

УДК: [004.94+551.4]:612.821

DOI: 10.35595/2414-9179-2023-2-29-59-73

Ж.А. Буряк¹, У.С. Москвитина²

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ВЛИЯНИЯ ОТКРЫТЫХ ПРОСТРАНСТВ НА ПСИХИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ЧЕЛОВЕКА

АННОТАЦИЯ

В работе представлены возможности использования цифровых моделей рельефа и местности для оценки влияния открытых пространств на психофизическое состояние человека. Описан подход к оценке влияния видимых границ окружающего человека пространства, позволяющий конструировать в виртуальной реальности натурные модели местности с заранее определенными свойствами для персонализации психотерапевтических сценариев. Сделаны первые шаги к созданию методики оценки эстетической ценности ландшафта с позиции его непосредственного влияния на психофизическое состояние наблюдателя. Так, для трех территорий, принципиально отличающихся по ландшафтным условиям (высотная застройка Нью-Йорка, высокогорья Альп и полого-холмистая равнина Среднерусской возвышенности), по цифровым моделям местности и рельефа в ГИС был рассчитан коэффициент формы воспринимаемого пространства, учитывающий кривизну земной поверхности и площадь поверхности зданий. Через коэффициент аккомодации (K_a), который сопоставляет коэффициент формы пространства с аналогично рассчитанным коэффициентом поверхности головного мозга, была оценена комфортность окружающих условий для конкретного человека. В обоих примерах естественных ландшафтов $K_a > 0$, что говорит о комфортных условиях. Пространства с плотной высотной застройкой ($K_a < 0$) оказывают более негативное влияние на психоэмоциональное состояние человека. Выполнено также моделирование изменения K_a воспринимаемого пространства по маршруту движения наблюдателя в зависимости от изменения объемной площади зоны видимости. Установлено, что чем разнообразнее рельеф территории, тем контрастнее будет отклик на состояние наблюдателя. Использование ГИС-технологий и 3D-моделирования открывает перспективы нового подхода к конструированию виртуальной реальности, позволяет оптимизировать и создавать персонализированные VR-программы психофизиологической коррекции.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ГИС, открытое пространство, персонализированная виртуальная реальность, рельеф, ЦМР, зоны видимости

¹ Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Федерально-региональный центр аэрокосмического и наземного мониторинга объектов и природных ресурсов, ул. Победы, д. 85, Белгород, Россия, 308015,
e-mail: buryak@bsu.edu.ru

² Белгородский государственный национальный исследовательский университет, ул. Победы, д. 85, Белгород, Россия, 308015,
e-mail: moskvitina@bsu.edu.ru

Zhanna A. Buryak¹, Ulyana S. Moskvitina²

THE USE OF GEO-INFORMATION TECHNOLOGY ANALYSIS THE IMPACT OF OPEN SPACES ON THE INDIVIDUAL'S MENTAL STATE

ABSTRACT

The paper presents the possibilities of using digital elevation and terrain models to assess the impact of open spaces on the psychophysical state of a person. An approach to assessing the impact of the visible boundaries of the surrounding space is described, allowing the construction of virtual reality full-scale models of terrain with predetermined properties for personalization of psychotherapeutic scenarios. The first steps have been taken towards the creation of a methodology for assessing the aesthetic value of the landscape, from the standpoint of its direct influence on the psychophysical state of the observer. Thus, for three territories, fundamentally different in landscape conditions (high-rise buildings in New York, the highlands of the Alps and the gentle-hilly plain of the Central Russian Upland), the shape factor of the perceived space was calculated. It was done considering the surface curvature and the surface area of buildings using digital models of terrain and elevation in GIS. Through the coefficient of accommodation (AC), which compares the space form factor with a similarly calculated brain surface coefficient, the comfort of the environment for a particular person was assessed. In both examples of natural landscapes, AC takes values >0 , which indicates comfortable conditions. Spaces with dense high-rise buildings ($AC < 0$), have a more negative impact on the psycho-emotional state of the person. Although the changes in the accommodation coefficient of the perceived space along the route of observer's movement depending on changes of volumetric area of visibility area was performed. It was found that the more varied the terrain, the more contrasting will be the response to the observer's condition. The use of GIS-technology and 3D-modeling opens up the prospects of a new approach to the design of virtual reality, allowing to optimize and create personalized VR-programs of psycho-physiological correction.

KEYWORDS: GIS, open space, personalized virtual reality, relief, DEM, visibility zone

ВВЕДЕНИЕ

Урбанизация населения создала условия крайне высокого информационного воздействия окружающей среды на человека и возрастающего противоречия между антропогенным ландшафтом и естественной природной средой. Становится актуальным вопрос о влиянии открытого окружающего человека пространства, в т. ч. антропогенно формируемого рельефа городов на психоэмоциональное здоровье человека [Reichert et al., 2019]. Современный городской житель большую часть времени находится в искусственно созданной среде, ограниченной либо закрытыми пространствами (помещениями), либо плотной застройкой, где воспринимаемое пространство представлено видимой поверхностью окружающих зданий и сооружений. Такая среда, в свою очередь, несет за собой риски и вызовы для ментального здоровья [Bratman et al., 2019].

Естественная природная среда с открытыми пространствами и разнообразием ландшафтных форм, содержит для человека безусловную генетически обусловленную положительную информацию. Это ее свойство достаточно широко применимо в

¹ Belgorod State National Research University, Federal and Regional Centre for Aerospace and Ground Monitoring of Objects and Natural Resources, 85, Pobedy str., Belgorod, 308019, Russia,
e-mail: buryak@bsu.edu.ru

² Belgorod State National Research University, 85, Pobedy str., Belgorod, 308019, Russia,
e-mail: moskvitina@bsu.edu.ru

ландшафтотерапии («лечение пейзажами», от нем. *Landschaft* — пейзаж) — вариант психотерапии, направленный на оздоровление организма воздействием красоты природы, пейзажей и лечебных прогулок. Опирается на психоэмоциональное влияние ландшафтов на человека, лечебное общение с природой [Николаев, 2005; Ежов и др., 2020; Hsieh, 2022]. Основные лечебные факторы метода описываются¹ как успокаивающий, отвлекающий, активизирующий, вдохновляющий, эстетический. Эстетическое восприятие ландшафта человеком может быть задействовано и в сфере территориального планирования, для улучшения качества жизни и повышения рекреационно-потребительских свойств территории [Горбунова и др., 2017; Чурилова, Лопина, 2021].

