УДК: 528.94+912.648

DOI: 10.35595/2414-9179-2020-4-26-228-241

М.Р. Манёров¹, А.А. Сюзюмов², С.В. Тюрин³

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ ИНТЕРАКТИВНЫХ ВЕБ-КАРТ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕКТА ВСЕМИРНОГО НАСЛЕДИЯ ЮНЕСКО «ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ДУГА СТРУВЕ»

АННОТАЦИЯ

На сегодняшний день интерактивные карты набирают популярность и используются как специалистами, так и обычными пользователями. В то же время развитие теоретической базы веб-картографии и разработки интерактивных карт существенно отстаёт от практической составляющей. Более того, необходима систематизация принципов ориентированного на пользователя проектирования в сфере веб-картографии. Целью данной работы является создание методических принципов, универсальных для большинства проектов разработки интерактивных веб-карт. Составление принципов опирается на схему разработки интерактивных веб-карт, рассмотренную в настоящей работе и предложенную как образец, идеях ориентированного на пользователя проектирования, а также на личный опыт авторов в разработке интерактивных веб-карт.

Методические принципы разработки освещают следующие аспекты: необходимость интерактивности разрабатываемых карт, их доступность на различных устройствах, выбор размерности карты, структурирование данных, определение элементов интерактивности, необходимость загрузки сторонних карт, мультиязычность карты, возможность загрузки пользовательского контента, необходимость создания анимации и, наконец, выбор программного обеспечения. Разработанные методические принципы позволяют сформировать определяющую часть концепции интерактивной веб-карты, составление которой является фундаментальным этапом в предложенной схеме создания интерактивных веб-карт. Помимо этого, методические принципы облегчают процесс разработки и открывают новые возможности и методы разработки перед специалистами в веб-картографии.

Авторы на примере разработанной ими интерактивной веб-карты «Объект Всемирного наследия ЮНЕСКО «Геодезическая дуга Струве»» наглядно продемонстрировали создание концепции на основе выведенных ими методических принципов.

Рассмотрена терминологическая база и приведено собственное определение интерактивной веб-карты.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: веб-картография, интерактивная карта, геодезическая дуга Струве, Всемирное наследие, веб-дизайн

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, Кафедра региональной политики и политической географии, Университетская набережная, д. 7-9, 199034, Санкт-Петербург, Россия; *e-mail:* manerov97@yandex.ru

² Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, Кафедра картографии и геоинформатики, Университетская набережная, д. 7-9, 199034, Санкт-Петербург, Россия; *e-mail:* syuzyumov.senya@yandex.ru

³ Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, Кафедра картографии и геоинформатики, Университетская набережная, д. 7-9, 199034, Санкт-Петербург, Россия; *e-mail:* s.tjurin@spbu.ru

Martin R. Manerov¹, Arseniy A. Syuzyumov², Sergey V. Tyurin³

METHODICAL FRAMEWORK FOR DEVELOPING INTERACTIVE WEB MAPS BASED ON THE EXAMPLE OF STRUVE GEODETIC ARC UNESCO WORLD HERITAGE SITE

ABSTRACT

Today, interactive maps are gaining popularity and are used by both specialists and ordinary users in various fields of science and technology. However, the development of the theoretical base of web cartography and the development of interactive maps lags significantly behind the practical component. Moreover, a systematization of the principles of user-centered design in the field of web mapping is necessary. The aim of this work is to create a methodical framework that can be universal for most interactive web map development projects. The creation of the framework is based on the established scheme of interactive web maps development, the ideas of user-oriented design, as well as on the personal experience of the authors in the development of interactive web maps.

The methodical framework covers the following aspects: the need for interactivity of web maps, accessibility on various devices, the dimensional aspect of a map, data structuring, the choice of elements of interaction, the need of usage of third-party maps, multilinguality, the ability to upload user-generated content, the need to create animations, and the choice of the base software. The developed framework helps to form the determining part of the conception of an interactive web map, which is a fundamental step in the proposed process of a web map development. Moreover, the framework facilitates the process of creating interactive web maps and opens up new possibilities and development methods for specialists in web cartography.

