



УДК 528.9: 911.52: 57.2

DOI <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.24.17>

Применение ГИС для расчета комплексных показателей эстетической оценки ландшафтов

А. Ю. Бибаева

Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск

А. А. Макаров

Иркутский государственный университет, Иркутск

Аннотация. Изучение и оценка эстетических свойств ландшафтов как уникального и дефицитного ресурса формирования и восстановления психоэмоционального и физического состояния человека в условиях усиливающегося антропогенного преобразования окружающей природной среды становится современной исследовательской задачей. Данный вопрос актуален и для территории Центральной экологической зоны Байкальской природной территории с позиции организации туристско-рекреационной деятельности, формирования правил хозяйственной деятельности и закрепления их на законодательном уровне.

Специфическая роль гор в пейзаже и их взаимоотношения с окружающей местностью и водной гладью оз. Байкал определяют рельеф как основу организации пейзажно-эстетических ресурсов территории.

В статье описывается методика расчета комплексных показателей эстетической оценки ландшафтов на основе цифровой модели рельефа с использованием современной открытой геоинформационной системы Quantum GIS. Методика основана на понимании функциональной взаимосвязи видовой площадки и пейзажной композиционной структуры в системе географического положения. Производится расчет основных выделенных комплексных показателей: крутизны и экспозиции наклонных поверхностей, расчлененности рельефа, принадлежности видовой площадки к морфографическому типу и элементу рельефа. Картографической основой отображения комплексных показателей выступают выделы ландшафтно-типологической карты, представляющие собой однородные по рельефу и растительному покрову видовые площадки. Анализ пространственной организации геосистем и особенностей рельефа территории с позиций формирования условий восприятия и структуры пейзажей отражает ландшафтные условия видовых площадок, пространство воспринимаемого ландшафта (основные объекты восприятия, геотопологические линии рельефа) и глубину пейзажной перспективы. Количественные описания оценочных показателей на основе современных геоинформационных технологий становятся актуальным подходом к эстетической оценке ландшафтов, минимизируя влияние субъективного фактора.

Ключевые слова: геоинформационная система, комплексные показатели, ландшафт, морфометрические характеристики, рельеф, эстетическая оценка, Quantum GIS.

Для цитирования: Бибаева А. Ю., Макаров А. А. Применение ГИС для расчета комплексных показателей эстетической оценки ландшафтов // Известия Иркутского государственного университета. Серия Науки о Земле. 2018. Т. 24. С. 17–33. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.24.17>

Введение

Эстетические свойства ландшафтов – важный фактор организации рекреационной деятельности, обеспечивающий благоприятную визуальную и психоэмоциональную среду для восстановления духовных и физических сил

человека. Исследования в области эстетики природы проводились с античных времен (Сократ, Платон, Аристотель и др.). В работах А. Гумбольдта, А. Геттнера, В. П. Семенова-Тян-Шанского уделялось большое внимание эстетической составляющей окружающей природы, отмечались необходимость и перспективность ее изучения.

В последние десятилетия интерес к проблеме оценки ландшафтно-эстетических ресурсов существенно возрос. Перводанность и ненарушенность природы в условиях усиливающегося антропогенного преобразования окружающей среды становится дефицитным ресурсом. Активизация изучения эстетических качеств компонентов и объектов окружающей среды прослеживается в различных частных физико-географических и социальных дисциплинах. Эстетическое направление в изучении ландшафтов и их компонентов разрабатывается в рамках рекреационной географии (Ю. А. Веденин, Л. С. Филипович, Л. И. Мухина, В. В. Савельева, Т. А. Федорцова, М. Ю. Фролова, Д. А. Дирин, Е. Г. Петрова, О. В. Калашникова, J. T. Daubert, T. C. Brown, T. C. Daniel, Y. Wu, P. Kosmopoulos и др.), биогеографии в качестве оценки эстетических особенностей растительности (И. И. Яценко, А. В. Белов, Л. П. Соколова и др.), культурной географии (М. Е. Кулешова, Ю. А. Веденин и др.), геоэкологии (К. И. Эрингис, А.-Р. А. Будрюнас, С. А. Беляева, К. Н. Горб, Л. В. Пархисенко, В. А. Сесин, D. Avižiene и др.), ландшафтного планирования [Simonic, 2003; Landscape image sketches ... , 2012; Which does affect ... , 2013; Differences in and ... , 2013; Aoki, 2014 и др.], с использованием метода геопластики рельефа (А. Г. Большаков). С ландшафтной эстетикой связано также ее новое развивающееся направление – видеоэкология (В. А. Филин, Е. Ю. Колбовский, А. В. Какурина и др.), в рамках которого разрабатываются основы создания визуально и психологически комфортной среды преимущественно урбанизированных районов. Особенности восприятия ландшафтов различными группами населения изучаются социогеографами (Е. М. Лопина, А. Г. Корнилов, M. Sevenant, M. Antrop, Y. Mizuuchi, O. I. Pratiwi, N. Daisaku, Y. Aoki и др.). Возрос интерес к данной проблеме и со стороны юриспруденции (Т. В. Евдокимова), изучающей законодательную базу права человека на здоровую и эстетичную окружающую среду.

Актуальность эстетической оценки ландшафтов Прибайкалья в настоящее время обусловлена назревшей необходимостью проведения функционального зонирования территорий с особым охранным статусом, пригодных для массового туризма и отдыха, формирования правил хозяйственной деятельности в Центральной экологической зоне оз. Байкал и закрепления их на законодательном уровне.

Отдельные вопросы оценки эстетической значимости ландшафтов на территории Прибайкалья рассматривались учеными Института географии им. В. Б. Сочавы СО РАН – О. И. Малышевской, Ю. В. Полюшкиным, О. В. Евстропьевой, Л. П. Соколовой, А. В. Беловым, М. В. Загорской – главным образом в аспекте организации отдыха.

Наиболее распространенными оценочными методами выступают метод анкетирования, ориентированный преимущественно на выявление эстетических предпочтений различных социальных групп, и метод балльной экспертной оценки пейзажей как целостных систем с привлечением высококвалифицированных специалистов. Оба метода обладают значительной долей субъективизма, снижение которой требует увеличения объема статистических данных. Другой путь уменьшения субъективного фактора – упор на количественные описания оценочных показателей, основанные на современных компьютерных (цифровых) технологиях. Становится актуальным подход к эстетической оценке ландшафтов с использованием геоинформационных систем (ГИС), активно развивающийся среди отечественных и зарубежных исследователей [Fourie, 2005; Using GIS in ... , 2006; Štefunkova, Sebecauer, 2006 Vargues, Loures, 2008; Ward, Snoberger, 2009; Roth, Gruehn, 2012; Саранча, 2010 и др.]. Функциональные возможности современных ГИС для расчета различных параметров и их визуализации позволяют решать сложные задачи в короткие временные сроки.