Традиционный структурно-информационный анализ пейзажно-эстетической ценности ландшафтов [Эрингис, Будрюнас, 1975; Дирин, 2005] оперирует комбинацией оценочных критериев (композиционная сложность, разнообразие структурных элементов, пейзажные доминанты и т. п.), которым присваивают весовой балл, что позволяет в качественной и количественной форме оценить привлекательность территории. Обратная связь с субъектом наблюдений выстраивается посредством экспертных оценок или опросов с анкетированием, на основании которых модифицируются оценочные шкалы. В настоящем исследовании сделаны первые шаги к созданию методики оценки эстетической ценности ландшафта, исключая субъективный фактор, с позиции непосредственного влияния окружающего пространства на психофизическое состояние наблюдателя.

Влияние окружающего человека пространства на процессы, происходящие в центральной нервной системе, можно оценить на нейрофизиологическом уровне: так с помощью приборной базы фиксируются физиологические и функциональные изменения в коре головного мозга [Корчажинская, Попова, 1977; Афтанас, 2000; Доброхотова, 2006]. Знания о степени влияния воспринимаемого пространства на человека могут быть использованы в терапевтических целях, прежде всего с использованием средств визуализации виртуальной реальности, которые широко применяются для терапии ментальных заболеваний [Thompson-Butel et al., 2018]. Особое значение демонстрирует терапевтический контент, который персонализирован под нейрофизиологические особенности пациента — в таких случаях наблюдаются значительные различия в эмоциональной реакции и увеличение уровня мотивации участников [Kim et al., 2016].

На данный момент взаимодействовать с ландшафтом и открытым пространством можно как реально, так и с помощью технологий виртуальной реальности, которые достаточно достоверно помогают симулировать ландшафт любой сложности (в т. ч. природный). По данным ряда авторов взаимодействие с контентом виртуальной реальности в виде открытых природных ландшафтов (лес, парк, поле, зеленые насаждения и пр.) оказывает положительный эффект в виде снижения тревоги, повышения стрессоустойчивости, нормализации фона настроения, улучшения свойств внимания и памяти [Gao et al., 2019; Jo et al., 2019; Baghaei et al., 2021; Climent et al., 2021].

Главной методологической проблемой при оценке реакции человека на окружающее пространство является отсутствие единого эталона, связывающего свойства окружающего человека пространства с нейрофизиологическими изменениями в его мозге. Мы предлагаем использовать для этого морфометрические параметры.

Морфометрия представляет собой раздел геометрии, который занимается созданием совокупности количественных и основанных на них графических методов, позволяющих сравнивать объекты по их форме, исключая различия в размерах. Геометрическая морфометрия позволяет использовать объективные данные для сравнения разнородных

¹ Клиническая психология. Словарь. Под ред. Н.Д. Твороговой. М.: PerSe, 2006. Психологический лексикон. Энциклопедический словарь: в 6 т. Ред. сост. Л.А. Карпенко. Под общ. ред. А.В. Петровского. Т. 5

морфологических структур на основе использования систем меток, а также выравнивания и измерения относительно систем эталонов [Павлинов, 2001].

Морфометрическое исследование мозга (вычислительная нейроанатомия /нейрофизиология) состоит из двух основных компонентов [Mietchen, Gaser, 2009]: пространственное представление мозга или его компонентов путем неинвазивного метода нейровизуализации [Kim, Zee, 2007]; статистический анализ морфометрических показателей, извлеченных из серии изображений головного мозга.

Морфометрические исследования пространственных географических объектов широко отражены в подходах цифрового моделирования рельефа и местности [Шарый, 2006; Нарожняя, Буряк, 2016]. Технологические решения, базирующиеся на морфометрическом анализе цифровых моделей рельефа (ЦМР), применяются в самых разнообразных областях науки и производства, выходя далеко за пределы наук о Земле [Викторов и др., 2016].

Появляется необходимость разработки единых морфометрических методов, которые позволят найти взаимосвязь и взаимовлияние формы окружающего открытого пространства во всем его многообразии, в котором находится человек, на нейрофизиологические параметры его головного мозга. Это может быть реализовано с использованием средств геоинформационного моделирования, пространственного анализа и созданием трехмерных моделей местности. Такой подход, в будущем подкрепленный клиническими исследованиями, возможно, дополнит широкий спектр методологических подходов к эстетической оценке ландшафтов [Колбовский, 2011].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Одним из способов параметризации состояния человека и воспринимаемого им пространства является макроэнцефалометрия полушарий большого мозга [Москвитина, 2018]. Она представляет собой измерение площадей свободной поверхности полушарий большого мозга человека с учетом извилин и борозд, минимальной мнимой сферы, описанной вокруг полушарий, и определение коэффициента формы — отношения площади свободной поверхности полушарий большого мозга к площади поверхности минимальной мнимой сферы, описанной вокруг них. Разработаны подходы к оценке как в условиях закрытых пространств разной формы [Москвитина, 2019], так и для открытого пространства с различными ландшафтными условиями [Москвитина, Буряк, 2020].

Для вычисления параметров головного мозга проводили МРТ-исследование мозга на аппарате GE Optima 450w с индукцией магнитного поля 1,5 Тл. Применяли радиочастотную катушку для головы. Получали T1-взвешенные изображения с полем зрения (FOV) 24,4×14,8 см и толщиной среза 0,5 мм. Позже изображения строились в трех стандартных взаимно перпендикулярных плоскостях. Измерения проводились стандартными средствами на рабочей станции eFilm 4.0 WorkStation. Для расчета площади поверхности полушарий головного мозга использовали FreeSurfer 4.5.0.

Этот способ позволяет учесть объективно существующие морфофизиологические особенности полушарий большого мозга пациента, определяющие восприятие человеком окружающего пространства и оказывающие существенное влияние на его психофизиологическое состояние, а также учесть особенности воспринимаемых открытых пространств (природных ландшафтов и урбанизированных территорий).

Под открытым пространством понимается конкретный фрагмент территории, где находится или может находиться человек. Для этого любая территория должна быть описана универсальным способом, а ее свойства должны иметь количественное выражение. С этой целью нами предложено использовать морфометрические характеристики открытого пространства, т. е. видимой поверхности рельефа местности и строений. По

аналогии с головным мозгом, для территории открытого пространства также может быть рассчитан ее коэффициент формы по формуле (1):

$$K_T = S_T / S_{TP} \quad (1),$$

где K_T — коэффициент формы территории;
 S_T — площадь световой поверхности участка открытого пространства;
 S_{TP} — площадь поверхности в ортогональной проекции территории на сферу (геоид).

Площадь световой поверхности S_T представляет собой совокупную объемную площадь территории и объектов на ней. Она учитывает все неровности рельефа местности, а также площадь видимой поверхности застройки. Для определения этого параметра в естественных ландшафтах достаточно использовать цифровую модель рельефа, а для застроенных территорий предпочтительна цифровая модель местности.