The authors, using the interactive web map dedicated to the World Heritage Site “Struve Geodetic Arc”, which was developed by them, as an example, clearly demonstrated the conceptual development process based on the methodical framework.

The terminology is considered and a new definition of an interactive web map is given.

KEYWORDS: web cartography, interactive map, Struve Geodetic Arc, World Heritage, web design

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы популярность интерактивных веб-карт значительно увеличилась среди специалистов и обычных пользователей, особенно с выпуском картографического сервиса Google Maps в 2005 г. [Miller, 2006, p. 191]. Более того, происходит резкий рост использования интерактивных карт на мобильных устройствах, таких как смартфоны и планшеты [Davidson, 2014]. Интерес к картографии у пользователей сети Интернет проявляется в дискуссиях в социальных сетях на темы различных пространственных исследований, и зачастую такой интерес приводит к модификациям и уточнениям существующих электронных карт, а также к созданию новых картографических продуктов [Стрельникова, Еремеева, 2019].

Также отметим, что активно ведутся разработки интерактивных карт и геоинформационных систем для сохранения и популяризации культурного и природного наследия как

¹ Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Regional Policy and Political Geography, Universitetskaya quay, 7–9, 199034, St. Petersburg, Russia; e-mail: manerov97@yandex.ru

² Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics, Universitetskaya quay, 7–9, 199034, St. Petersburg, Russia; e-mail: syuzumov.senya@yandex.ru

³ Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Department of Cartography and Geoinformatics, Universitetskaya quay, 7–9, 199034, St. Petersburg, Russia; e-mail: s.tjurin@spbu.ru

отечественными картографами [Юнусова и др., 2015; Рыгалова, Рыгалов, 2019], так и зарубежными специалистами [Roth, Harrower, 2008; Di Pasquale et al., 2013; Hart, Homsy, 2020]. В том числе, авторами настоящей работы разработана интерактивная веб-карта, посвящённая объекту Всемирного наследия ЮНЕСКО «Геодезическая дуга Струве»¹ [Манёров, Сюзюмов, 2019].

Существует иная нарастающая тенденция в области веб-картографии. Принципы ориентированного на пользователя проектирования (ОПП) в последнее время заимствуются для разработки картографических интерфейсов и схожих продуктов [Roth, 2013]. ОПП — это стратегия проектирования интерфейсов, основанная на требованиях и интересах пользователей, а не разработчиков, с упором на создание продукта интуитивно понятного и удобного в использовании [Norman, 1988, p. 223]. Таким образом, интересы и требования пользователей должны формировать набор решений для проекта, а не наоборот [Robinson et al., 2005]. Тенденция в сторону использования этих принципов обусловлена ростом использования интерактивных веб-карт обычными пользователями, не специализирующимися в картографии и смежных науках [Tsou, 2011].

Безусловно, процесс разработки веб-карт заметно изменился по сравнению с составлением традиционных бумажных карт. Robinson и др. [2005, p. 245] предлагают процесс разработки веб-карт с учётом принципов ОПП (рис. 1). Процесс, выдвинутый авторами, состоит из 6 этапов разработки. Начальный этап — оценка требований к карте — включает в себя анализ требований к конечному продукту от заказчика, исследование особенностей целевой аудитории, изучение объекта картографирования и имеющихся данных, а также определение цели и задач проекта. На основе анализа разрабатывается концепция веб-карты — задокументированное описание требований к карте, её функциональной наполненности. Концепцию стоит понимать как упрощённый вариант технического задания с меньшим упором на аспекты технического выполнения работы и большим упором на то, как продукт будет восприниматься рядовым пользователем². Затем создаётся макет, или прототип, интерфейса будущей веб-карты, её интерактивной функциональности. Следом идёт изучение интерактивности и удобства использования прототипа, которое позволяет получить замечания и отзывы от пользователей или заказчика. После их учёта следует реализация макета в виде полноценного продукта — интерактивной веб-карты. Наконец, заключительным этапом процесса является отладка разработанной веб-карты и устранение ошибок. Также, в соответствии с принципами ОПП, в течение всего процесса ведётся общение с заказчиком и/или целевой аудиторией для учёта предложений и замечаний к проекту.

