



Санкт-Петербургский
государственный
университет



Институт
Наук
о Земле



Профсоюзная
организация
студентов и
аспирантов
СПбГУ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

УЧАСТНИКОВ

ХІХ БОЛЬШОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ФЕСТИВАЛЯ

ПОСВЯЩЁННОГО 220-ЛЕТИЮ СО ДНЯ НАЧАЛА ПЕРВОЙ РУССКОЙ
КРУГОСВЕТНОЙ ЭКСПЕДИЦИИ ПОД РУКОВОДСТВОМ
И.Ф. КРУЗЕНШТЕРНА И Ю.Ф. ЛИСЯНСКОГО (1803-1806 ГГ.)

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2023

УДК 91(082)
ББК 26.8я43
С 23

Под редакцией: к.г.н. Банцев Д.В.; Волков И.В.; Воронцова Е.А.; к.г.н. Глебова А.Б.; Зиновьев А.С.; Костромина Н.А.; Лисенков С.А.; к.г.н. Морачевская К.А.; Осташов А.А.; Позднякова Н.А.; к.г.н. Рубченя А.В.; к.г.н. Сидорина И.Е.; к.э.н. Тестина Я.С.; Чежина Е.П.; Четверова А.А.; Юхно А.В.

Отв. Редактор: Краснов А.И.

Компьютерная верстка: Акулов Д.А.; Алексейкова А.С.; Беркутова А.Д.; Горлышева С.А.; Куклина П.П.; Лобанова Л.С.; Логвинов И.А.; Лутовинова Д.Д.; Пономарева Е.В.; Тренева М.Г.

Оригинал-макет: Логвинов И.А.

Сборник материалов участников XIX Большого географического фестиваля, посвящённого 220-летию со дня начала первой русской кругосветной экспедиции под руководством И. Ф. Крузенштерна и Ю. Ф. Лисянского (1803-1806 гг.). — Санкт-Петербург: Свое издательство, 2023. — 1252 с. [Электронное издание].

ISBN 978-5-4386-2282-6

В международном Большом географическом фестивале 2023 приняли участие студенты, аспиранты и молодые учёные из 54 городов России и зарубежных стран.

В работах участников рассматриваются проблемы естественной и общественной географии, геоэкологии, гидрометеорологии, картографии и ГИС; вопросы практического применения географических наук для решения актуальных проблем современного мира и способы применения в научной работе современных методов исследования.

УДК 91(082) ББК 26.8я43

© Авторы статей, 2023



Сборник материалов
УЧАСТНИКОВ
XIX БОЛЬШОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО
ФЕСТИВАЛЯ



Посвящённого 220-летию со дня начала первой
русской кругосветной экспедиции под
руководством И. Ф. Крузенштерна и Ю.Ф.
Лисянского (1803-1806 гг.)

[3] Крылов С.А., Загребин Г.И. Разработка методики использования картографической базы данных для тематического картографирования. Прил. к журналу Известия вузов. «Геодезия и аэрофотосъемка». Сб. статей по итогам науч.-техн. конф. 2014. №7 (1). С. 101.

[4] Логинова Н.Н., Семина И.А., Фоломейкина Л.Н. Социальная модель оптимизации качества городской среды // Государственная служба России. 2019. Т. 21. №3 (119). С. 107.

[5] Официальный сайт Департамента образования и науки города Москвы [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.mos.ru/donm/> (дата обращения: 22.02.2023)

УДК 528.931.2

ПРОБЛЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ДЛИН ИЗВИЛИСТЫХ ЛИНИЙ В ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ НА ПРИМЕРЕ РЕКИ СЕВЕРНАЯ ДВИНА

MEASURING THE LENGTHS OF CURVED LINES IN GIS: A CASE OF THE NORTHERN DVINA RIVER

*Игнатенко Дарья Алексеевна¹, Кочетова Алиса Валерьевна²
Ignatenko Daria Alexeevna¹, Kochetova Alisa Valerievna²
г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский государственный университет^{1,2}
Saint-Petersburg, Saint Petersburg State University^{1,2}
st110672@student.spbu.ru¹, st110592@student.spbu.ru²*

*Научный руководитель: к.г.н. Сидорина Инесса Евгеньевна
Research advisor: PhD Sidorina Inessa Evgenievna*

Аннотация: Повышение требований к точности определения основных гидрографических характеристик обуславливает необходимость использования и совершенствования картометрических методов в геоинформационных системах. В данной статье на примере р. Северная Двина была рассмотрена проблема определения длин извилистых линий. Река была векторизована линейными объектам различных типов, затем были проанализированы расхождения в значениях длин на плоскости и на сфероиде. Авторы полагают, что для картометрических измерений длин извилистых линий, представленных в векторном формате, на плоскости подходят несколько рассмотренных типов линий. А на поверхности эллипсоида выбор является затруднительным.