Целью настоящего исследования является разработка методики расчета комплексных показателей эстетической оценки ландшафтов с использованием современных геоинформационных систем. Реализация поставленной цели состоит в решении задач, направленных на выделение комплексных показателей эстетической оценки ландшафтов; автоматизированную классификацию рельефа модельной территории; расчет оценочных показателей в среде Quantum GIS (QGIS) и их картографическое отображение.

Территория исследования

Объектом исследования выступают ландшафты западного побережья оз. Байкал в пределах Центральной экологической зоны Байкальской природной территории (ЦЭЗ БПТ) в границах Иркутской области. Северо-западная граница территории проходит по линии водораздела Приморского и Байкальского хребтов с максимальной отметкой высот 1910 м над у. м. На севере граница спускается к побережью по правому водоразделу р. Елохин до м. Елохин. На востоке территория ограничивается урезом воды. Южная граница зоны проходит по хр. Хамар-Дабан на границе с Республикой Бурятия и выходит к побережью по р. Снежной Слюдянского района. В пределах ЦЭЗ размещены особо охраняемые природные территории (ООПТ) – Прибайкальский национальный парк и Байкало-Ленский заповедник, входящие в состав созданной в 2014 г. объединенной дирекции «Заповедное Прибайкалье».

В орографическом отношении район исследования представляет собой горную территорию. Глубина расчленения рельефа варьирует в широких пределах: наименьшее превышение водоразделов над руслами рек характерно для Приольхонья (80–100 м), наибольшее – до 1000 м и более – для высокогорий хр. Хамар-Дабан и Байкальского хребта, отличающихся крутыми склонами.

Ландшафтная структура байкальского побережья организуется по высотно-поясному признаку и охватывает геосистемы: гольцовые горно-

тундровые (пустошные), подгольцовые кустарниковые, подгольцовые редколесные, горно-таежные темно- и светлохвойных лесов. В систему высотной поясности, согласно В. Б. Сочаве, также включаются подгорные геосистемы – подтаежные светлохвойных лесов и центральноазиатские горно-степные, функционально связанные с горными системами. Геосистемная структура вмещает также экстразональные – лугово-болотные, галечные и песчаные пляжи – и антропогенно преобразованные комплексы, представленные селитебными территориями, пастбищами, пашнями. Территория часто подвергается пожарам различной интенсивности [Бибеева, 2016а], обуславливающим на значительных площадях замещение горно-таежной темно- и светлохвойной тайги на производные лиственные (осина, береза) леса.

Пейзажно-эстетическая система территории формируется сочетанием наземных и аквальных комплексов. Горные хребты в обрамлении оз. Байкал определяют направленность восприятия и основные черты панорамных пейзажей с дальней перспективой. Восточные макросклоны Приморского и Байкальского хребтов в пределах ЦЭЗ, непосредственно подходящие к побережью оз. Байкал, обеспечивают превалирование визуального восприятия в юго-восточном направлении – на акваторию озера. Водоразделы хр. Хамар-Дабана расположены на большем удалении от побережья, что обуславливает формирование двух выраженных пейзажных комплексов: водных (виды на акваторию оз. Байкал) – в северном направлении и горных (на заснеженные хребты Хамар-Дабана) – в южном.

Материалы и методика исследования

Методической основой работы служит понимание прекрасного в качестве объективного закона природы, выраженного в ландшафтном рисунке и пейзажной структуре как его визуальном образе. Эстетические свойства ландшафтов территории раскрываются через систему географического положения. Видовая точка и наблюдаемый с нее пейзаж являются неотъемлемыми составляющими природной эстетической системы. Ландшафтный выдел характеризуется через его визуальную связь со всеми объектами видимой местности. Они взаимосвязаны между собой в системе географического положения, которое характеризуется как особенностями места, так и его визуальной связью с ближним и дальним окружением [Бибеева, 2016б]. Границы пейзажа непрерывно изменяются вслед за сменой точки обзора. Пейзаж рассматривается с позиции целостного образа – гештальта, в котором элементы проявляют свои свойства в зависимости от положения в структуре целого и типа взаимосвязей [Бибеева, 2016б].

На основе целостного понимания пейзажа выделяются комплексные показатели эстетической оценки ландшафтов, определяющие особенности восприятия пейзажной картины в зависимости от географического (место) положения видовой площадки. Основой эстетической оценки выступают элементы и компоненты ландшафта (рельеф, растительность, антропогенные объекты и т. д.), являющиеся постоянными факторами визуального воздействия.

Горные территории характеризуются большим перепадом высот и отличаются значительным ландшафтным разнообразием на единицу площади, обеспечивающим широкий спектр пейзажных картин, воспринимаемых с различных местоположений и отличающихся углом обзора и глубиной перспективы. Все компоненты видимой пейзажной картины (сцены) подчинены пластике рельефа. Каркасные элементы рельефа побуждают взгляд наблюдателя двигаться в определенном направлении и определяют визуальные аспекты восприятия. Выразительность рельефа – наиболее сильный фактор восприятия пейзажа [Колбовский, 2008, с. 164]. С этих позиций рельеф выступает в роли пейзажного каркаса и является одним из основных критериев эстетической оценки ландшафтов территории. Картографической основой отображения комплексных показателей эстетической оценки выступают выделы ландшафтной карты, представляющие собой однородные (в рамках используемого масштаба) по рельефу и растительному покрову видовые площадки. Анализ показателей рельефа производился в программном продукте Quantum GIS с привлечением модулей SAGA и GRASS GIS.

Источником информации для морфометрического и пространственного анализа послужили данные радарной топографической съемки SRTM (shuttle radar topographic mission) Геологической службы США [<https://www.usgs.gov/>]. Для горных территорий со сложным рельефом размер ячейки 3 угловые секунды (~ 90 м) матрицы высот SRTM слишком велик и не может обеспечить необходимую точность [Корионов, 2010]. По этой причине в работе использовались данные SRTM с размером ячейки 1 угловая секунда (~ 30 м).

