

ИССЛЕДОВАНИЯ В БАССЕЙНЕ БАЙКАЛА

УДК 911.9:004.94

DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2020-1(77-82)

В.А. КАЛЮЖИН*, Б.Т. МАЗУРОВ*, В.И. ОБИДЕНКО*, В.В. ЧЕРНИКОВ**

*Сибирский государственный университет геосистем и технологий,
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10, Россия,
kaluzhin@mail.ru, btmazurov@mail.ru, ovi62@yandex.ru

**Красноярское краевое отделение ВОО «Русское географическое общество»,
660125, Красноярск, ул. Урванцева, д. 25, пом. 1, Россия, chernikov-rgo@mail.ru

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ОЗЕРА БАЙКАЛ

Выявлено экономическое значение историко-культурного потенциала, в том числе закрепленных на местности географических центров регионов. Рассмотрены достоинства и недостатки способов определения географических центров территорий. Определена их взаимосвязь с геоинформационными системами. Выявлено, что программное обеспечение этих систем обладает функционалом автоматического вычисления геометрического центра (центроида) полигонального объекта. Сделано предположение, что центроид можно применить в качестве географического центра территорий. Выбрана акватория оз. Байкал как объект для исследования программного обеспечения геоинформационных систем. Выполнены сбор и систематизация цифровых топографических карт м-ба 1:100 000 на территорию оз. Байкал. Составлена картограмма использованных в эксперименте цифровых материалов. Предложен критерий оценки качества программного обеспечения геоинформационных систем. Рассчитаны центроиды акватории оз. Байкал в нескольких широко применяемых коммерческих программах геоинформационных систем и в программном комплексе одного из авторов работы. Составлена схема расположения центроидов озера. На основе анализа расположения центроидов акватории оз. Байкал и оценок критерия качества дана оценка возможности применения коммерческого программного обеспечения геоинформационных систем для определения географического центра территорий. Предложены координаты географического центра оз. Байкал, которые определены авторами статьи.

Ключевые слова: туризм, историко-культурный потенциал, способы определения географического центра, геоинформационные системы, центроид, критерий качества.

V.A. KALYUZHIN*, B.T. MAZUROV*, V.I. OBIDENKO*, V.V. CHERNIKOV**

*Siberian State University of Geosystems and Technologies,
630108, Novosibirsk, ul. Plakhotnogo, 10, Russia,
kaluzhin@mail.ru, btmazurov@mail.ru, ovi62@yandex.ru

**Krasnoyarsk Krai Division of VOO Russian Geographical Society,
660125, Krasnoyarsk, ul. Urvantseva, d. 5, pom. 1, Russia, chernikov-rgo@mail.ru

GEOGRAPHICAL CENTER OF LAKE BAIKAL

The economic significance of the historical and cultural potential, including the field-established geographical centers of the regions, is revealed. The advantages and disadvantages of the methods of determining the geographical centers of territories are considered. Their relationship with geoinformation systems is determined. It is found that the software of these systems has the functionality of automatically calculating the geometric center (centroid) of a polygonal object. It is suggested that the centroid can be used as the geographical center of the territories. The water area of Lake Baikal is used as the object for the study of software for geoinformation systems. We collected and systematized the digital topographic maps at a scale of 1:100 000 for the territory of Lake Baikal. A cartogram of digital material used in the experiment is compiled. The criterion is suggested for assessing the quality of software for geoinformation systems. We calculated the centroids of Lake Baikal (in some widely used commercial software for geoinformation systems and in the software package of one of this article's authors). The layout scheme

of the lake centroids is developed. Based on analyzing the location of the centroids of the water area of Lake Baikal and on assessing the quality criteria, an assessment is made of the possibility of using the commercial software for geoinformation systems in order to determine the geographical center of territories. The coordinates of the geographical center of Lake Baikal are suggested, which have been determined by authors.

Key words: tourism, historical and cultural potential, ways of determining the geographical center, geoinformation systems, centroid, quality criteria.