Однако, несмотря на эти тенденции в веб-картографии, инновационное становление дисциплины происходит под влиянием бурно развивающейся индустрии, а не силами картографов с профильным образованием и научных исследователей [Haklay et al., 2010; Tsou, 2011]. Иными словами, развитие теоретической составляющей веб-картографии заметно отстаёт от практики. Более того, Tolochko [2016] считает, что существует нехватка должного количества исследований, направленных на систематизацию принципов ОПП в области веб-картографии.

Конкретно, в ходе общения со специалистами веб-картографии о разработке интерактивных карт в рамках исследования Tolochko [2016] выяснилось, что наибольшие затруднения в соответствии со схемой Robinson и др. [2005] (рис. 1), испытывались в вопросе формирования концепции — т.е. насколько успешно разработчикам удаётся составить формализованный список требований к конечному продукту и описать функциональное наполнение карты. Однако создание концепции интерактивной веб-карты является ключевым

¹ Интерактивная карта «Геодезическая дуга Струве». Электронный ресурс: <http://www.struvearc.ru> (дата обращения 27.12.2019)

² Разработка: техническое задание на сайт или концепция? Электронный ресурс: <https://habr.com/ru/post/327584/> (дата обращения 25.12.2019)

этапом процесса, ибо на ней основываются практически все технические и дизайнерские решения, и её отсутствие крайне негативно сказывается на понимании целей и задач проекта, направления деятельности, а также качестве выполнения работы.

Безусловно, концепция индивидуальна для каждого отдельного проекта. Однако существуют общие вопросы, с которыми сталкивается большинство разработчиков в процессе создания интерактивных веб-карт. Наличие таких универсальных принципов существенно облегчит процесс составления концепции интерактивной веб-карты и её дальнейшую разработку. Настоящая работа посвящена составлению методических принципов разработки интерактивных веб-карт и их реализации в виде концепции интерактивной веб-карты «Объект Всемирного наследия ЮНЕСКО «Геодезическая дуга Струве»».

Рис. 1. Адаптация ориентированного на пользователя проектирования под особенности веб-картографии [Robinson et al., 2005, p. 245]

Fig. 1. Adaptation of user-centered design under the features of web mapping [Robinson et al., 2005, p. 245]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Каким образом следует определить термин «интерактивная веб-карта»? В своей работе R. Roth [2012, p. 377] определяет картографическую интерактивность как диалог между пользователем и картой, в котором связующим звеном выступает электронная вычислительная машина (ЭВМ). Уточнение об ЭВМ исключает традиционные бумажные карты, и это уточнение необходимо, поскольку, фактически, пользователи бумажных карт также «взаимодействуют» с ними при их чтении. Упрощённый вариант определения интерактивности приводит Crampton [2002, p. 88]: интерактивность в визуализации географических данных¹ — это система, которая позволяет пользователю изменять визуальное отображение данных в ответ на его запрос. Это определение исключает статические карты, представленные в виде одиночных изображений. Лисицкий, Кикин [2014] определяют веб-карту как «разновидность цифровой карты, опубликованная в сети Интернет средствами картографического веб-сервиса и визуализированная конечному пользователю средствами веб-браузера». В упрощённой трактовке веб-карта — это интерактивное отображение географической информации, которое может быть открыто с помощью веб-браузера².

С учётом вышеизложенного составим следующее определение: интерактивная веб-карта — это визуализированная цифровая карта, позволяющая пользователю

¹ Crampton под визуализацией географических данных понимает цифровую карту — прим. авт.

² Веб-карты—Справка ArcGIS Online | Документация. Электронный ресурс: <https://doc.arcgis.com/ru/arcgis-online/reference/what-is-web-map.htm> (дата обращения 25.12.2019)

манипулировать отображением географических данных в ответ на запрос с его стороны, опубликованная в сети Интернет и доступная пользователю посредством веб-браузера. Из изложенного определения следует явное преимущество интерактивных карт: такие карты позволяют пользователю селективно отображать интересующую его информацию об объекте картографирования и изменять представление картографического интерфейса без его визуальной перегрузки. Стоит также отметить, что зачастую термины «интерактивная веб-карта» и «веб-карта» используются как синонимы, т.е. подразумевается, что веб-карта по умолчанию является динамической и обладает интерактивностью.