Территория исследования покрыта 14 сценами SRTM. Необходимые листы (сцены) SRTM в формате *geotiff* импортируются в ГИС в виде отдельных слоев данных и сводятся (*Растр* → *Прочее* → *Объединение*) в единый растровый слой ЦМР. Поскольку данные SRTM предоставляются в географической системе координат (широта/долгота) на основе эллипсоида WGS-84, для последующего анализа производится их перевод в прямоугольную (спроецированную) систему координат – равноугольную поперечную цилиндрическую проекцию Гаусса – Крюгера (зона 18, центральный меридиан 105). В России данная проекция применяется для топографических карт, начиная с масштаба 1:500 000 и заканчивая самыми крупными [Лебедева, 2000].

На следующем этапе проводится предварительная обработка геоданных – фильтрация шумов и погрешностей, обусловленных технологией их получения: удаление грубых ошибок и артефактов; сглаживание рельефа без утраты характерных черт рельефа местности.

В метаданных SRTM значение отсутствующих данных (*no data*) маркируется значением –32 767. Диапазон высот для исследуемой территории составил от –32 767 до 2378 м. Отрицательные значения указывают на наличие артефактов в используемой матрице высот, что требует дальнейшей корректировки.

Анализ показал, что области со значениями *no data* сопровождаются ареалами искаженных значений высот. Вместе со значениями *no data* они формируют глубокие «воронки» (рис. 1). При помощи модуля *SAGA* → *raster tools* → *shrink and expand (operation – expand; radius – 3; method – majority)* производится замена аномальных значений на значение *no data* и сохранение результатов в новый слой. На основе полученного слоя производится заполнение пробелов SRTM путем интерполяции значений окружающих элементов раstra: *SAGA* → *raster tools* → *close gaps (настройки по умолчанию)*.

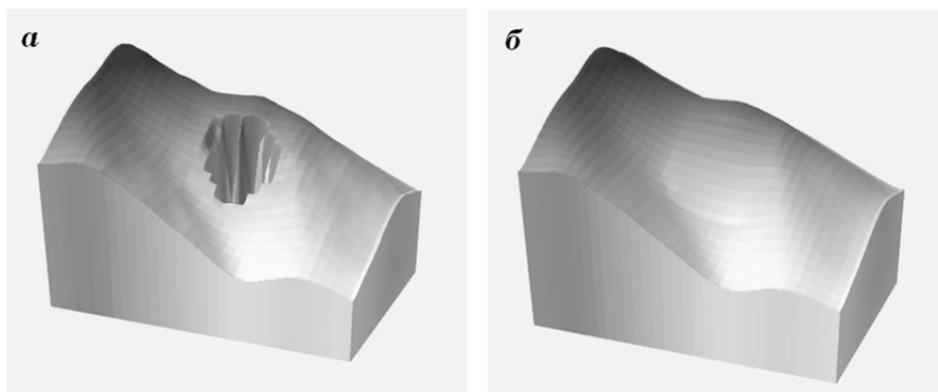


Рис. 1. Заполнение пробелов SRTM: а) модель рельефа с аномальными значениями элементов раstra (*no data*); б) модель восстановленного рельефа поверхности

Результаты преобразований следует тщательно контролировать, в особенности на границе растрового слоя, где могут возникать ошибки интерполяции в связи с недостаточным количеством входных данных [Netler, Mitasova, 2004].

С целью устранения шумов, связанных с поверхностью растительности и сооружений, проводится сглаживание посредством меню QGIS: *SAGA* → *raster filter* → *mesh denoise*.

Специфическая роль гор в пейзаже и их взаимоотношения с окружающей местностью и водной гладью оз. Байкал служат основными критериями эстетической оценки ландшафтов Прибайкалья. Композиционные особенности видимой пейзажной картины функционально связаны с положением видовой точки в рельефе местности. Основные характеристики видовой площадки описываются *крутизной* и *экспозицией* склона, *расчлененностью* рельефа, принадлежностью к морфографическому *типу* и *элементу* рельефа.

Одним из важнейших морфометрических показателей при эстетической оценке ландшафтов Байкальской природной территории является экспозиция склонов, характеризующая пространственную ориентацию элементарного склона относительно сторон света в пределах каждого ландшафтно-типологического контура. Она не только обуславливает степень водо- и теплообеспеченности, тип растительного покрова и другие компоненты ландшафтов, но и определяет композиционную структуру наблюдаемого пейзажа.

В QGIS экспозиция склонов устанавливается посредством обращения ко вкладке главного меню (*Растр* → *Морфометрический анализ* → *Экспозиция*) или встроенного в QGIS модуля SAGA (*Terrain Analysis* → *Morphometry* → *Slope, Aspect, Curvature*). Данный модуль рассчитывает показатель экспозиции в каждой ячейке растра как направление наибольшего изменения значения высоты и выражается положительными значениями 0–359,9°. Ориентировка котловины оз. Байкал в направлении юго-запад – северо-восток определяет необходимость расчета экспозиции склоновых поверхностей по восьми румбам: северному – 0–22,5 и 337,5–359,9°, северо-восточному – 22,5–67,5°, восточному – 67,5–112,5°, юго-восточному – 112,5–157,5°, южному – 157,5–202,5°, юго-западному – 202,5–247,5°, западному – 247,5–292,5°, северо-западному – 292,5–337,5°. Для каждого контура ландшафтно-типологической карты вычисляется доля площади, занимаемой склонами каждой категории.

Крутизна склона рассчитывается как угол наклона линии местности к плоскости горизонта (в градусах). Расчет показателя производился при помощи вкладки главного меню (*Растр* → *Морфометрический анализ* → *Уклон*). Склоны по крутизне дифференцировались на три группы: 1) 0–15°; 2) 15–30°; 3) более 30°, в рамках каждого полигона слоя ландшафтно-типологической карты вычислялась доля площади, занимаемой каждой категорией склонов, выявлялась преобладающая группа.

Немаловажное значение при восприятии горных пейзажей имеет степень расчлененности рельефа, которая может характеризоваться через амплитуду относительных высот – превышение водоразделов над руслами рек или путем расчета коэффициента расчлененности.

Коэффициент расчлененности рельефа определяется для каждого ландшафтного выдела по данным цифровой модели рельефа SRTM с размером ячейки – одна угловая секунда (~33*33 м). На первом этапе вычисляется реальная (с учетом рельефа) площадь каждого пикселя растрового слоя SRTM средствами модуля QGIS: *SAGA* → *terrain analysis* → *morphometry* → *Real surface area* → *sum, count*. В качестве входных данных используется ЦМР, результаты расчета реальной площади и количества пикселей каждого полигона добавляются в виде соответствующих полей *sum* и *count* атрибутивной таблицы слоя ландшафтно-типологической карты. На основе поля *count* при помощи «калькулятора поля» вычисляется площадь проекции каждого полигона ландшафтно-типологической карты как произведение количества пикселей, попадающих в границы полигона, и площади проекции пикселя ~ 1111 м² (для SRTM одна угловая секунда) (табл. 1). Примечательно, что при расчете площади полигонов алгоритм ГИС учитывает доли площади пикселей, находящихся на границе полигонов, так что ошибка вычисления площадей полигонов не зависит от степени извилистости их границ.