В контексте данного исследования параметр S_{TP} рассчитывается в пределах территории, которая может попасть в поле зрения человека, примерно в радиусе 5 км. В геодезической практике территорию диаметром 20 км принимают за плоскость, т.е. при измерении на ней длин и площадей величину кривизны земли не учитывают (погрешность измерений составляет 1 см на 10 км) [Попов, Чекалин, 2007]. Таким образом, параметр S_{TP} рассчитывается как площадь горизонтальной плоскости.

Коэффициент формы K_T приближается к единице для открытых пространств в виде, например, равнин (в т. ч. пологоволнистых) или водных объектов. Среднее значение он имеет в высокогорной местности и максимальное значение для антропогенного рельефа современных городов [Moskvitina, Buryak, 2021].

Связь между свойствами полушария большого мозга человека и воспринимаемой поверхности в контексте стремления к описывающей его сфере, можно выразить по формуле (2), через коэффициент аккомодации (от лат. «*accommodatio*» — приспособление, приурочивание), который характеризует возможность определенных частей мозга адаптироваться к изменяющемуся пространственным условиям окружающей среды:

$$K_a = K_m - K_T \quad (2),$$

где K_a — коэффициент аккомодации;
 K_m — коэффициент формы полушарий мозга, равный отношению площади свободной поверхности полушарий большого мозга человека к площади поверхности минимальной мнимой сферы. Для здорового взрослого человека может находиться в интервале от 3,5 до 6,0, в среднем равен 4,6. На отклонение значений могут оказывать влияние врожденные аномалии, перенесенные черепно-мозговые травмы, опухоли, нейродегенеративные заболевания [Москвитина, 2019];
 K_T — коэффициент формы территории.

Коэффициент аккомодации позволяет оценить процесс приспособления головного мозга к меняющимся формам границ видимого окружающего пространства. С помощью оценки относительно эталона (сферы), двух процессов, протекающих в разных системах. В системе головного мозга происходит некоторая реакция, проявляющаяся трансформацией диффузно-тензорного состояния полушарий — эти изменения проецируем и сравниваем со сферой. Систему окружающего пространства — то же можно оценить относительно сферы, насколько оно к ней стремится или отличается. В геометрии существует понятие

системного аттрактора — это состояние (геометрическая форма), к которому стремится развиваться система. Известно, что сфера соответствует минимуму затрат энергии при взаимодействии с окружающей средой, поэтому нами был использован эталон оценки относительно сферы.

Другими словами, величина коэффициента аккомодации показывает комфортность окружающих условий для конкретного человека: при значениях больше нуля создаются благоприятные условия, при значениях меньше нуля — некомфортные.

Для гарантированного расслабления устойчивых зон возбуждения в коре полушарий большого мозга необходимо ввести в него информацию о пространстве, которое имеет меньший, чем полушария большого мозга, коэффициент формы. Это, например, участок пологоволнистой равнины, который имеет коэффициент формы, приближающийся к единице, и который, как правило, меньше коэффициента формы полушарий большого мозга пациента.

Задачей данного исследования является демонстрация методики оценки изменения коэффициента формы открытого пространства для различных условий и с учетом траектории перемещения наблюдателя с использованием методов пространственного анализа цифровой модели рельефа.

В качестве территории исследования в открытом пространстве было выбрано три сильно отличающихся по ландшафтным условиям участка (рис. 1):

- 1) участок на юго-западе Среднерусской возвышенности (Белгородская область, Россия), представляющий собой всхолмленную пологоволнистую равнину, сильно расчлененную эрозионной сетью, со средней высотой 200 м н. у. м.;
- 2) участок у г. Цернен, в горной системе Альп, Швейцария;
- 3) участок с плотной высотной застройкой на Манхэттене (пересечение 6-й Авеню и 50-й Стрит), г. Нью-Йорк, США.

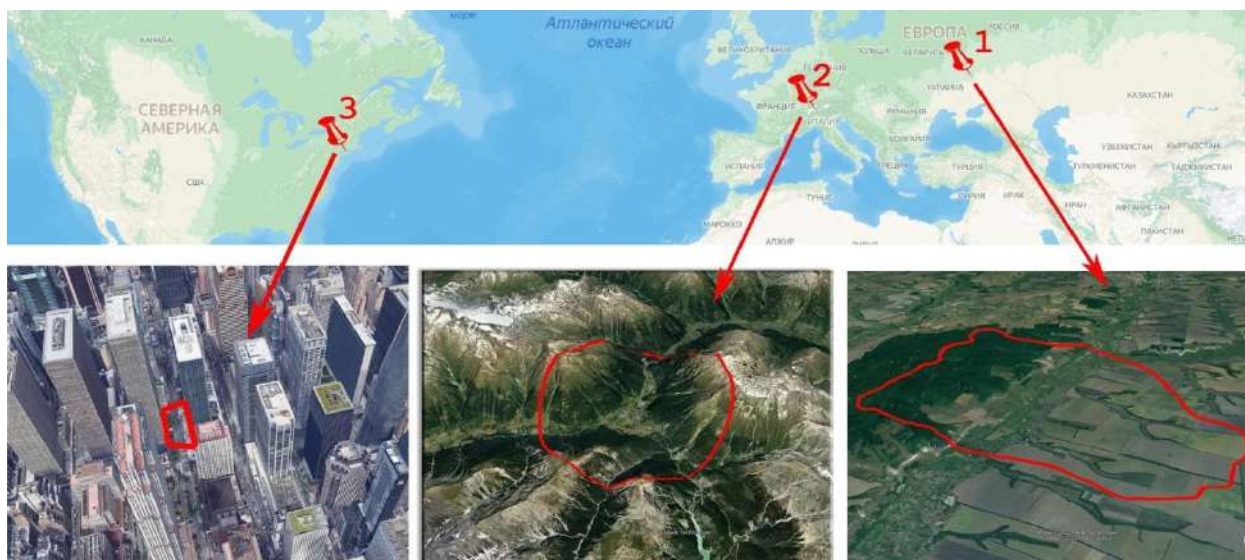


Рис. 1. Территории исследования
Fig. 1. Study areas

Для расчета кривизны земной поверхности участков № 1 и 2 использовали ЦМР, полученную из глобальной цифровой модели высот SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) разрешением 1". Пространственный анализ ЦМР выполняли в геоинформационном программном продукте ArcGIS 10.5. В работе использовали наборы

инструментов *Spatial Analyst* и *3D-Analyst*. Для каждого участка произвели расчет площади световой поверхности S_t с учетом рельефа. Для этого по границам участков была обрезана ЦМР, далее с помощью инструмента *Surface Volume* выполнили расчет ее 3D-площади.