Как уже было сказано, разработка интерактивных веб-карт начинается с этапа анализа требований к проекту, предшествующего разработке концепции. На первом этапе важно определить цели и задачи проекта, например, будет ли карта иметь исследовательское или справочное назначение; также проводится изучение предполагаемого круга пользователей и тематики карты [Roth, 2013, p. 97; Tolochko, 2016, p. 83]. Сформулированные на этом этапе требования определяют реализуемое функциональное наполнение карты и учитываются на всех стадиях разработки. Исследование, проведённое Tolochko [2016], показало, что специалисты по созданию интерактивных карт уделяют внимание различным задачам: от анализа начальных данных до изучения различных подходов к картографированию.

Приведённые Tolochko [2016, p. 83] предложения можно формализовать в виде 3-х пунктов:

- о чём рассказывает проект, что является объектом картографирования, в чём его особенность;
- что является главной целью проекта;
- кто потенциальный пользователь проекта, какие у него могут быть требования.

На основе этих 3-х пунктов, принципов ОПП, а также опыта создания интерактивных веб-карт [Манёров, Сюсюмов, 2019], авторы настоящей работы предлагают универсальные методические принципы создания интерактивных веб-карт. Следуя этим принципам, специалисты имеют возможность сформировать определяющую часть концепции интерактивной веб-карты:

1. Необходимость интерактивности. Необходима ли разработка динамической карты, обладающей интерактивностью, или возможно отобразить всю информацию на статической карте? В целом, если изображаемое явление или процесс является сущностью карты, он должен быть виден на карте по умолчанию, без внедрения интерактивности. Не стоит опираться на интерактивность как обход грамотного проектирования карты и скрывать главные элементы, например, за кнопкой «показать больше»¹. Зачастую традиционная статическая карта позволяет отобразить всю нужную информацию.

2. Достижение доступности для пользователей различных устройств. Как уже было сказано, последнее время происходит резкий рост использования интерактивных карт на мобильных устройствах, таких как смартфоны и планшеты [Davidson, 2014]. Помимо возможности мгновенного открытия веб-карт, доступность выражается в адаптивном дизайне — дизайне веб-страниц, обеспечивающем правильное отображение сайта на различных устройствах и динамически подстраивающемся под заданные размеры окна браузера².

¹ Should a map be interactive? Электронный ресурс: <https://www.axismaps.com/guide/web/should-a-map-be-interactive/> (дата обращения 26.12.2019)

² Адаптивный веб-дизайн — Википедия. Электронный ресурс: https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%B4%D0%B0%BF%D1%82%D0%B8%D0%B2%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B2%D0%B5%D0%B1-%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D0%B9%D0%BD (дата обращения 27.12.2019)

3. Выбор размерности карты для достижения высокого уровня наглядности — выбор между традиционной плоской картой либо сферической моделью Земли. Необходимо определиться, нужно ли пространственное отображение для достижения наглядности процессов или явлений. Возможность пространственного отображения на веб-сайтах значительно расширилась с выпуском в 2011 г. технологии WebGL — нового стандарта, позволяющего веб-разработчикам создавать трёхмерные графические модели, в т.ч. визуализировать географические данные на модели Земли [Miao et al., 2017].

4. Структурирование данных. Информация, представленная на карте, должна быть заранее структурирована и разделена на категории с технической точки зрения и с точки зрения информационного содержания для удобства разработчиков и пользователей карты соответственно.

5. Определение элементов интерактивности, с помощью которых пользователь, как уже было сказано, может выполнять цели, связанные с картой, а именно селективно отображать интересующую его информацию о различных аспектах объекта картографирования и изменять представление картографического интерфейса, избегая его визуальной перегрузки. Обязателен ответ на вопрос — что нужно отображать по умолчанию, а что делать интерактивным. Необходимо создать грамотное взаимодействие карты, условных обозначений на ней с информацией, преподносимой интерактивными элементами. Взаимодействие с картой должно быть понятно пользователю на интуитивном уровне. Так, оформление условных знаков или элементов управления картой должно намекать пользователю о наличии у них интерактивной функциональности; проще говоря, пользователь должен представлять, на какие элементы нужно нажимать, а на какие — нет.