Коэффициент расчлененности (K_p) рассчитывается как отношение площади поверхности земли в пределах ландшафтного выдела (S_{nm}) (см. табл. 1, поле *sum*) к площади его проекции на горизонтальную плоскость (S_{np}) (см. табл. 1, поле «Площадь проекции»):

$$K_p = \frac{S_{m}}{S_{np}} \quad (1)$$

Видимый рельеф имеет важное значение при исследовании эстетических свойств ландшафтов. Положение видовой точки в пределах типа и элемента рельефа определяет архитектуру каркасных линий (водоразделов, гальвегов, линий перегиба склонов) видимой пейзажной картины. Отнесение видовой площадки к определенному типу рельефа отражает разнообразие морфологического облика территории и элементов пейзажной композиции.

Таблица 1

Расчет коэффициента расчлененности
(фрагмент атрибутивной таблицы базы данных ГИС)

№ полигона	Количество ячеек (count)	Площадь проекции, м ²	Реальная площадь (sum), м ²	Коэффициент расчлененности (K _p)
1	3579	3 976 337	4 649 904	1,169
2	9495	10 549 332	12 370 154	1,173
3	6487	7 206 640	8 459 631	1,174
4	19 714	21 901 888	25 726 438	1,175
5	14 218	15 796 307	26 477 216	1,676
...

Определение морфографического типа рельефа (равнинный, холмистый, низко-, средне-, высокогорный) основывается на приуроченности геосистем к высотным поясам гор, характеризующимся преобладающими абсолютными высотами, глубиной расчленения рельефа, средними уклонами (табл. 2). Такое разделение обусловлено различием визуального восприятия не только глубины расчленения рельефа, но и абриса характерных линий рельефа, отражающих комплекс физико-географических процессов местоположения.

Таблица 2

Классификация видовых площадок по морфографическому типу рельефа

Тип рельефа	Абсолютная высота, м	Глубина расчленения, м	Средний уклон, °	Геосистемы
Равнина	[456–600]	[0–80]	[0–5]	Степные
Холмогорье	(600–850]	(80–200]	[5–10)	Подгорные подтаежные сосновые и лиственничные, степные
Низкогорье	(850–1500]	(200–500]	[10–15)	Горно-таежные сосновые и лиственничные, горностепные
Среднегорье	(1500–1900]	(500–1000]	[15–25)	Горно-таежные темнохвойные, гольцовые тундровые, подгольцовые редколесные
Высокогорье	более 1900	более 1000	более 25	Гольцовые тундровые и альпинотипные, субальпинотипные

Связь видовой площадки с элементом рельефа, как правило, определяет степень открытости вида и дальности перспективы. Очевидно, что типы пейзажных сцен (картин) будут различными для прибрежных равнин, склонов, вершин, межгорных понижений и долин рек. Для выделения элементов рельефа изучаемой территории используется модуль *GRASS* → *raster* → *r.param.scale* → *морфометрический параметр вычисления – features* [Neteler, Mitasova, 2004]. Данный модуль позволяет классифицировать рельеф на шесть категорий: пики (вершины), гребни, перевалы, ложбины, западины и выровненные территории. Результирующая классификационная карта в значительной степени зависит от выбора размера скользящего окна (рис. 2), т. е. от масштаба проработки и показателей допустимого уклона и допустимой кривизны для выделения плоских поверхностей.

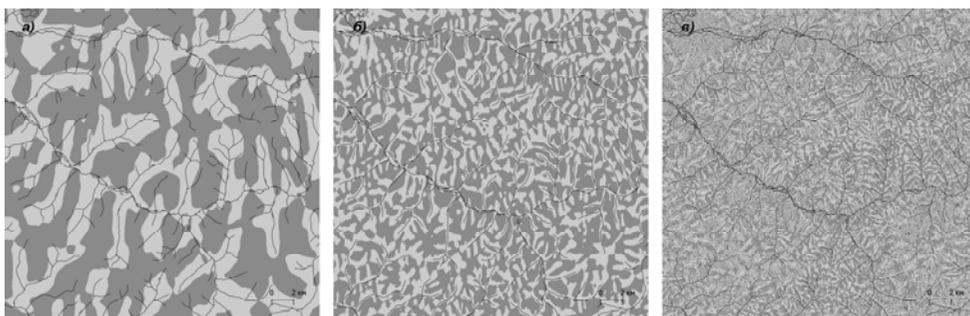


Рис. 2. Классификация форм рельефа по SRTM 4 с размером скользящего окна: а) $n = 69$; б) $n = 15$; в) $n = 3$ пикселей

Выбор параметров скользящего окна определяется, исходя из линейных размеров элементов рельефа исследуемой территории. Необходимую генерализацию для масштаба создаваемой карты М 1:500 000 обеспечивает размер скользящего окна 69 пикселей (максимальное значение для данного модуля), что примерно соответствует линейным размерам в 2,3×2,3 км (69×33 м). Размер окна, меньший указанного, ведет к более дробному делению элементов рельефа, плохо визуализируемых при картографировании в указанном масштабе.

При использовании стандартных установок модуля *r.param.scale* вне зависимости от размера скользящего окна, местоположения (пиксели ЦМР) классифицированного изображения дифференцируются преимущественно на три группы – плоскости (равнины), ложбины и гребни, а такие элементы, как западины, пики и перевалы, относятся преимущественно к склонам ввиду сложности определения поверхностей с нулевым уклоном. Последние три группы объектов – западины, пики и перевалы – могут быть выделены путем подбора следующих показателей: допустимого уклона для ровной поверхности *slope tolerance that defines a 'flat' surface* в градусах и допустимой кривизны плоской поверхности *curvature tolerance that defines 'planar' surface* (безразмерная величина). Комбинируя эти два параметра, можно произвести автоматическую классификацию рельефа территории на шесть категорий по ЦМР [Wood, 1996].

Обсуждение результатов

Основной задачей применяемой методики является формирование набора данных, включающих частные оценочные показатели с целью комплексной ландшафтно-эстетической оценки. Рельеф как фактор формирования пейзажной структуры приобретает особое значение для горных территорий, где пейзажное раскрытие ландшафтов подчинено пластике земной поверхности. Основываясь на функциональной взаимосвязи видовой площадки и пейзажной композиции в системе географического положения, рассчитываемые морфометрические характеристики рельефа выступают комплексными показателями при ландшафтно-эстетической оценке территории, характеризующими не только структуру наблюдаемого пейзажа, но и условия восприятия как свойство видовой площадки.