Abstract: Increasing requirements for the accuracy of determining the main hydrographic characteristics cause the need to use and improve cartometric methods in geographic information systems. In this article the problem of determining the lengths of meandering lines was considered in a case-study of Northern Dvina River. The river was vectorized by linear objects of various types, then the discrepancies in the values of the planar and geodesic lengths were analyzed. Authors suppose that several types of lines considered are suitable for measuring planar lengths of meandering lines on maps in vector format. And on the surface of an ellipsoid (geodesic lengths), the choice is difficult.

Ключевые слова: картометрия, геоинформационные системы, гидрография, измерения длин извилистых линий

Key words: cartometry, GIS, hydrography, curved line lengths measurements

В современных источниках данные о длине р. Северная Двина расходятся. Наиболее часто встречающееся значение, в том числе указанное в справочнике «Реки и озера Советского Союза» (1971 г.) и в статье Магрицкого Д.В. для Большой Российской Энциклопедии, составляет 744 км [4, 10]. Длина в справочнике указана по судовому ходу, обозначенному на

лоцманской карте, однако о достоверности данного значения тяжело говорить однозначно по нескольким причинам:

1. Отсутствие сведений о методе измерения длины реки;
2. Отсутствие описания маршрута, конкретных рукавов реки, по которым проводилось измерение.

Основной проблемой в измерениях выступает устьевой участок Северной Двины, а именно – многорукавная дельта. Д.В. Магрицкий и Е.Н. Скрипник приводят некоторые справочные данные о длинах основных рукавов: Никольский – 40 км, Мурманский – 30 км, Корабельный – 35 км, Кузнечиха – 25 км. Длина дельты оценивается в 45 км [7].

3. В некоторых источниках отдельно выделяют р. Малую Северную Двину длиной 74 км, которая образуется слиянием р. Сухона и р. Юг у г. Великий Устюг, тогда как сама Северная Двина по таким данным начинается со слияния р. Малая Северная Двина с р. Вычегда у г. Котлас [9]. Это также может также привести к разночтениям в подсчетах длины Северной Двины.

В таблице 1 представлены сведения о длине Северной Двины из различных источников предыдущих исследований.

Таблица 1. Сравнение предшествующих измерений длины р. Северная Двина, составлено авторами

Источник	Длина, км	Годы
По Штукенбергу «Hydrographie des Russisches Reiches»	664–729	1848
Географический Словарь П. Семенова, Русское Геогр. Общ.	716	1865
По И.А. Стрельбицкому «О Поверхн. Европы», «Пов. России» [6]	576	1882
	755	1889
По А.А. Тилло «Известия...» [8]	720	1883
Перечень внутренних водных путей Европейской России. Мин. Путей Сообщения [5]	736	1892
	750	1907
Географический словарь В. де Сн. Мартена	560	1884
Ежегодник Бюро Долгот в Париже	1140	1909–1927
Всемирный Атлас Гикмана	1780	1909–1927
Справочные данные «Реки и озера Советского Союза» [4]	744	1971
Доклад Минприроды России «О состоянии и использовании водных ресурсов...» [3]	750	2018

Таким образом, многие измерения длины реки Северной Двины, также, как и других рек, происходили без указания источников (исходных карт, их масштабов, проекций), а также методов измерения. Значение 744 км ссылается на лоцманскую карту, однако без указания конкретных исходных данных. Современные гидрографические исследования редко проводятся по традиционным картам, поэтому имеется смысл изучить такие различия в значениях с помощью метрических функций геоинформационных систем.

Из таблицы 1 следует, что однозначной информации об общепринятом значении длины Северной Двины найти не удалось, а значит, мы не можем сравнить полученные результаты в ГИС с данными значениями и выявить наиболее подходящий для измерений тип линий. В связи с этим было решено измерять длину на участке, входящем в перечень водных путей РФ, протяжённость которого известна и равна 664 км (от устья р. Юг до места впадения р. Уйма) [1].

