic assessment of landscapes is considered as depth and diversity of perspectives and percentage of forest covered area. The results of the study showed that this approach can be used to organize tourist routes, which include the most attractive observation points.

*Keywords:* UNESCO geopark, Belogradchik Rocks, tourist route, aesthetic characteristics of landscape, aesthetic attractiveness, visibility deepness, depth and diversity of perspectives

## REFERENCES

1. *Bibaeva A.Yu., Makarov A.A.* Primenenie GIS dlya rascheta kompleksnykh pokazateley esteticheskoy otsenki landshaftov // *Izv. Irkutskogo gos. un-ta. Seriya Nauki o Zemle*. 2018. T. 24. S. 17–33.
2. *Dirin D.A.* Otsenka i rekreatsionnoe ispolzovanie peyzazhno-esteticheskikh resursov Ust-Koksin-skogo rayona Respubliki Altay. Novosibirsk: Izd-vo Sib. Otd. RAN, 2007. 206 s.
3. *Kalutskova N.N., Safonova A.A., Smorzhek M.A.* Otsenka prirodnoy privlekatelnosti turistichekikh marshrutov Belogradchishskikh skal (Bolgariya) // *Lesnyie ekosistemyi i urbanizatsiya*. M.: Tov-vo nauchnykh izdaniy KMK, 2008. S. 219–225.
4. *Kalutskova N.N., Smorzhek D.A.* Primenenie GIS dlya sozdaniya geoparka “Belogradchishskie skalyi” (Bolgariya) // *Ustoychivoe razvitie territoriy: teoriya GIS i prakticheskiy opyt. Materialy Mezhdunarodnoy konferentsii InterKarto-InterGIS-18*. Smolensk, 2012. S. 322–326.
5. *Kalutskova N.N., Sinovski D., Dronin N.M., Sheremet E.A.* Opyit nominirovaniya geologicheskikh parkov v globalnuyu set YuNESKO // *Vestnik Mosk. gos. oblastn. un-ta*. 2019. № 2. S. 80–93.
6. *Kochurov B.I., Buchatskaya N.V.* Otsenka esteticheskogo potentsiala landshaftov // *Yug Rossii: ekologiya i razvitie*. 2007. № 4. S. 25–34.
7. *Nikolaev V.A.* Fenomen peyzazha // *Vestnik Mosk. un-ta. Ser. 5. Geografiya*. 2002. № 6. S. 12–19.
8. *Rotanova I.N., Vasileva O.A.* Otsenka esteticheskoy privlekatelnosti landshaftov proektiruemogo prirodnogo parka “Predgore Altaya” s primeneniem geoinformatsionnykh tehnologiy // *Nauka i turizm: strategii vzaimodeystviya*. Barnaul: Izd-vo Alt. un-ta, 2017. V. 7(5). S. 29–36.
9. *Suprunenko Yu.P.* Gory zovut... (Gorno-rekreatsionnoe prirodopolzovanie). M.: Trovant, 2003. 368 s.
10. *Eringis K.I., Budryunas A.-R.A.* Suschnost i metodika detalnogo ekologo-esteticheskogo issledovaniya peyzazhey // *Ekologiya i estetika landshafta*. Vilnyus: Mintis, 1975. S. 107–170.
11. *Cwiakala P., Kocierz R., Puniach E., Nedzka M., Mamczarz K., Niewiem W., Wiacek P.* Assessment of the possibility of using unmanned aerial vehicles (UAVs) for the documentation of hiking trails in Alpine areas // *Inter. Journ. Sensors by MDPI*. 2017. V. 18. Iss. 1. P. 1–28.
12. *Hackney C., Clayton A.* Unmanned aerial vehicles (UAVs) and their application in geomorphic mapping // *Geomorphological Techniques*. 2015. Chap. 1. Sec. 1.7. P. 1–15.
13. *Kalutskova N., Sinnyovsky D., Telnova N., Dronin N., Useinova D.* Cartographic support of aspiring geopark Belogradchik Rocks // *Annual of the University of Mining and Geology “St. Ivan Rilski”, Geology and Geophysics*. 2016. V. 59. P. 67–70.
14. *Shaoyu L., Weijie D., Yongbo Y.* Application of UAV oblique photograph modeling technology in mountain tourism planning. 2018. P. 240–245.
15. *Shiou Y., Chengju D., Zhihui C., Hao W., Kailang G., Yirong L., Yongjie C., Wenyan L., Qiang F., Wenbo L.* Assessing safety and suitability of old trails for hiking using ground and drone surveys // *Inter. Journ. Geo-Informational*. 2020. V. 9. Iss. 4. P. 1–17.
16. *Tronkov D., Sinnyovsky D.* Belogradchik Rocks, Belogradchik town // *Geology and mineral resources*. 2005. V. 10. № 12. P. 23–27.
17. *Tronkov D., Sinnyovsky D.* Belogradchik rocks in Bulgaria – geological setting, genesis and geoconservation value // *Geoheritage*. Springer. 2012. V. 4. № 3. P. 153–164.