Для анализа урбанизированного участка № 3 использовали расчетный картометрический способ. Взгляд наблюдателя в данной точке «зажат» двумя высотными зданиями высотой 179 и 226 м и направлен в сторону Бродвея. Для анализа воспринимаемого пространства между этими зданиями был построен условный параллелепипед и оценена его внутренняя площадь. Измерения проводили в приложении Google Earth с помощью инструмента измерений «3D-путь».

На участке № 1 (11 × 11 км) дополнительно было выполнено моделирование изменения коэффициента аккомодации воспринимаемого пространства по маршруту движения наблюдателя (рис. 2).

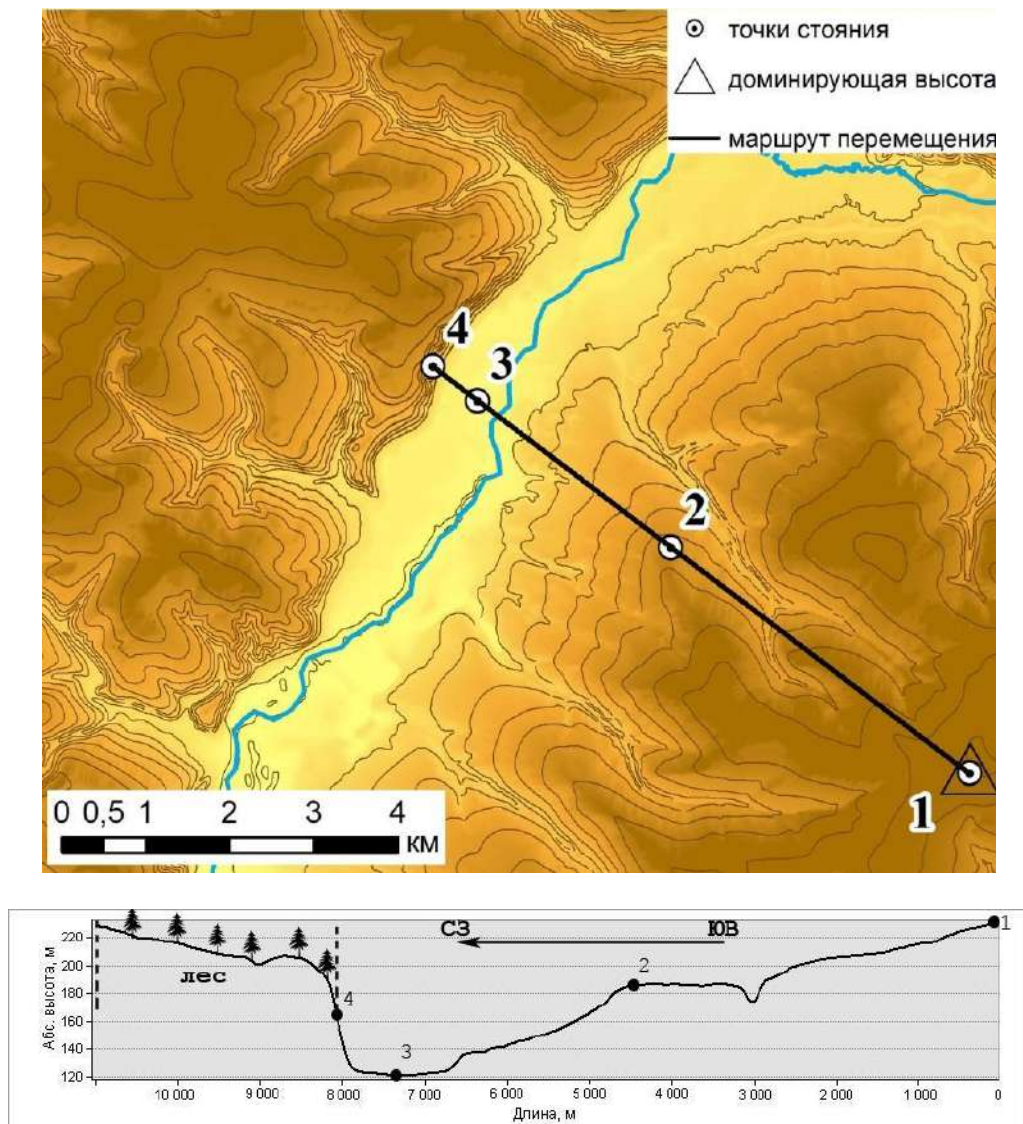


Рис. 2. Территория исследования участка № 1 (Белгородская область, Россия) и гипсометрический профиль маршрута (соотношение горизонтального и вертикального масштабов 1: 22)

Fig. 2. Study area (Belgorod region, Russia) and hypsometric profile of the route (ratio of horizontal and vertical scales is 1: 22)

Абсолютная высота наивысшей точки исследуемой области (доминирующая высота) составляет 230 м н. у. м. Она расположена в юго-восточной части участка, координаты 50,640064 с. ш., 37,188264 в. д. Через доминирующую высоту был проложен условный прямолинейный маршрут длиной 8 км, берущий начало на водоразделе рр. Короча и Нежеголь, проходящий через долину р. Корочи до опушки лесного массива на противоположном склоне. Маршрут характеризуется сложным рельефом: он проходит по водораздельным пространствам, захватывает овражно-балочную сеть на склонах, спускается в речную долину и оканчивается на крутом обрывистом склоне. Перепад абсолютных высот на маршруте составляет 110 м.

На маршруте было заложено 4 точки стояния, для которых выполняли анализ видимой области конечного пространства. Для каждой точки стояния были последовательно определены зоны видимости с помощью инструмента *Visibility*. Для каждой точки стояния на маршруте была определена зона потенциальной видимости, т. е. вся территория, которая может открыться наблюдателю с заданной позиции (учитывается возможность наблюдателя посмотреть по сторонам, обернуться). В параметрах наблюдателя была задана высота наблюдателя 1,6 м (в окне инструмента эта высота прибавлялась к абсолютной высоте точке стояния), а также максимальный обзор (горизонтальный угол 360°, вертикальный угол 180°). В границах каждой зоны видимости произвели расчет площади световой поверхности St с учетом рельефа.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По приведённой выше методике определения коэффициента формы территории для 3 ключевых участков были установлены их морфометрические характеристики, а также рассчитан коэффициент аккомодации для наблюдателя (табл. 1).

Результаты расчетов показывают, что различные типы открытых пространств могут найти разный отклик в полушариях мозга человека (рис. 3).

Коэффициент формы открытых пространств в естественных условиях принимает значения, близкие к 1, даже в таких разных по рельефу участках, как равнина и горы. Это говорит о том, что в обоих этих пространствах человек будет чувствовать себя комфортно, т. к. для этих участков $K_t < K_m$. Пространства с плотной высотной застройкой, где $K_t > K_m$, оказывают более негативное влияние на психоэмоциональное состояние человека.