Элементы интерактивности, или примитивы картографического взаимодействия, включают в себя (но не ограничиваются ими) перемещение, масштабирование, перепроецирование, поиск, изменение способа изображения, а также связку «географический объект — всплывающее окно с информацией о нём» [Roth, 2012; 2013]. Набор использованных разработчиком примитивов взаимодействия формирует диалог между пользователем и картой. Безусловно, стоит избегать перенасыщения карты элементами интерактивности — необходимо включать лишь то, что является релевантным по отношению к назначению карты [Tolochko, 2016].

6. Необходимость загрузки сторонних карт, например, для отображения различной политико-географической обстановки в разные временные эпохи.

7. Необходимость мультиязычности сайта. При разработке интерактивных веб-карт, ориентированных на многонациональную аудиторию, возникает необходимость в доступности приложения для людей со знаниями разных языков.

8. Возможность для пользователей загружать на веб-ресурс контент, относящийся к карте. Такая возможность может быть необходима по нескольким причинам. Например, если разработчикам не удалось собрать всю нужную информацию, или если в целях увеличения интереса среди пользователей принято решение привлечь их к развитию ресурса. Важно понимать, что информация изменяется, появляются новые сведения, требуется постоянное обновление данных. Эту функцию можно реализовать несколькими способами, например, в виде формы обратной связи с возможностью загрузки данных на сервер с последующей проверкой модераторами ресурса, либо, в упрощённом варианте, предоставлением адреса электронной почты проекта.

9. Необходимость создания анимации. В некоторых проектах необходимо представить данные в анимированном виде для улучшения пользовательского восприятия, например, для визуализации физических процессов или демонстрации изменения того или иного отображаемого параметра во времени.

10. Формирование требований к программному обеспечению. На основе решений по вышеуказанным пунктам составляется перечень требований к конечному продукту. Следовательно, необходимо совершить одно из важнейших решений, а именно выбрать

программное обеспечение, которое будет служить платформой для разработки карты и функциональные возможности которого будут соответствовать обозначенной концепции. Помимо вышеуказанных пунктов, которые ориентированы на пользователя карты, при выборе учитываются и иные критерии, которые важны исключительно для её разработчиков. Во-первых, предоставляется альтернатива либо сервиса с конструкторами карт без необходимости программирования, либо платформы для разработки на языках программирования — выбор зависит от имеющегося времени на выполнение проекта и навыков разработчиков. Во-вторых, учитывается наличие открытого исходного кода программного обеспечения, что позволяет в корне изменять внешнее оформление и структуру компонентов карты. В-третьих, важна финансовая составляющая проекта, от чего зависит использование либо платных, либо бесплатных картографических сервисов. В сети Интернет существует огромное количество картографических сервисов для создания интерактивных пользовательских веб-карт, например, Яндекс-карты, Google Maps, Bing Maps, MapBox, OpenLayers и т.д. Однако зачастую лишь небольшая часть таких сервисов удовлетворит поставленным требованиям к разрабатываемой карте, и выбор программного обеспечения может представлять нетривиальную задачу.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проект разработки интерактивной веб-карты, выполненный авторами, посвящён геодезической дуге Струве — грандиозному градусному измерению, простирающемуся от устья Дуная до берегов Северного Ледовитого океана, проведённому под руководством В.Я. Струве и К.И. Теннера [Струве, 1957, с. 12]. Это самое масштабное градусное измерение в истории: триангуляционная цепь состоит из 265 пунктов и создаёт дугу в $25^{\circ} 20'$, что является $1/14$ частью окружности Земли [Капцюг, 2009; Манёров, Сюзюмов, 2019]. Главной целью градусного измерения было определение геометрических параметров Земли. В 2005 г. геодезическая дуга Струве признана объектом Всемирного наследия ЮНЕСКО вследствие огромного географического охвата, выдающейся точности результатов измерения и международного характера исследования [Богданов, Капцюг, 2007].