Точность определения гидрографических характеристик во многом зависит от масштаба и качества используемой топографической основы [2]. Исходными материалами для создания и анализа достоверности векторных слоев послужили:

- Карта Европейской России от Государственного ГИС Центра, масштаб 1:25 000. Мозаика из листов Генерального Штаба СССР и карт ГГЦ, основой для которых также являлись карты Генштаба;
- Карта Р-38, сшитая из листов Генштаба и Аэрогеодезии 1:100 000 (1960-1999 гг.);
- Листы Q-37-35,36 и Р-37-5,6 масштабом 1:200 000.

Для валидации этих данных и уточнения деталей в более крупном масштабе использовались космические снимки и данные OpenStreetMap.

Таким образом, объекты в основном строились по картам крупного масштаба. Это означает, что ошибки, вызываемые некоторой неточностью карт за счет генерализации, незначительны, и ими можно пренебречь [2].

Извилистые объекты в природе имеют плавные очертания, а не представлены сегментами, как это зачастую реализовано в геоинформационных системах. В связи с этим с помощью инструмента Calculate Geometry программного пакета ArcGIS, были подсчитаны длины для трёх вариантов линий: ломаная (состоящая из отрезков), кривая (истинная) и кривая, автоматически преобразованная в ломаную путём описания её малыми отрезками. Данная операция была проведена в разных проекциях и на сфероиде (геодезические длины).

Стоит отметить, что в ArcMap 10 работа с кривыми осуществляется с помощью инструмента Smooth на панели Advanced Editing, который переводит острые углы в кривые Безье. Также можно применить инструмент Reshape Feature на панели редактирования, выбрать в параметре Trace данные кривые, что позволит проводить их вручную.

При работе с shp-файлами в режиме редактирования можно сгладить или изменить объект с помощью кривых Безье. Однако после сохранения результатов при повторном обращении к редактированию вершин можно заметить, что заданные нами кривые были аппроксимированы большим числом точек и вновь стали ломаными. Поэтому для работы были выбраны базы геоданных (*.gdb), которые могут хранить истинные кривые и позволяют возвращаться к их редактированию в любое время.

При сохранении геометрии в базе геоданных ArcGIS заполняет значение SDO_GEOMETRY из объекта ArcSDE API под названием SE_SHAPE. Объект SE_SHAPE может содержать простую и сложную геометрию. Поскольку в SDO_GEOMETRY и объекте SE_SHAPE не существует однозначного сопоставления компонентов, ArcGIS следует правилу при хранении данных в таблицах Oracle Spatial: преобразует кривые, не являющиеся дугами окружности (например, кубический сплайн или Безье), в ломаные линии. Если мы сохраняем класс пространственных объектов в БГД, то сохранится и изогнутое представление в SE_ANNO_CAD_DATA [12].

В таблицах 2 и 3 показаны результаты измерения длины участка р. Северная Двина от устья р. Юг до места впадения р. Уйма.

Таблица 2. Длины линейного объекта в различных картографических проекциях, м; составлено авторами

Название проекции	Ломаная линия	Кривая линия	Кривая линия, преобразованная в ломаную
Europe Equidistant Conic, (Равнопромежуточная коническая проекция для Европы)	664 737.95	666 882.70	666 880.00
Equidistant Conic (world)	664 181.80	666 325.43	666 322.74
WGS 1984 UTM Zone 37N (Универсальная поперечная проекция Меркатора)	664 026.86	666 170.00	666 167.31

Pulkovo 1942 3 Degree GK Zone 14 (Равноугольная цилиндрическая поперечная проекция Гаусса-Крюгера)	663 871.50	666 014.16	666 011.47
--	------------	------------	------------

Таблица 3. Геодезические длины линейного объекта, м; составлено авторами

Сфероид	Датум	Ломаная линия	Кривая линия	Кривая линия, преобразованная в ломаную
International 1924	European 1950	663 697.77	665 229.24	665 837.08
WGS 1984	WGS 1984	663 696.47	665 226.73	665 835.87
Krasovsky 1940	Pulkovo 1942	663 696.71	665 226.98	665 836.12

Как видно из таблиц, на плоскости различия между истинной кривой и кривой, описанной малыми отрезками не велики (в пределах 3-5 м), причём истинная кривая является наиболее протяжённой. На поверхности наблюдается иная ситуация: описанная малыми отрезками кривая превосходит в длине истинную кривую более чем на 0,5 км. Это приводит к необходимости рассмотреть механизм построения кривых линий на плоскости и на поверхности.