Табл. 1. Пространственные характеристики участков
Table 1. Spatial characteristics of sites

№	Характеристика	Участок 1	Участок 2	Участок 3
1	Место (название)	пологоволнистая равнина (Россия)	Альпы (Швейцария)	Нью-Йорк (США)
2	Координаты:	37°6'33,174" E 50°40'33,725"N	10°5'42,01" E 46°41'54,858" N	73°58'50,56"W 40°45'36,71"N
3	Амплитуда высот:	111	1482	226
4	Площадь световой поверхности St	7135,0 га	4263,0 га	63,6 тыс. м ²
5	Площадь проекции на сферу Sp	7118,1 га	3706,8 га	3,7 тыс. м ²
6	Коэффициент формы территории K_t	1,002	1,15	17,2
7	Коэффициент аккомодации K_a	4,6 – 1,002=3,6	4,6 – 1,15=3,45	4,6 – 17,2= –12,6

Предложенный нами способ позволяет давать не только качественную оценку психоэмоционального восприятия открытых пространств, но и выражать ее в количественном отношении, что дает возможность сравнивать степень влияния разных открытых пространств на человека. Даже одна конечная область открытого пространства

может оказывать разное влияние в зависимости от изменения геоморфологических условий, воспринимаемых наблюдателем (рис. 4).

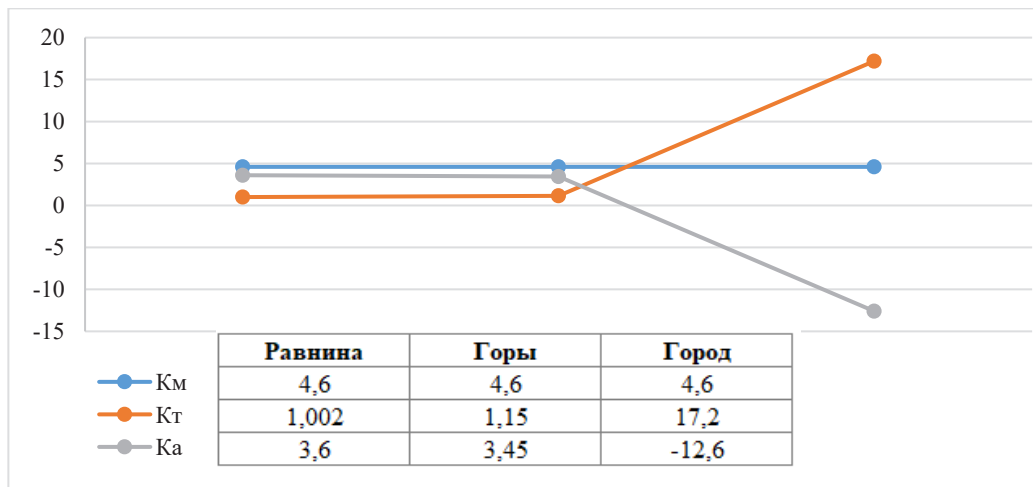


Рис. 3. Зависимость коэффициента аккомодации головного мозга от условий открытых пространств

Fig. 3. Properties of the brain coefficient accommodation in the different types of open space

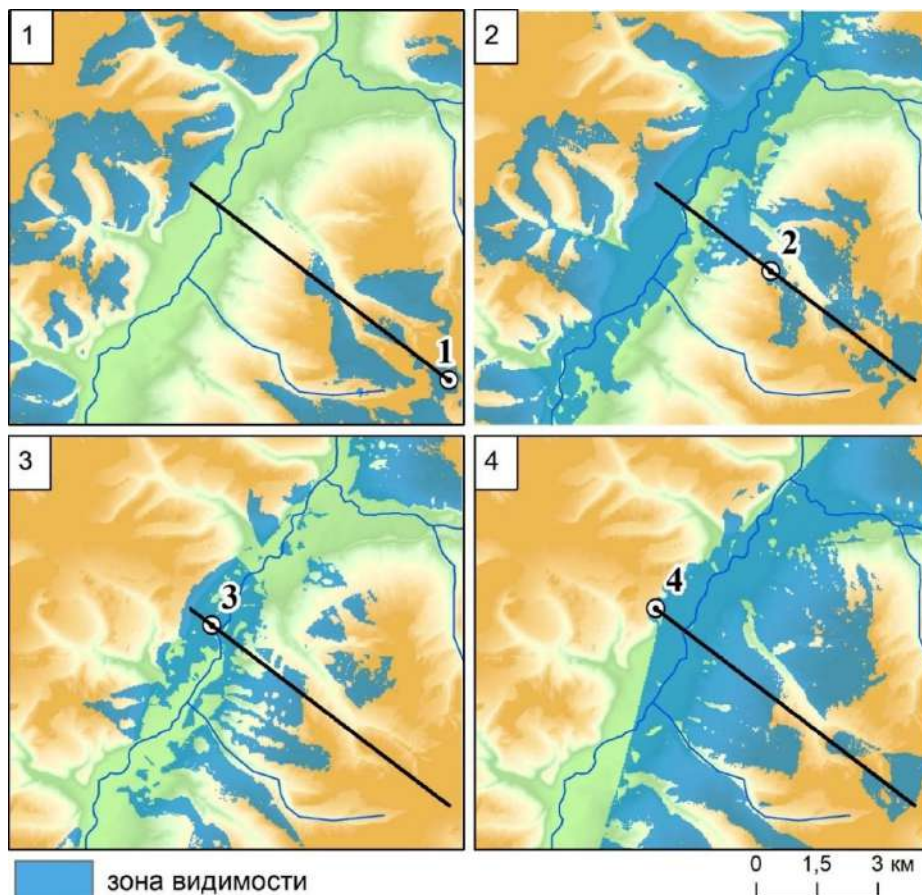


Рис. 4. Зоны видимости для точек наблюдения

Fig. 4. Visibility zones for observation points

При перемещении наблюдателя по маршруту анализируемое им пространство будет изменяться. В точке стояния № 1 на доминирующей высоте наблюдателю доступна небольшая территория, поскольку из-за глубокого вреза речной долины она остается вне зоны видимости. По мере приближения к бровке склона в точке № 2 наблюдателю открывается живописный вид на долину реки и крутую надпойменную террасу, а также частично на близлежащую балку. По мере спуска в долину зона видимости сокращается. В низшей точке № 3 у берега реки самый меньший обзор: он охватывает часть близлежащей поймы и прилегающие к ней склоны. С последней точки № 4, находящейся на крутом склоне у границы лесного массива, также открывается обширная территория речной долины и противоположного склона. Результаты пространственного анализа зон видимости представлены в таблице 2 и на рисунке 5.