При среднемасштабной оценке пейзажно-эстетических качеств ландшафтов важно выявить условия восприятия наиболее крупных и значимых природных объектов. Таким объектом, например, является оз. Байкал как устойчивый образ Байкальской природной территории и символ Восточной Сибири. Наличие горных хребтов в обрамлении оз. Байкал обуславливает включение в комплекс критериев эстетической характеристики территории ориентацию склонов по сторонам света, определяющую направленность восприятия и основные черты панорамных пейзажей с дальней перспективой. Расчет пространственной ориентации элементарного склона позволяет дифференцировать видовые площадки в соотношении с группами пейзажных комплексов, выделяемых по преобладающим элементам пейзажной сцены: 1) озерные пейзажи, композиционно связанные с водами оз. Байкал и 2) горные – связанные с многоплановой структурой горных хребтов.

В ЦЭЗ БПТ в границах Иркутской области входят территории трех административных районов, в пределах которых значения экспозиции склонов будут различаться для разных групп пейзажных комплексов. Группу озерных пейзажных комплексов Ольхонского и Иркутского административных районов составляют местоположения восточной, юго-восточной и южной экспозиции, Слюдянского административного района – местоположения северных и южных экспозиций на удалении не более 20 км от Байкала. Многоплановой структурой горных хребтов характеризуются пейзажи, наблюдаемые с видовых площадок северной, северо-западной и западной экспозиций, расположенных в Ольхонском и Иркутском районах и южных экспозиций – в Слюдянском районе.

На характер и дальность визуального восприятия оказывает влияние эффект воздушной перспективы, определяемый прозрачностью атмосферы. При этом происходит снижение цветового контраста между отдаленными объектами и фоном. Система географического положения видовых площадок Слюдянского административного района детерминирована площадью, занятой хр. Хамар-Дабан. Ввиду значительной его ширины (~50–60 км) на удалении от побережья Байкала более чем на 20 км проявление эффекта воздушной перспективы выражается в снижении контрастности между акваторией озера и небосводом, объединении их в единый фон. При этом раз-

ноориентированные видовые площадки будут характеризоваться горными пейзажными комплексами.

Экспозиционные особенности видовой площадки определяют гипотетическую возможность восприятия отдельных групп комплексов пейзажей, основываясь на выявлении вектора основного визуального потока (направления восприятия).

Группировка выделов ландшафтно-типологической карты по крутизне склонов производилась преимущественно для целей организации пешего туризма в соответствии с объемом энергетических нагрузок на организм человека. Наиболее благоприятными для организации пеших маршрутов общего пользования являются склоны до 10–15°; поверхности с уклонами более 25° считаются препятствием [Колотова, 1999].

Количественные показатели расчлененности рельефа включаются в систему оценки эстетических свойств ландшафтов в качестве комплексного критерия анализа 1) видовой площадки, косвенно указывающего на возможность восприятия дальней перспективы и угол горизонтального обзора, и 2) пейзажной композиции, отражающего степень расчлененности силуэта гор (восприятие на удалении).

Анализ расчлененности рельефа с позиции условий наблюдения (табл. 3, рис. 3), т. е. функции видовой площадки, отражает потенциальную возможность восприятия дальней перспективы, определяемой наличием/отсутствием заслоняющего влияния гребневых элементов рельефа (вершин, ребер склонов и др.). Степень расчлененности силуэта гор с точки зрения пейзажной композиции обуславливает визуальные особенности восприятия пейзажей. В общем случае, чем больше коэффициент расчлененности, тем более сильное впечатление рельеф оказывает на человека (см. табл. 3).

Таблица 3

Оценка расчлененности рельефа

Расчлененность рельефа	Преобладающие уклоны, град.	Коэффициент расчлененности	Оценка, в баллах
Нет или слабая	[0–15]	< 1,04]	1
Средняя	[15–30)	(1,04–1,15]	2
Сильная	> 30	> 1,15	3

С точки зрения оценки пригодности видовой площадки для восприятия ландшафтные выделы с интенсивной расчлененностью рельефа (уклоны более 30°), распространенные преимущественно в высокогорьях и значительно удаленные от основных транспортных магистралей, можно отнести к категории труднодоступных. С точки зрения восприятия данных ландшафтных комплексов с удаленных местоположений отнесенные к этой категории территории будут более привлекательны благодаря заметной расчлененности силуэта гор. Гребни гор в пределах ландшафтных выделов со средними показателями расчлененности рельефа подразумевают волнистый абрис дальнего плана пейзажной композиции. Так, в пейзажной композиции силуэты Байкальского хребта и хр. Хамар-Дабан представлены преимущественно резкорасчлененными чертами рельефа на линии горизонта, часто образуя-

щими контрастные сочетания с ареалами ледников и снежников. Линии водоразделов Приморского хребта имеют волнистый характер, вершины с абсолютной высотой 1100–1600 м представлены гольцами куполовидной формы.