ВВЕДЕНИЕ

Туризм представляет собой одну из крупнейших в мире сфер деятельности по оказанию услуг. На зону туризма приходится около 10 % мировых инвестиций и 3,8 % от мирового валового внутреннего продукта (ВВП). Предполагают, что суммарный вклад международного туризма в ВВП ежегодно будет расти в среднем на 4 %. Согласно разработанной Всемирной туристической организацией Концепции развития туризма до 2020 г., прибытие международных туристов превысило 1 млрд чел. в 2010 г. и составит 1,5 млрд чел. к 2020 г. [1].

В России развитие внутреннего и въездного туризма в регионах — это приоритетное направление в экономике и важная государственная задача [2]. За последнее время разработаны федеральный закон [3] и ряд подзаконных актов [4–8], цель которых — создание условий для устойчивого экономического роста субъектов РФ и страны в целом.

Развитие регионального рынка туристических услуг зависит, в первую очередь, от туристско-рекреационных ресурсов субъекта федерации: природных, социально-экономических и историко-культурных [1, 2, 9]. Территория каждого региона, рассматриваемая как объект для предложения туристических услуг, имеет свои уникальные метрические и морфометрические характеристики: границу, площадь, среднюю высоту над уровнем моря, географический центр. Закрепление на местности географического центра региона имеет общественный, политический, культурный, познавательный и практический смыслы. Географический центр — это своеобразный символ целостности и стабильности границ территории, он служит для ее идентификации. Наличие закрепленного на местности географического центра повышает привлекательность региона с позиции туристско-рекреационного использования [10].

Для определения географического центра территории существует ряд способов [10–17], в которых традиционно используются аналоговые технологии измерений по бумажным картам. Однако эти методы имеют существенные недостатки, вызванные погрешностями и проекционными искажениями карт, сдвигом красок при печати и деформацией бумаги, несовершенством картометрических инструментов, трудоемкостью измерений, ручной обработкой результатов и их фиксацией в бумажном виде, из-за чего страдали точность и качество вычислений, сопровождаемые техническими ошибками и погрешностями. Между тем в последние десятилетия разработан ряд современных информационных систем, позволяющих повысить точность измерений и ускорить вычисления в несколько раз. В связи с этим они стали активно применяться в геодезии и картографии: появились такие понятия, как цифровые модели местности, электронные карты и атласы. В свою очередь это привело к созданию и развитию географических информационных систем анализа картографических изображений, разработке динамических 3D моделей географического пространства. В Российской Федерации наиболее широкое распространение получило коммерческое программное обеспечение геоинформационных систем (ПО ГИС) производства США MapInfo Professional (MapInfo), GeoMedia Professional (GeoMedia), ArcGIS, а также ГИС «Карта 2011» (ГИС «Карта») — программный продукт ЗАО Конструкторское бюро «Панорама» (Россия) [18].

Без применения ПО ГИС сегодня уже трудно представить картографирование ландшафтов, гео-маркетинговые исследования, кадастровые и градостроительные карты, учет сельхозугодий, планирование поселений, проведение геологических изысканий, экологический анализ, мониторинг земель, навигацию и разработку туристских маршрутов. ПО ГИС имеют также и функционал автоматического вычисления геометрического центра (центроида) для объектов полигонального (площадного) типа, который можно использовать при определении координат географического центра территории. Но эта возможность изучена недостаточно, что обусловило проведение данного исследования.

В качестве объекта исследования принято оз. Байкал — уникальный объект Всемирного природного наследия, наиболее древнее и самое глубокое рифтовое озеро на планете, крупнейший по объему естественный резервуар пресной воды. Расположенное в центре Евразийского континента на ис-

торически сложившихся торговых и транспортных путях, оз. Байкал по своему трансграничному положению, природному, ресурсному, экономическому, этнокультурному и туристско-рекреационному потенциалу представляет собой важный стратегический объект на востоке России. При этом определение географического центра оз. Байкал ранее никогда не производилось, что стало основной предпосылкой для данного исследования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