Табл. 2. Пространственные характеристики зон видимости
Table 2. Spatial characteristics of visibility zones

Точка стояния	Абсолютная высота, м	Площадь световой поверхности S_t , га	Площадь проекции на плоскость $S_{тп}$, га	Коэффициент формы территории, K_t	Коэффициент аккомодации, K_a
1	230,35	2454,39	2449,62	1,0019	3,5981
2	184,96	3725,03	3715,65	1,0025	3,5975
3	120,86	1686,43	1681,56	1,0029	3,5971
4	165,72	3670,96	3667,23	1,0010	3,5990

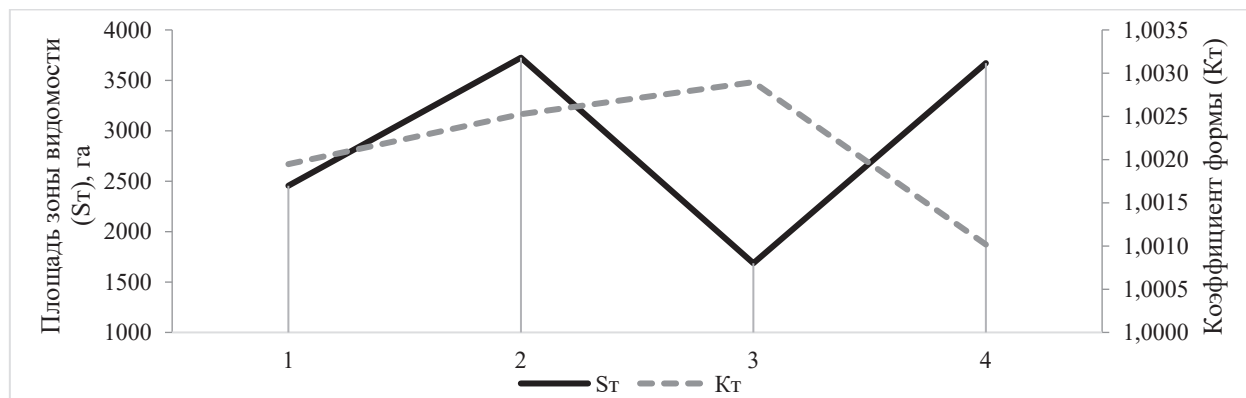


Рис. 5. Изменение параметров зон видимости по маршруту движения наблюдателя

Fig. 5. Changing the parameters of visibility zones along the observer's route

Коэффициент формы территории K_t изменяется не согласованно с площадью наблюдения по каждой точке. Это связано с уклоном рельефа местности: чем круче окружающий наблюдателя рельеф, тем большие значения будет принимать K_t . Для точки № 3 с самым низким площадным охватом характерно максимальное значение K_t , поскольку наблюдателя с двух сторон будут окружать крутые склоны долины. При одинаковых площадях зон видимости в точках № 2 и 4 их коэффициент формы будут отличаться. Это также объясняется геоморфологическими особенностями местности: левый склон речной долины, видимый с точки 4, имеет плавную, пологую форму, а правый склон — отвесный с большим перепадом высот.

ВЫВОДЫ

Использование конечных областей открытого пространства, для которых известен их коэффициент формы, открывает перспективы управления процессом воздействия на мозг конкретного пациента и тем самым позволяет достичь прогнозируемого воздействия на его психофизиологическое состояние. При этом демонстрируемые конечные области открытых пространств могут быть ареной психотерапевтического сюжета и/или непосредственно входить в его состав, тем самым повышая его эффективность.

Установлено, что коэффициент формы открытых пространств в естественных условиях принимает значения, близкие к 1, при которых человек будет чувствовать себя комфортно, даже в таких разных по рельефу участках, как равнина и горы. Нахождение в зоне плотной высотной застройки, оказывает более негативное влияние на психоэмоциональное состояние человека. В условиях естественного ландшафта качество влияния пространства на наблюдателя определяет не столько площадь зрительного охвата, сколько степень вертикальной расчлененности рельефа видимой территории. Причем при нахождении наблюдателя, например, на дне оврага, коэффициент формы территории будет выше коэффициента аккомодации и оказывать, скорее, негативное влияние. В пределах ограниченной области открытого пространства восприятие наблюдателя будет отличаться в зависимости от местоположения, направления взгляда, особенностей рельефа местности или этажности и плотности застройки. Чем разнообразнее рельеф территории, тем контрастнее будет отклик на состояние наблюдателя.

Дальнейшее изучение влияния различных открытых пространств на психофизиологическое состояние человека не может обойтись без средств геоинформационного моделирования. Перспективным видится направление создание виртуальных маршрутов по материалам съемок реальных территорий средствами дистанционного зондирования Земли.

БЛАГОДАРНОСТИ

Исследование выполнено при поддержке государственной программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

ACKNOWLEDGEMENTS

The study was carried out in accordance with the Strategic Academic Leadership Program “Priority-2030”.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Афтанас Л.И.* Эмоциональное пространство человека: психофизиологический анализ. Новосибирск: Изд-во Сибирского отделения РАН, 2000. 119 с.
- Викторов А.С., Кошкарев А.В., Лихачева Э.А.* Современные методы и технологии цифрового моделирования рельефа в науках о Земле. Геоморфология, 2016. № 4. С. 86–88. DOI: 10.15356/0435-4281-2016-4-86-88.
- Горбунова Т.Ю., Горбунов Р.В., Ключкина А.А.* Оценка пейзажно-эстетической ценности ландшафтов Юго-Восточного Крыма. Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. География. Геология, 2017. Т. 3 (69), № 3–2, 237–249.
- Дирин Д.А.* Пейзажно-эстетические ресурсы горных территорий: оценка, рациональное использование и охрана (на примере Усть-Коксинского района Республики Алтай). Барнаул: Азбука, 2005. 260 с.
- Доброхотова Т.А.* Нейропсихиатрия. М.: БИНОМ, 2006. 304 с.

Ежов В.В., Ежов А.В., Маньшиев С.Б., Маньшиева К.Б. Профессор Михаил Доброхотов — инициатор лечения неврозов на Южном берегу Крыма. Вестник физиотерапии и курортологии, 2020. Т. 26. № 4. С. 103–110. DOI: 10.37279/2413-0478-2020-26-4-103-110.

Колбовский Е.Ю. Эстетическая оценка ландшафтов: проблемы методологии. Ярославский педагогический вестник, 2011. Т. 3, № 4. С. 161–166.