На рисунке 1 в качестве примера приведен участок р. Северная Двина в виде линейных объектов. Пунктиром отрисована изначальная ломаная линия, на которой лежат точки P_i – вершины ломаной. Оранжевая линия – результат построения кубической кривой Безье по четырём точкам P_i . Такая кривая Безье вписана в ломаную. Легко заметить, что данный способ обладает существенным недостатком – образуются ложные экстремумы, даже визуально можно заметить несоответствие двух этих линий. Такая кривая имеет вид, представленный в формуле (1).

Во избежание образования ложных экстремумов производится построение по входному набору точек кусочно-заданной параметрической кривой, сегментами которой являются кубические кривые Безье. Концевые точки (P_i) каждой из них берутся из входного набора, а промежуточные контрольные точки (C_j) рассчитываются таким образом, чтобы удовлетворить заявленным требованиям [11]. Голубым цветом показан результат выполнения функции сглаживания кривыми Безье в ArcGIS. Каждый сегмент (например, $[P_2; P_3]$) представляет собой кубическую кривую Безье, как показано в формуле (2).

$$B(t) = (1 - t)^3 P_1 + 3t(1 - t)^2 P_2 + 3t^2(1 - t) P_3 + t^3 P_4 \quad (1)$$

$$B_2(t) = (1 - t)^3 P_2 + 3t(1 - t)^2 C_1 + 3t^2(1 - t) C_2 + t^3 P_3 \quad (2)$$

где B – стандартная кубическая кривая Безье; B_i – сегменты кусочно-заданной кривой, представленные кубическими кривыми Безье; t – параметр, принадлежащий $[0; 1]$; P_i – вершины ломанной линии; C_i – контрольные точки.

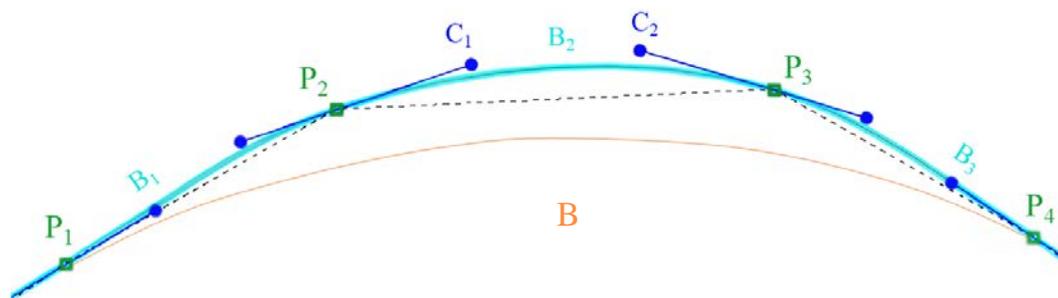


Рисунок 1. Сглаживание ломаной линии кривыми Безье различного типа, составлено авторами

По результатам работы, можно сформулировать следующие выводы:

Во-первых, инструменты сглаживания ArcGIS преобразуют ломаные линии в кривые Безье кубического вида. Их длина определяется интегралом, который имеет решение в замкнутой форме лишь для линейных или квадратичных кривых [13]. Для измерения длин линий, представленных кубическими кривыми Безье, их аппроксимируют различными способами (разбиение на сегменты, представление дугами окружностей и т.д.).

Во-вторых, при измерении длин извилистых линий на плоскости различия между истинной кривой и кривой, описанной множеством малых отрезков, незначительны. А значит, оба варианта подходят для такого рода подсчетов. При этом сами измерения на плоскости не дают большой точности по причине искажений.

В-третьих, использование эллипсоида для измерений длин извилистых линий позволяет исключить искажения проекций. Однако возникает другая проблема: значения длин кривых Безье на поверхности эллипсоида сильно разнятся для истинной кривой и кривой, описанной малыми отрезками, чего не происходит на плоскости.