При выполнении исследований по определению метрических характеристик территорий следует использовать наиболее качественный и актуальный картографический материал, с достаточной степенью подробности отображающий особенности формы этой территории. В общем случае предпочтительно использовать для подобных проектов государственные цифровые топографические карты (ЦТК), созданные в настоящее время на всю территорию Российской Федерации в м-бах 1:100 000 и 1:50 000 [19, 20]. Достоинство этих карт — достаточная точность и актуальность топографической информации для анализа больших территорий страны. Кроме того, использование государственных ЦТК для проведения исследований позволяет сохранить чистоту эксперимента и исключить влияние фактора качества используемого картографического материала на получаемые результаты. Такой эксперимент может быть полностью воспроизведен независимым исследователем, поскольку полученное им на основании государственных ЦТК метрическое описание объекта исследований с необходимой точностью (по количеству поворотных точек границ, их координат, площади и периметра объекта) будет идентично метрике объекта, использованной в исследованиях.

Для определения геометрического центра оз. Байкал использованы 56 номенклатурных листов (НЛ) ЦТК м-ба 1:100 000, обновленных в период 2008–2011 гг. (рис. 1). Для получения единого площадного объекта фрагменты границы озера, попадающие на отдельные НЛ ЦТК м-ба 1:100 000, были объединены. Затем из этого площадного объекта исключили все острова и соры [21], и за границу оз. Байкал была принята береговая линия с отметкой 455,9 м.

В конечном виде метрическое описание единого площадного объекта, соответствующего акватории озера, подготовлено в системе геодезических координат СК-95 в форматах вышеуказанных ПО ГИС. Геометрические характеристики территории имеют следующие значения: площадь — 32 535 км², периметр — 2206,8 км.

Контур береговой границы оз. Байкал обладает следующими характеристиками детальности метрического описания: количество сегментов границ — 36 590, минимальная длина сегмента границы — 4,96 м, максимальная — 563,86 м, средняя — 60,32 м.

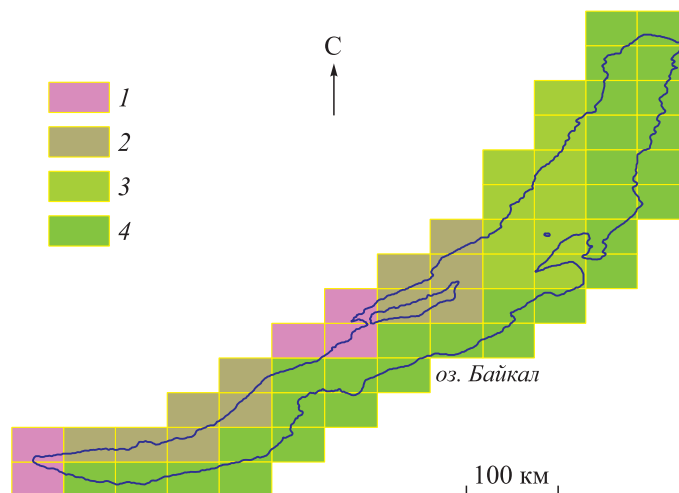
Для оценки возможности вычисления центра тяжести полигонального объекта, определенного с помощью ПО ГИС в качестве географического центра территории, в исследовании предлагается критерий, который опирается на известный вычислительный прием «метод наименьших квадратов» А.М. Лежандра, К.Ф. Гаусса и Р.А. Эдрейна [22]. Этот метод применяют в обработке результатов измерений, математической статистике, технологиях спутникового позиционирования и при определении географического центра территорий регионов и государств [13–15].

Критерий оценки качества определения координат географического центра выглядит как минимум суммы квадратов расстояний S от центра тяжести объекта, метрически описывающего в ПО ГИС данную территорию, до каждой поворотной точки ее границы, вычисляемой по формуле:

$$[S^2] = \min. \quad (1)$$

Рис. 1. Используемые в эксперименте ЦТК м-ба 1:100 000, покрывающие озеро Байкал.

Годы: 1 — 2008, 2 — 2009, 3 — 2010, 4 — 2011.



РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Первым способом определения географического центра территории как ее центроида был выбран простой по реализации и теоретически обоснованный прием: среднее арифметическое из координат всех поворотных точек ее границы [11, 16, 17]. Вычисление среднего арифметического из координат при этом выполнено по массиву координат вершин границы озера, извлеченных из метрики объекта.

При вычислении координат центроида территории Байкала в ПО ГИС: MapInfo, GeoMedia, ArcGIS, ГИС «Карта» использовался стандартный инструментарий для определения центроида полигонального объекта.

В исследование также было включено многофункциональное ПО GeoOreg, специально разработанное В.И. Обиденко в 2012 г. для высокоточного определения геометрических характеристик больших по площади территорий на поверхности эллипсоида, использовавшееся для определения метрических параметров территории Российской Федерации и ее регионов [20, 23]. Программный модуль этого ПО позволяет автоматически оценивать качество векторизации контура объекта: насколько равномерно (с одинаковой детальностью) произведено метрическое описание границ.

Результаты определения координат центроида и вычисления суммы квадратов расстояний от него до всех вершин контура озера приведены в таблице.

По результатам исследования определено, что вычисленные географические центры Байкала (см. таблицу) в выше рассмотренных ПО ГИС располагаются в пределах 120 км от такового в GeoOreg (рис. 2).

Центроиды озера, полученные как среднее арифметическое из координат вершин границ территории и в ПО GeoOreg, располагаются на о. Ольхон (см. рис. 2) в 2,6 км восточнее дер. Харанцы и в 2 км от западного берега острова на территории Островного лесничества Прибайкальского национального парка ФГБУ «Заповедное Прибайкалье». Расстояние на эллипсоиде между центроидами, определенными этими способами, составляет 7,3 м. Значение критерия (1) для программы GeoOreg принимает минимальное значение из всех полученных в исследовании вариантов (см. таблицу).

Центроид, определенный в MapInfo, находится у береговой линии Баргузинского залива, в 118,9 км к северо-востоку от среднего арифметического варианта. Значение критерия (1) для центроида, определенного в MapInfo, на 49,7 % больше, чем показатель, полученный в программе GeoOreg (см. таблицу).

Центроид, выявленный в GeoMedia, располагается вне водной поверхности оз. Байкал, в 69 км западнее о. Ольхон (см. рис. 2). Значение критерия (1) в этом случае на 14,8 % больше, чем полученное в программе GeoOreg (см. таблицу).

Центроид, определенный в ArcGIS, расположен примерно посередине пролива Малое Море (см. рис. 2), в 7,2 км к западу от западного берега о. Ольхон и в 18,8 км на северо-восток от варианта, вычисленного как среднее арифметическое. Значение критерия (1) для положения центроида в данном варианте на 1,2 % больше полученного в программе GeoOreg (см. таблицу).

Центроид, установленный с помощью ПО ГИС «Карта», находится напротив п-ова Святой Нос, в 63 км на северо-восток от среднего арифметического варианта (см. рис. 2). Значение критерия (1) на 13,9 % больше полученного в программе GeoOreg (см. таблицу).

Ведомость координат центроидов оз. Байкал и значений критерия оценки качества результатов

Название ПО ГИС/способа	Широта (с. ш.)	Долгота (в. д.)	Критерий оценки качества вычислений (S^2), км ²
Среднее арифметическое	53°13'5,5"	107°27'27,7"	1 077 590 047,3
GeoOreg	53°13'5,3"	107°27'27,5"	1 077 589 557,0
MapInfo	53°37'2,9"	109°7'22,3"	1 612 819 263,8
GeoMedia	53°37'3,1"	106°39'42,8"	1 236 957 419,6
ArcGIS	53°22'14,8"	107°34'51,2"	1 090 651 617,6
ГИС «Карта»	53°37'0,2"	108°7'51,8"	1 227 419 350,0