Корчажинская В.И., Попова Л.Т. Мозг и пространственное восприятие (односторонняя пространственная агнозия). М.: Издательство Московского университета, 1977. 87 с.

Москвитина У.С. Способ макроэнцефалометрии полушарий большого мозга и мозжечка с учетом их аккомодации в закрытом окружающем человека пространстве. Патент на изобретение № RU 2692949 С1, 28.06.2019.

Москвитина У.С. Способ макроэнцефалометрии полушарий большого мозга человека. Патент на изобретение № RU 2668697 С1, 02.10.2018.

Москвитина У.С., Буряк Ж.А. Способ макроэнцефалометрии полушарий большого мозга с учетом их аккомодации в условиях конечной области открытого окружающего человека пространства. Патент на изобретение № RU 2725965 С1, 08.07.2020.

Нарожняя А.Г., Буряк Ж.А. Морфометрический анализ цифровых моделей рельефа Белгородской области разной степени генерализации. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки, 2016. № 25 (246). Вып. 37. С. 169–178.

Николаев В.А. Ландшафтоведение: эстетика и дизайн. М.: Аспект Пресс, 2005. 176 с.

Павлинов И.Я. Геометрическая морфометрия — новый аналитический подход к сравнению компьютерных образов. Информационные и телекоммуникационные ресурсы в зоологии и ботанике. СПб., 2001. С. 65–90.

Попов В.Н., Чекалин С.И. Геодезия. Учебник для ВУЗов. М.: Горная книга, 2007. 519 с.

Чурилова Э.А., Лопина Е.М. Опыт изучения эстетическо-потребительских параметров среды. Московский экономический журнал, 2021. № 6. С. 31. DOI: 10.24411/2413-046X-2021-10332.

Шарый П.А. Геоморфометрия в науках о Земле и экологии: обзор методов и приложений. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2006. Т. 8. № 2. С. 458–473.

Эрингис К.И., Будрюнас А.-П.А. Сущность и методика детального эколого-эстетического исследования пейзажей. Экология и эстетика ландшафта. Вильнюс: Минтис, 1975. С. 107–170.

Baghaei N., Chitale V., Hlasnik A., Stemmet L., Liang H.N., Porter R. Virtual reality for supporting the treatment of depression and anxiety: Scoping review. JMIR Ment Health, 2021. V. 8 (9). e29681. DOI: 10.2196/29681.

Bratman G.N., Anderson C.B., Berman M.G., Cochran B., de Vries S., Flanders J., Folke C., Frumkin H., Gross J.J., Hartig T., Kahn P.H.Jr., Kuo M., Lawler J.J., Levin P.S., Lindahl T., Meyer-Lindenberg A., Mitchell R., Ouyang Z., Roe J., Scarlett L., Smith J.R., van den Bosch M., Wheeler B.W., White M.P., Zheng H., Daily G.C. Nature and mental health: An ecosystem service perspective. Science Advances, 2019. V. 5 (7). eaax0903. DOI: 10.1126/sciadv.aax0903.

Climent G., Rodríguez C., García T., Areces D., Mejías M., Aierbe A., Moreno M., Cueto E., Castellá J., Feli González M. New virtual reality tool (Nesplora Aquarium) for assessing attention and working memory in adults: A normative study. Appl Neuropsychol Adult., 2021. V. 28 (4). P. 403–415. DOI: 10.1080/23279095.2019.1646745.

Gao T., Zhang T., Zhu L., Gao Y., Qiu L. Exploring psychophysiological restoration and individual preference in the different environments based on virtual reality. *Int J Environ Res Public Health*, 2019. V. 16 (17). 3102. DOI: 10.3390/ijerph16173102.

Hsieh C.H., Li D. Understanding how virtual reality forest experience promote physiological and psychological health for patients undergoing hemodialysis. *Front Psychiatry*, 2022. V. 13. 1007396. DOI: 10.3389/fpsy.2022.1007396.

Jo H., Song C., Miyazaki Y. Physiological benefits of viewing nature: A systematic review of indoor experiments. *Int. J. Environ Res Public Health*, 2019. V. 16 (23). 4739. DOI: 10.3390/ijerph16234739.

Kim B., Schwartz W., Catacora D., Vaughn-Cooke M. Virtual reality behavioral therapy. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2016. V. 60 (1). P. 356–360. DOI: 10.1177/1541931213601081.

Kim P.E., Zee C.S. Imaging of the cerebrum. *Neurosurgery*, 2007. V. 61 (suppl. 1). 123–46. DOI: 10.1227/01.neu.0000279316.03266.cd.

Mietchen D., Gaser Ch. Computational morphometry for detecting changes in brain structure due to development, aging, learning, disease and evolution. *Front Neuroinformatics*, 2009. V. 3. 25. DOI: 10.3389/neuro.11.025.2009.

Moskvitina U., Buryak Zh. A new approach to assessing the influence of the finite region shape of the surrounding open space on the human mental activity. *10th International Congress of Cognitive Psychotherapy. Abstract book. Rome: Erickson, 2021. P. 64.*

Reichert M., Braun U., Lautenbach S., Zipf A., Ebner-Priemer U., Tost H., Meyer-Lindenberg A. Studying the impact of built environments on human mental health in everyday life: Methodological developments, state-of-the-art and technological frontiers. *Current Opinion in Psychology*, 2019. V. 32. P. 158–164. DOI: 10.1016/j.copsyc.2019.08.026.

Thompson-Butel A.G., Shiner C.T., McGhee J., Bailey B.J., Bou-Haidar P., McCorriston M., Faux S.G. The role of personalized virtual reality in education for patients post stroke — A qualitative case series. *Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases*, 2018. V. 28(2). P. 450–457. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.10.018.

REFERENCES

Aftanas L.I. Human emotional space: Psychophysiological analysis. Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the RAS, 2000. 119 p. (in Russian).

Baghaei N., Chitale V., Hlasnik A., Stemmet L., Liang H.N., Porter R. Virtual reality for supporting the treatment of depression and anxiety: Scoping review. *JMIR Ment Health*, 2021. V. 8 (9). e29681. DOI: 10.2196/29681.

Bratman G.N., Anderson C.B., Berman M.G., Cochran B., de Vries S., Flanders J., Folke C., Frumkin H., Gross J.J., Hartig T., Kahn P.H.Jr., Kuo M., Lawler J.J., Levin P.S., Lindahl T., Meyer-Lindenberg A., Mitchell R., Ouyang Z., Roe J., Scarlett L., Smith J.R., van den Bosch M., Wheeler B.W., White M.P., Zheng H., Daily G.C. Nature and mental health: An ecosystem service perspective. *Science Advances*, 2019. V. 5 (7). eaax0903. DOI: 10.1126/sciadv.aax0903.