Таким образом, при проведении картометрических операций для гидрографических исследований в ГИС следует обращать внимание на точность значений, полученных в ходе измерений различными методами. Возможно, в геоинформационных системах преобразовывать ломаные линии в кривые Безье для определения метрических свойств объектов не целесообразно, и следует использовать этот инструмент лишь для визуального сглаживания и корректного отображения извилистых линий на картах (ввиду их удобства и простоты использования). Тем не менее, рассмотренные проблемы, в том числе вопрос подсчета длины кривых Безье на поверхности эллипсоида, требуют более детального рассмотрения в последующих работах.

Список литературы:

- [1] Распоряжение N 1800-р Об утверждении Перечня внутренних водных путей Российской Федерации с изменениями на 19 июля 2022 г. [Утвержден распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 дек. 2002 г.]
- [2] Рекомендации Р 52.08.874 – 2018 Определение гидрографических характеристик картографическим способом [Утверждены рук. Росгидромета от 14 дек. 2018 г. Вводятся в действие 1 января 2019 г. (приказ № 554)]. – СПб., ФГБУ «ГГИ», 2018. – 178 с.
- [3] Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2018 году». – М.: НИИ-Природа, 2019. – 290 с.

[4] Доманицкий А.П. Реки и озера Советского Союза (Справочные данные) / А.П. Доманицкий, Р.Г. Дубровина, А.И. Исавеа. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1971. – 106 с.

[5] Перечень внутренних водных путей Европейской России с распределением их по речным бассейнам. – СПб.: Тип. М-ва путей сообщ., 1907. – С. 482-484.

[6] Шокальский Ю. М. Длина главнейших рек Азиатской части СССР и способ измерения длин рек по картам. – М.: СССР–ТРАНСПЕЧАТЬ–НКПС, 1930. – С. 17-27.

[7] Магрицкий Д.В. Опасные гидрологические процессы в устье Северной Двины и факторы их многолетней изменчивости / Д.В. Магрицкий, Е.Н. Скрипник // Вестник Московского ун-та. Сер. 5. География. Вып. 6. – 2016. – С. 59-70.

[8] О длине рек Европейской России. Известия Императорского Русского географического общества. Т. XIX. Вып. 3. – 1883. – С. 133-165.

[9] Роднянская Э. Е. Морфология пойменных ландшафтов на примере реки Малой Северной Двины // Ученые записки ЛГУ: Сер. географических наук. Вып. 21. – 1993. – № 358. – С. 123-145.

[10] Статья Северная Двина авт. Магрицкий Д.В. Большая Российская энциклопедия [Электронный ресурс]. URL: <https://old.bigenc.ru/geography/text/3543507> (дата обращения: 12.01.23)

[11] Рябин К.В. Визуализация дискретного множества точек при помощи плавных кривых без ложных экстремумов [Электронный ресурс]. URL: <http://sv-journal.org/2017-1/04/?lang=ru> (дата обращения: 25.02.23)

[12] ArcGIS 10.1 Help [Электронный ресурс]. URL: <https://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/002n0000006t000000> (дата обращения: 17.02.23)

[13] Levien R. How long is that Bézier? [Электронный ресурс]. URL: <https://raphlinus.github.io/curves/2018/12/28/bezier-arclength.html> (дата обращения: 03.03.23)

УДК (528.9)

ИЗУЧЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ ДЕРЕВЕНЬ АЛНАШСКОГО РАЙОНА УДМУРТСКОЙ РЕСПУБЛИКИ С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

STUDY OF THE PROBLEM OF THE DISAPPEARANCE OF VILLAGES OF THE ALNASHSKY DISTRICT OF THE UDMURT REPUBLIC USING GEOINFORMATION SYSTEMS

*Кокарева Рауза Ринатовна
Kokareva Rauza Rinatovna
г. Ижевск, Удмуртский государственный университет
Izhevsk, Udmurt State University
Irrkokareva1@gmail.com*

*Научный руководитель: к.г.н. Рублева Елена Алексеевна
Research advisor: PhD Rubleva Elena Alekseevna*

Аннотация: В данной статье проведен анализ причин и времени исчезновения деревень в Алнашском районе Удмуртской Республики на основе данных, которые включают в себя информацию о населенных пунктах с конца XIX века по конец XX века. Составлены тематические карты возникновения и исчезновения деревень, а также причины исчезновения населенных пунктов по муниципальным образованиям Алнашского района. Проанализированы космические снимки и на их основе по дешифровочным признакам выявлены остатки от ныне не существующих деревень.