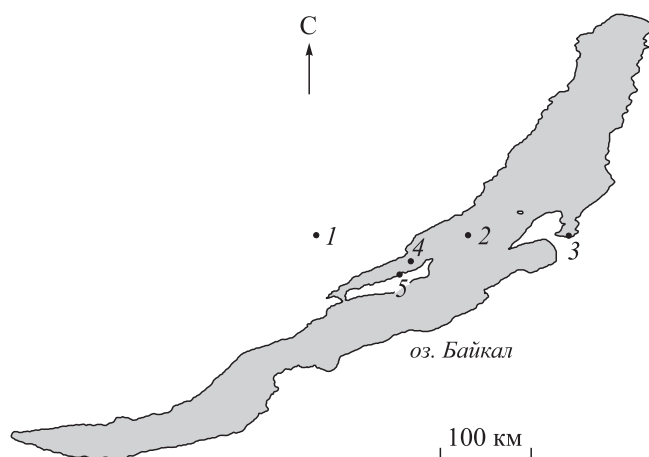


Рис. 2. Схема расположения географических центров оз. Байкал.

Географические центры оз. Байкал, полученные в ПО ГИС: 1 — GeoMedia, 2 — ГИС «Карта», 3 — MapInfo, 4 — ArcGIS, 5 — GeoOreg.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования по определению положения географического центра оз. Байкал, выполненные способом среднего арифметического и в пяти программных продуктах ГИС, показали, что наилучшим образом соответствует заданному критерию (1) решение, полученное с помощью ПО GeoOper.

Варианты положения центра озера Байкал, полученные с использованием MapInfo, GeoMedia, ArcGIS и ГИС «Карта», по критерию (1) отличаются от ПО GeoOper на 1,2–49,7 %.

Таким образом, расчет центроида полигонального объекта в форме рассмотренных ПО ГИС, как выяснилось, не всегда можно использовать для определения географического центра территории. Причиной этого являются реализованные подходы в ПО ГИС, которые эффективны только для территорий с формой, близкой к правильным геометрическим фигурам.

Предлагается в качестве географического центра оз. Байкал принять точку с координатами $53^{\circ}13'5,3''$ с. ш., $107^{\circ}27'27,5''$ в. д., а после ее закрепления на местности можно ожидать повышение как интереса, так и туристско-рекреационного потенциала о. Ольхон и оз. Байкала в целом.