Churilova E.A., Lopina E.M. Hexperience in studying aesthetic and consumer parameters of the environmenta. *Moscow Economic Journal*, 2021. No. 6. P. 31 (in Russian). DOI: 10.24411/2413-046X-2021-10332.

Climent G., Rodríguez C., García T., Areces D., Mejías M., Aierbe A., Moreno M., Cueto E., Castellá J., Feli González M. New virtual reality tool (Nesplora Aquarium) for assessing attention

and working memory in adults: A normative study. *Appl Neuropsychol Adult.*, 2021. V. 28 (4). P. 403–415. DOI: 10.1080/23279095.2019.1646745.

Dirin D.A. Landscape and aesthetic resources of mountain observations: assessment, rational use and protection (on the territory of the Ust-Koksinsky district of the Altai Republic). Barnaul: Azbuka, 2005. 260 p. (in Russian).

Dobrokhotova T.A. Neuropsychiatry. Moscow: BINOM, 2006. 304 p. (in Russian).

Eringis K.I., Budryunas A.-R.A. Essence and methodology of detailed ecological and aesthetic research of landscapes. *Ecology and Aesthetics of Landscape.* Vilnius: Mintis, 1975. P. 107–170 (in Russian).

Ezhov V.V., Ezhov A.V., Manyshev S.B., Manysheva K.B. Professor Mikhail Dobrokhotov as a neurosis treatment inventor on the South Coast of Crimea. *Herald of Physiotherapy and Health Resort Therapy*, 2020. V. 26. No. 4. P. 103–110 (in Russian). DOI: 10.37279/2413-0478-2020-26-4-103-110.

Gao T., Zhang T., Zhu L., Gao Y., Qiu L. Exploring psychophysiological restoration and individual preference in the different environments based on virtual reality. *Int. J. Environ Res Public Health*, 2019. V. 16(17). 3102. DOI: 10.3390/ijerph16173102.

Gorbunova T.Yu., Gorbunov R.V., Klyuchkina A.A. The aesthetic landscape value of the South-Eastern Crimea. *Scientific Notes of the V.I. Vernadsky Crimean Federal University. Geography. Geology*, 2017. V. 3(69). No. 3–2. P. 237–249 (in Russian).

Hsieh C.H., Li D. Understanding how virtual reality forest experience promote physiological and psychological health for patients undergoing hemodialysis. *Front Psychiatry*, 2022. V. 13. 1007396. DOI: 10.3389/fpsy.2022.1007396.

Jo H., Song C., Miyazaki Y. Physiological benefits of viewing nature: A systematic review of indoor experiments. *Int. J. Environ Res Public Health*, 2019. V. 16 (23). 4739. DOI: 10.3390/ijerph16234739.

Kim B., Schwartz W., Catacora D., Vaughn-Cooke M. Virtual reality behavioral therapy. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 2016. V. 60 (1). P. 356–360. DOI: 10.1177/1541931213601081.

Kim P.E., Zee C.S. Imaging of the cerebrum. *Neurosurgery*, 2007. V. 61(suppl_1). 123–46. DOI: 10.1227/01.neu.0000279316.03266.cd.

Kolbovsky E.Ju. Aesthetic estimation of landscapes: problems of methodology. *Yaroslavl Pedagogical Bulletin*, 2011. V. 3. No. 4. P. 161–166 (in Russian).

Korchazhinskaya V.I., Popova L.T. The brain and spatial perception (unilateral spatial agnosia). Moscow: Publishing House of MSU, 1977. 87 p. (in Russian).

Mietchen D., Gaser Ch. Computational morphometry for detecting changes in brain structure due to development, aging, learning, disease and evolution. *Front Neuroinformatics*, 2009. V. 3. 25. DOI: 10.3389/neuro.11.025.2009.

Moskvitina U., Buryak Zh. A new approach to assessing the influence of the finite region shape of the surrounding open space on the human mental activity. 10th International Congress of Cognitive Psychotherapy. Abstract book. Rome: Erickson, 2021. P. 64.

Moskvitina U.S. Method of macroencephalometry of cerebral hemispheres and cerebellum taking into account their accommodation in a closed space surrounding a person. Invention Patent RU 2692949 C1, 28.06.2019 (in Russian).

Moskvitina U.S. Method of macroencephalometry of human brain hemi sphere. Invention Patent RU 2668697 C1, 02.10.2018 (in Russian).

- Moskvitina U.S., Buryak Zh.A.* Method of macroencephalometry of cerebral hemispheres and cerebellum taking into account their accommodation in a closed space surrounding a person. Invention Patent RU 2725965 C1, 08.07.2020 (in Russian).
- Narozhnyaya A.G., Buryak Zh.A.* Morphometric analysis of digital elevation models of the Belgorod Region at different degrees of generalization. Belgorod State University Scientific Bulletin. Natural Sciences Series, 2016. No. 25(246). V. 37. P. 169–178 (in Russian).
- Nikolaev V.A.* Landscape science: aesthetics and design. Moscow: Aspect Press, 2005. 176 p.
- Pavlinov I.Ya.* Geometric morphometry — a new analytical approach to the comparison of computer images. Information Technology in Biodiversity Research. St. Petersburg, 2001. P. 65–90 (in Russian).
- Popov V.N., Chekalin S.I.* Geodesy. Textbook for Universities. Moscow: Mining Book, 2007. 519 p. (in Russian).
- Reichert M., Braun U., Lautenbach S., Zipf A., Ebner-Priemer U., Tost H., Meyer-Lindenberg A.* Studying the impact of built environments on human mental health in everyday life: Methodological developments, state-of-the-art and technological frontiers. Current Opinion in Psychology, 2019. V. 32. P. 158–164. DOI: 10.1016/j.copsy.2019.08.026. PMID: 31610407.
- Shary P.A.* Geomorphometry in Earth sciences and ecology, an overview of methods and applications. Izvestia of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, 2006. V. 8. No. 2. P. 458–473 (in Russian).
- Thompson-Butel A.G., Shiner C.T., McGhee J., Bailey B.J., Bou-Haidar P., McCorriston M., Faux S.G.* The role of personalized virtual reality in education for patients post stroke — A qualitative case series. Journal of Stroke and Cerebrovascular Diseases, 2018. V. 28(2). P. 450–457. DOI: 10.1016/j.jstrokecerebrovasdis.2018.10.018.
- Victorov A.S., Koshkarev A.V., Likhacheva E.A.* Modern methods and technologies in digital elevation modeling in Earth sciences. Geomorfologiya, 2016. No. 4. P. 86–88 (in Russian). DOI: 10.15356/0435-4281-2016-4-86-88.
-