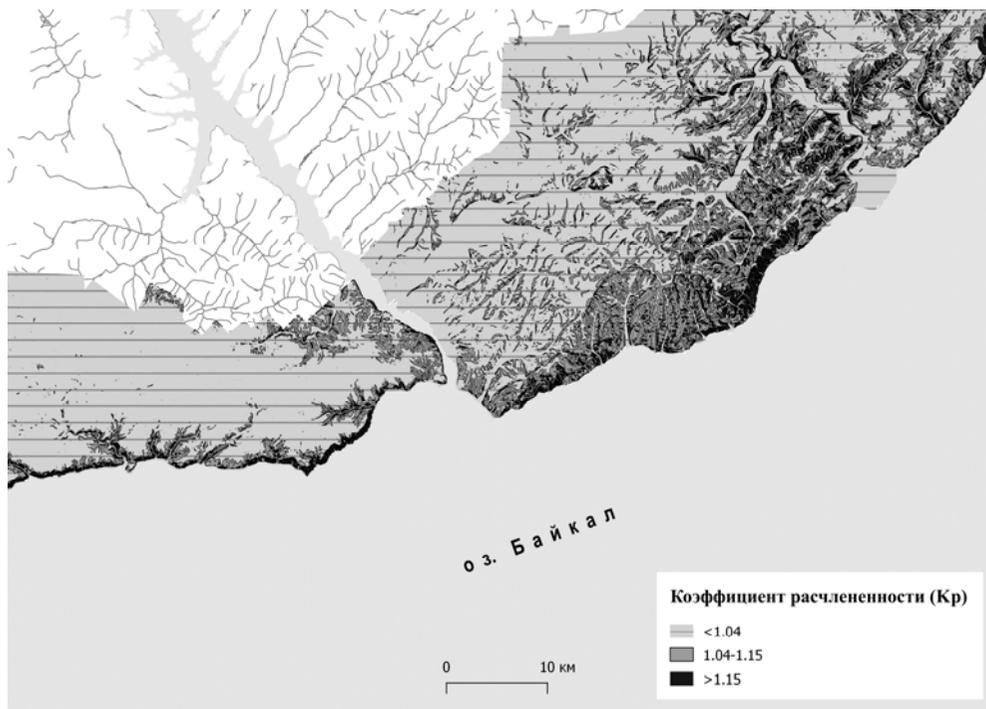


Рис. 3. Расчлененность рельефа ЦЭЗ БПТ (фрагмент)

Принадлежность видовой площадки к конкретному типу (рис. 4) – равнинному, холмистому, низко-, средне-, высокогорному – и элементу рельефа характеризует основные свойства комплекса наблюдаемых пейзажных картин: дальность перспективы и ширину угла обзора, значимые объекты восприятия, основные характеристические линии рельефа, формирующие композицию пейзажей. Наряду с оценкой разнообразия растительного покрова, дифференциация видовых площадок по типу рельефа используется при комплексной оценке разнообразия пейзажа.

На рисунке 4 светлым оттенком отражены отрицательные формы рельефа – речные долины, межгорные котловины, темно-серый тон маркирует выпуклые формы рельефа – склоновые и вершинные поверхности.

Таким образом, совместный анализ пространственной организации геосистем и морфометрических показателей рельефа территории с позиций формирования условий восприятия и структуры пейзажных сцен в первом приближении отражает ландшафтные условия видовых площадок, пространство воспринимаемого ландшафта (основные объекты восприятия, геотопологические линии рельефа) и глубину пейзажной перспективы.

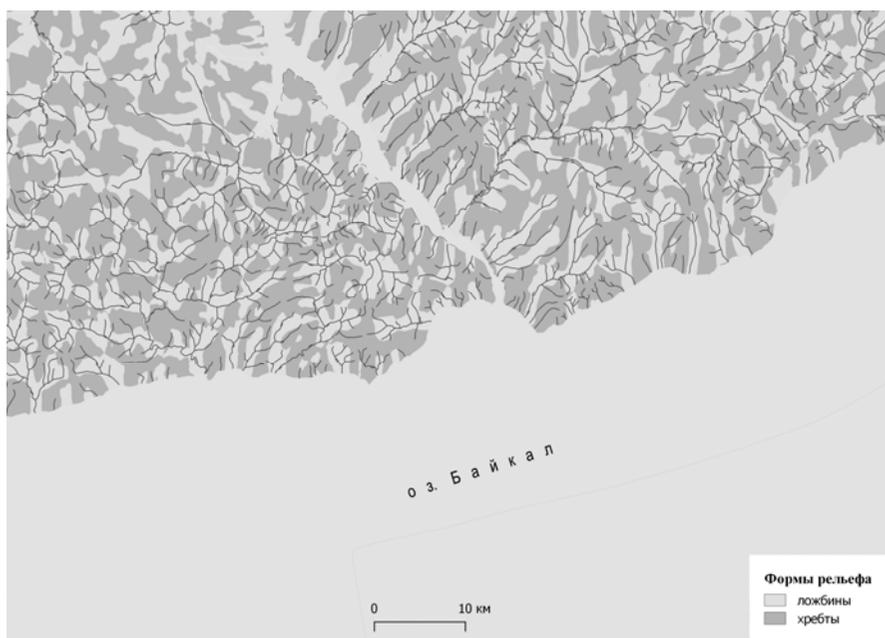


Рис. 4. Классификация местоположений по элементам рельефа. Размер скользящего окна – 69 пикселей (фрагмент)

Облик пейзажей гольцового пояса определяют скалистые массивы хребтов с резкорасчлененными альпинотипными чертами рельефа, каменными россыпями и курумами и хаотичными нагромождениями глыб, местами покрытыми накипными лишайниками, образующими контрастные сочетания с ареалами снежников. Растительность отсутствует. Циркорамный обзор (360°) позволяет охватить многоплановые пейзажные сцены с дальней перспективой на побережье и водную поверхность оз. Байкал, живописные бухты, мысы и острова, противоположный берег озера. Данные пейзажные комплексы позволяют получить представление о морфологическом облике (ландшафте) территории.

Пейзажи куполовидных гольцовых поверхностей Приморского хребта характеризуются визуальными особенностями ближнего плана, выраженными слабой расчлененностью рельефа и пологими склонами, интенсивным курумообразованием, куртинным развитием растительности, приуроченной к микропонижениям. Возвышение вершин гольцов над лесным поясом примерно в 300 м обеспечивает возможность созерцать широкие панорамы Байкала (240°).

Склоновый комплекс пейзажей, как правило, ассоциирован с лесопокрытой площадью и характеризуется фронтальной пейзажной композицией, преимущественно одноплановыми замкнутыми видами ближней перспективы на пологих и средней крутизны склонах. Воспринимаемый пейзаж формируется исключительно элементами конкретного ландшафтного комплекса. Пейзажное разнообразие и физиономические характеристики местопо-

ложений определяются породным составом, плотностью, ярусностью, возрастом и фауной древесных насаждений, видовым составом травяно-кустарникового яруса и их динамическими изменениями, связанными со сменой фенологических фаз. На крутых участках склонов с разреженной древесной растительностью, обращенных к Байкалу, открываются динамически контрастные многоплановые виды секторного и панорамного обзора (30–160°) с дальней перспективой на залесенные склоны, водную гладь оз. Байкал, извилистую береговую линию с живописными мысами. Кроны разреженного древостоя формируют ажурные кулисы, значительно повышая эстетические свойства созерцаемых пейзажных картин.

Пейзажный образ степных ландшафтов в большей или меньшей степени связан с побережьем оз. Байкал, его живописной береговой линией с многочисленными скалистыми мысами, уютными бухтами и водной гладью самого озера и отличается, как правило, значительной обзорностью и глубиной пространственной перспективы. Эти местоположения приурочены к крутым склонам, прибрежным и подгорным равнинам, долинам рек в нижнем течении вдоль побережья озера. Визуальной осью воспринимаемых пейзажей выступает береговая линия с многочисленными скалистыми мысами, формирующими множество уходящих вдаль планов.