Кроме этого, полученные координаты географического центра озера в ГИС «Карта» и ArcGIS можно использовать в качестве точек специального туристического маршрута.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Севастьянова С.А.** Региональное планирование развития туризма и гостиничного хозяйства: Учебное пособие. — М.: КНОРУС, 2007. — 256 с.
2. **Ушакова Е.О.** Методологические основы оценки ресурсов развития туризма региона. — Новосибирск: Изд-во СГТА, 2014. — 194 с.
3. **Федеральный закон** от 24.11.1996 г. № 132-ФЗ «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» (с измен. и доп., вступ. в силу с 01.01.2018) [Электронный ресурс]. — http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_12462/ (дата обращения 27.09.2018).
4. **Постановление** Правительства Российской Федерации от 02.08.2011 г. № 644 (ред. от 07.02.2018 г.) «О федеральной целевой программе “Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2011–2018 годы)”» [Электронный ресурс]. — http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_118424/ (дата обращения 27.09.2018).
5. **Распоряжение** Правительства Российской Федерации от 27.12.2012 г. № 2567-р «Об утверждении государственной программы Российской Федерации “Развитие культуры и туризма” на 2013–2020 годы» [Электронный ресурс]. — <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?base=LAW;n=140136;req=doc#006020730100700744> (дата обращения 27.09.2018).
6. **Постановление** Правительства Российской Федерации от 15.04.2014 г. № 317 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации “Развитие культуры и туризма”» [Электронный ресурс]. — http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_162185/ (дата обращения 27.09.2018).
7. **Постановление** Правительства Российской Федерации от 09.08.2014 г. № 788 «Об утверждении плана реализации в 2014 году и в плановый период 2015 и 2016 годов государственной программы Российской Федерации “Развитие культуры и туризма” на 2013–2020 годы» [Электронный ресурс]. — http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_167293/ дата обращения 27.09.2018).
8. **Приказ** Министерства культуры Российской Федерации от 01.09.2014 г. № 1497 «Об утверждении детального плана-графика реализации государственной программы Российской Федерации “Развитие культуры и туризма” на 2014 год и плановый период 2015–2016 годов» [Электронный ресурс]. — <http://base.garant.ru/70737350/> (дата обращения 27.09.2018).
9. **Кусков А.С.** Туристское ресурсосведение: Учебное пособие. — М.: Академия, 2008. — 208 с.
10. **Вашенко Б.О., Попело А.В., Попело В.Д., Русинов П.С.** Патент G01C11, G09B29 Способ определения геометрического центра участка территории и/или населенного пункта. — 2005 [Электронный ресурс]. — <https://findpatent.ru/patent/255/2256152.html> (дата обращения 04.04.2018).
11. **Калюжина Л.Н., Калюжин В.А., Сачкова А.Н.** Сопоставление способов определения географического центра территории // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка — 2015. — № 5. — С. 34–38.
12. **Менделеев Д.И.** Познание России. Заветные мысли. — М.: Эксмо, 2008. — 688 с.
13. **Джаман В.О., Заячук М.Д., Заячук О.Г.** Определение географического центра территории и оценка транспортно-географического положения административных центров Черновицкой области [Электронный ресурс]. — <http://collectedpapers.com.ua/ru/herald/527/viznachennya-geografichnogocentru-teritoriyi-ta-ocinka-transportno-geografichnogo-polozhennya-administrativnix-centriv-cherniveckoyi-oblasti-dzhaman-v-o-zayachuk-m-d-zayachuk-o-g> (дата обращения: 12.03.2018).
14. **Rogerson P.** Where's your county seat? A modern mathematical method for calculating centers of geography [Электронный ресурс]. — <http://theconversation.com/wheres-your-county-seat-a-modern-mathematical-method-for-calculating-centers-of-geography-71060> (дата обращения: 12.03.2018).

15. **Daley J.** New Calculations Reposition the Geographical Center of North America [Электронный ресурс]. — <https://www.smithsonianmag.com/smart-news/new-calculations-reposition-geographical-center-north-america-1-180961932/> (дата обращения: 12.03.2018).
16. **Яблонский А.А., Никифоров В.М.** Курс теоретической механики. Учебник для техн. вузов. 8-е изд. — СПб.: Лань, 2001. — 768 с.
17. **Способы** определения координат центра тяжести твердых тел [Электронный ресурс]. — <http://www.isopromat.ru/teormeh/kratkaja-teoria/opredelenie-koordinat-centra-tyazhesti> (дата обращения: 05.02.2018).
18. **Обиденко В.И., Оприцова О.А.** Об определении метрических параметров больших по площади территорий средствами программного обеспечения геоинформационных систем // Геодезия и картография. — 2016. — № 3. — С. 44–52.
19. **Обиденко В.И.** Определение пространства Российского государства — исторические, технологические и политические аспекты // Геодезия и картография. — 2015. — № 5. — С. 41–49.
20. **Обиденко В.И.** Методологические подходы и алгоритмы определения метрических параметров территории Российской Федерации на земном сфероиде с использованием геоинформационных технологий // Геодезия и картография. — 2012. — № 4. — С. 39–45.
21. **Беркин Н.С.** Байкаловедение: Учебное пособие. — Иркутск: Изд-во Ирк. ун-та, 2009. — 291 с.
22. **Мазуров Б.Т., Падве В.А.** Метод наименьших квадратов (статика, динамика, модели с уточняемой структурой) // Вестн. Сиб. ун-та геосистем и технологий. — 2017. — Т. 22, № 2. — С. 22–33.
23. **Обиденко В.И.** Разработка и исследование специализированной программы для определения метрических параметров территории Российской Федерации // Вестн. СГТА. — 2012. — № 3 (19). — С. 18– 29.

Поступила в редакцию 07.06.2018

После доработки 12.12.2018

Принята к публикации 19.09.2019