Таким образом, рассматриваемый морфологический подход к классификации видовых площадок раскрывает организацию поверхности исследуемой территории в аспекте географического положения видовых площадок и позволяет его использование при ландшафтно-эстетических исследованиях.

Список литературы

Бибеева А. Ю. Анализ пирогенного воздействия на геосистемы Приольхонья по материалам космической съемки // Успехи соврем. естествознания. 2016а. № 12-2. С. 347–351. DOI: 10.22389/0016-7126-2017-930-12-31-38.

Бибеева А. Ю. Трансформация визуальных элементов геосистем в структуре гештальтов // Геосистемы и их компоненты в Северо-Восточной Азии: эволюция и динамика природных, природно-ресурсных и социально-экономических отношений : материалы Всерос. науч.-практ. конф. Владивосток : Дальнаука, 2016б. С. 18–21.

Карионов Ю. И. Оценка точности матрицы высот SRTM // Геопрофи. 2010. № 1. С. 48–51.

Колбовский Е. Ю. Ландшафтное планирование : учеб. пособие. М. : Академия, 2008. 336 с.

Лебедева О. А. Картографические проекции. Новосибирск : Новосиб. учеб.-метод. центр по ГИС и ДЗ при ОИГГМ СО РАН и НГУ, 2000. 35 с.

Саранча М. А. Визуально-эстетическая ценность ландшафтов Удмуртии: оценка с использованием ГИС // Геогр. вестн. 2010. № 2. С. 24–28.

Aoki Y. Landscape appreciation reported at the Conference of Japan Geo-science Union 2013 in term of Landscape Experience // Journal of Environmental Information Science. 2014. Vol. 42, N 5. P. 111–118.

Differences in and causes of environmental attitudes between Russia and Japan [Electronic resource] / N. Takayama, E. G. Petrova, H. Matsushima, H. Ueda, K. Furuya, Y. Aoki // Japan geo-science union. 2013. URL: http://www2.jpgu.org/meeting/2013/session/PDF_all/H-GG02/HGG02_all_e.pdf (дата обращения 11.04.2013).

Fourie R. Applying GIS in the evaluation of landscape aesthetics // Thesis. Master of arts (Geography and Environmental Studies). Stellenbosch, 2005. 70 p.

Landscape image sketches of forests in Japan and Russia / Hirofumi Ueda, Toshihiro Nakajima, Norimasa Takayama, Elena Petrova, Hajime Matsushima, Katsunori Furuya, Yoji Aoki // *Forest Policy and Economics*. 2012. Vol. 19. P. 20–30.

Neteler M., Mitasova H. Open source GIS: a GRASS GIS approach: second edition. N. Y. ; Boston ; Dordrecht ; London ; Moscow : Kluwer academic publ., 2004. 417 p.

Roth M., Gruehn D. Visual landscape assessment for large areas – using GIS, internet surveys and statistical methodologies in participatory landscape planning or the federal state of mecklenburg-western Pomerania, Germany // *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section A : Human and Social Sciences*. 2012. P. 129–142.

Simonik T. Preference and perceived naturalness in visual perception of naturalistic landscapes [Electronic resource]. *Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljublj. Kmet*, 2003. 81-2. P. 369–387.

Štefanková D., Čebecauer T. Visibility analysis as a part of landscape visual quality assessment // *Ekológia (Bratislava)*. 2006. Supplement 1. Vol. 25. P. 229–239.

Using GIS in landscape visual quality assessment / Y. Wu, I. Bishop, H. Hossain, V. Spisito // *Applied GIS*. 2006. Vol. 2. N 3. P. 18.1–18.20.

Vargues P., Loures L. Using Geographic Information Systems in Visual and Aesthetic Analysis: the case study of a golf course in Algarve // *Wseas transactions on environment and development*. 2008. Issue 9, Vol. 4. P. 774–783.

Ward K., Snoberger N. Assessment of landscape scenic quality in the Angelina National Forest, Texas using GIS and high-resolution digital imagery [Electronic resource] // San Antonio 2009 ASPRS-MAPPS Fall Conference Proceedings, 2009. URL: <https://www.asprs.org/wp-content/uploads/2010/12/Ward.pdf>.

Which does affect the natural landscape appreciation strongly, cultural or geological difference? [Electronic resource] / H. Matsushima, E. G. Petrova, Y. V. Mironov, S. Ebine, N. Takayama, H. Ueda, A. Petrova, Y. Aoki, T. Nakajima, K. Furuya, N. Hiraoka, W. Fukui // Japan geoscience union meeting. 2013. Japan, c. Tiba. 2013. URL: http://www2.jpgu.org/meeting/2013/session/PDF_all/H-GG02/HGG02_all_e.pdf.

Wood J. The Geomorphological characterisation of Digital Elevation Models. Diss., Department of Geography, University of Leicester, U. K., 1996. 456 p.

Application of Information Systems for Calculations of Indicators of Aesthetic Assessment of Landscapes

A. Yu. Bibaeva

V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS, Irkutsk

A. A. Makarov

Irkutsk State University, Irkutsk

Abstract. In conditions of increasing anthropogenic transformation of the natural environment, the landscapes aesthetic properties are a unique and scarce resource for restoring the psycho-emotional state of a person. The study and evaluation of aesthetic resources of the territory is an actual research task. The study area is the landscape of the central ecological zone of the lake Baikal within the Irkutsk region. Because the study area is mountainous area, the relief plays an important factor in the formation of landscapes. The article describes a technique for calculating complex indices of aesthetic assessment of landscapes based on a digital terrain model using the geoinformation system Quantum GIS. The methodology is based on an understanding of the functional relationship between the species site and the landscape composition structure in the geographic location system. The following complex indicators are distinguished: the steepness and exposure of inclined surfaces, the discontinuity of the relief, the belonging of the species site to the morphographic type and the relief element. All indicators describe both the observation conditions and the structure of the landscape composition, they characterize the properties of the species site and the landscape. These indicators characterize the space of the perceived landscape (the main objects of perception, geotopological relief lines) and the depth of the landscape perspective.

Keywords: geoinformation system, complex indicators, landscape, morphometric characteristics, relief, aesthetic evaluation, Quantum GIS.

For citation: Bibaeva A.Yu., Makarov A.A. Application of Information Systems for Calculations of Indicators of Aesthetic Assessment of Landscapes. *The Bulletin of Irkutsk State University. Series Earth Sciences*, 2018, vol. 24, pp. 17-33. <https://doi.org/10.26516/2073-3402.2018.24.17>. (in Russian)

References

Bibaeva A.Ju. Analiz pirogennogo vozdejstvija na geosicemy Priolhoniya po materialam kosmicheskoj s#emki [Decode space images to monitoring of geosystem pyrogenic transformation]. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya Publ.* [Advances in current natural sciences], 2016a, N 12-2, pp. 347-35. DOI: 10.22389/0016-7126-2017-930-12-31-38. (in Russian)

Bibaeva A.Ju. Transformacija vizualnyh jelementov geosistem v strukture geshtaltov [Transforming geosystems visual elements in structure of gestalts]. *Geosistemy i ih komponenty v Severo-Vostochnoj Azii: jevoljucija i dinamika prirodnyh, prirodno-resursnyh i social'no-jekonomicheskijh otnoshenij* [Geosystems and their components in Northeast Asia: evolution and dynamics of natural, natural-resource and socio-economic relations]. Vladivostok, Dal'nauka Publ., 2016b, pp. 18-21. (in Russian)

Karionov Ju.I. Ocenka tochnosti matricy vysot SRTM [The estimation of the accuracy of the SRTM]. *Geoprofi Publ.*, 2010, no. 1, pp. 48-51. (in Russian)

Kolbovskij E.Ju. *Landshaftnoe planirovanie. Uchebnoe posobie* [Landscape planning. Textbook]. Moscow, Akademija Publ., 2008, 336 p. (in Russian).

Lebedeva O.A. *Kartograficheskie proekcii.* [Cartographic projections]. Novosibirsk, Novosibirskij uchebno-metodicheskij centr po GIS i DZ Publ. [Novosibirsk Educational and Methodological Center for GIS and Remote Sensing], 2000, 35 p. (in Russian)

Sarancha M.A. Vizual'no-jesteticheskaja cennost' landshaftov Udmurtii: ocenka s ispol'zovaniem GIS [Visually-aesthetic value of landscapes of Udmurtiya: an estimation with use of GIS]. *Geograficheskij vestnik* [Geographical bulletin], 2010, no. 2, pp. 24-28. (in Russian)

Aoki Y. Landscape Appreciation Reported at the Conference of Japan Geo-science Union 2013 in Term of Landscape Experience. *Journal of Environmental Information Science*, 2014, vol. 42, no. 5, pp. 111-118.

Takayama N., Petrova E.G., Matsushima H., Ueda H., Furuya K., Aoki Y. Differences in and causes of environmental attitudes between Russia and Japan.. *Japan geoscience union*, 2013. Available at: http://www2.jpgu.org/meeting/2013/session/PDF_all/H-GG02/HGG02_all_e.pdf (Accessed 11.04.2013).

Fourie R. Applying GIS in the Evaluation of Landscape Aesthetics. *Thesis. Master of Arts (Geography and Environmental Studies)*. Stellenbosch, 2005, 70 p.

Ueda H., Nakajima T., Takayama N., Petrova E., Matsushima H., Furuya K., Aoki Y. Landscape Image Sketches of Forests in Japan and Russia. *Forest Policy and Economics*, 2012, vol. 19, pp. 20-30.

Neteler M., Mitasova H. *Open Source GIS: a GRASS GIS Approach: Second Edition.* N. Y., Boston, Dordrecht, London, Moscow, Kluwer Academic Publ., 2004, 417 p.

Roth M., Gruehn D. Visual Landscape Assessment for large Areas – Using GIS, Internet Surveys and Statistical Methodologies in Participatory Landscape Planning or the Federal State of Mecklenburg-Western Pomerania, Germany. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, Section A: Human and Social Sciences*. 2012, pp. 129-142.

Simonic T. Preference and Perceived Naturalness in Visual Perception of Naturalistic Landscapes. *Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljublj. Kmet.*, 2003, 81-2, pp. 369-387.

Štefunková D., Cebecauer T. Visibility analysis as a part of landscape visual quality assessment. *Ekológia (Bratislava)*. 2006, Supplement 1, vol. 25, pp. 229-239.

Wu Y., Bishop I., Hossain H., Sposito V. Using GIS in Landscape Visual Quality Assessment. *Applied GIS*. 2006, vol. 2, no. 3, pp. 18.1-18.20.

Vargues P., Loures L. Using Geographic Information Systems in Visual and Aesthetic Analysis: the case study of a golf course in Algarve. *Wseas Transactions on Environment and Development*, 2008, issue 9, vol. 4, pp. 774-783.

Ward K., Snoberger N. Assessment of landscape scenic quality in the Angelina National Forest, Texas using GIS and high-resolution digital imagery. *San Antonio 2009 ASPRS-MAPPS Fall Conference Proceedings*, 2009. Available at: <https://www.asprs.org/wp-content/uploads/2010/12/Ward.pdf>.

Matsushima H., Petrova E.G., Mironov Y.V., Ebine S., Takayama N., Ueda H., Petrova A., Aoki Y., Nakajima T., Furuya K., Hiraoka N., Fukui W. Which Does Affect the Natural Landscape Appreciation Strongly, Cultural or Geological Difference? *Japan geoscience union meeting 2013. Japan, s. Tiba*, 2013. Available at: http://www2.jpgu.org/meeting/2013/session/PDF_all/H-GG02/HGG02_all_e.pdf.

Wood J. *The Geomorphological Characterisation of Digital Elevation Models. Diss., Department of Geography, University of Leicester, U.K.*, 1996, 456 p.

Бибеева Анна Юрьевна
кандидат географических наук,
научный сотрудник
Институт географии им. В. Б. Сочавы
СО РАН
Россия, 664033, г. Иркутск, ул. Улан-
Баторская, 1
тел.: (3952) 42-69-20
e-mail: pav_a86@mail.ru

Bibaeva Anna Yurievna
Candidate of Sciences (Geography)
Researcher
V. B. Sochava Institute of Geography SB RAS
1, Ulan-Batorskaya st., Irkutsk, 664033,
Russian Federation
tel.: (3952) 42-69-20
e-mail: pav_a86@mail.ru

Макаров Алексей Александрович
доцент кафедры географии, картографии и
геосистемных технологий
Иркутский государственный университет
Россия, 664003, г. Иркутск, ул. К. Маркса, 1
тел.: (3952) 52-10-86
e-mail: mak@geogr.isu.ru

Makarov Alexey Aleksandrovich
Associate Professor of Department of
Geography, Cartography and Geo-System
Technology
Irkutsk State University
1, K. Marx st., Irkutsk, 664003,
Russian Federation
tel.: (3952) 52-10-86
e-mail: mak@geogr.isu.ru