По результатам анализа сети Интернет сделан вывод, что уровень интереса среди пользователей русскоязычного сегмента к памятнику крайне низок, этот факт подтверждается статистикой поисковых запросов (подсчёт проведён с помощью сервиса Яндекс.Подбор слов¹). Ниже приведены примеры памятников, внесённых в список Всемирного наследия ЮНЕСКО и расположенных на территории России — геодезическая дуга Струве существенно уступает в популярности у пользователей русскоязычного сегмента сети (табл. 1).

Таким образом, главной целью проекта является сохранение и популяризация памятника Всемирного наследия ЮНЕСКО «Геодезическая дуга Струве». Основной круг пользователей — это заинтересованная аудитория сети Интернет из различных стран мира, главным образом, из стран-представительниц Международного комитета по сохранению данного памятника ЮНЕСКО.

Применяя разработанные методические принципы на практике, авторы составили концепцию интерактивной веб-карты «Объект Всемирного наследия ЮНЕСКО «Геодезическая дуга Струве»»:

1. В данном случае интерактивность необходима — всю информацию не отобразить на статической карте, иначе карта представится мелкомасштабной, неполноценной и неинформативной. По умолчанию отображается цепь триангуляции Дуги, дабы у пользователя изначально складывалось понимание сущности объекта.

2. Как уже было сказано, интерактивная карта, посвящённая геодезической дуге Струве, разрабатывается в формате веб-сайта для обеспечения максимальной доступности,

¹ Яндекс.Подбор слов. Электронный ресурс: <https://wordstat.yandex.ru> (дата обращения 09.01.2020)

чтобы каждый заинтересованный пользователь мог бы моментально открыть карту с любого устройства. Также интерфейс карты является адаптивным — он обеспечивает правильное отображение сайта на устройствах разного типа с разными размерами экранов.

Табл. 1. Сравнение пользовательских запросов, посвящённых памятникам Всемирного наследия ЮНЕСКО в России
Table 1. Comparison of user search requests on UNESCO World Heritage Sites located in Russia

Памятники Всемирного наследия ЮНЕСКО (в скобках указана использованная формулировка запроса)	Количество пользовательских запросов за год (01.01.2019 – 31.12.2019)
Архитектурный ансамбль Троице-Сергиевой лавры («Троице-Сергиева лавра»)	490604 ¹
Ансамбль Ферапонтова монастыря («Ферапонтов монастырь»)	63934 ²
Геодезическая дуга Струве («дуга Струве»)	11617 ³

Рис. 2. Изгиб визуализированной дуги меридиана на сферической модели Земли
(выполнено авторами)

Fig. 2. The meridian arc curve on the model of the Earth
(made by authors)

¹ Яндекс.Подбор слов. Электронный ресурс: <https://wordstat.yandex.ru/#!/history?regions=225&words=%D0%A2%D1%80%D0%BE%D0%B8%D1%86%D0%B5-%D0%A1%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B8%D0%B5%D0%B2%D0%B0%20%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D1%80%D0%B0> (дата обращения 09.01.2020)

² Яндекс.Подбор слов. Электронный ресурс: <https://wordstat.yandex.ru/#!/history?regions=225&words=%D0%A4%D0%B5%D1%80%D0%B0%D0%BF%D0%BE%D0%BD%D1%82%D0%BE%D0%B2%20%D0%BC%D0%BE%D0%BD%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%8B%D1%80%D1%8C> (дата обращения 09.01.2020)

³ Яндекс.Подбор слов. Электронный ресурс: <https://wordstat.yandex.ru/#!/history?regions=225&words=%D0%B4%D1%83%D0%B3%D0%B0%20%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%B2%D0%B5> (дата обращения 09.01.2020)

3. Для визуализации используется сферическая модель планеты, на которой отображена карта. Изображение, нанесённое на сферу, получается более наглядным, и оно является визуальным фактом, иллюстрирующим цель, ради которой более 150-ти лет назад были проведены колоссальные по размаху геодезические работы [Манёров, Сюзюмов, 2019] (рис. 2). Такой подход в разработке позволит наблюдателю не только оценить масштаб работы, но и визуально охватить дугу меридиана и зафиксировать на модели изгиб геодезической цепи вдоль меридиана.

4. Информация, составляющая веб-карту, разделена на 2 основные части: технически связанную с отображаемой на карте информацией — картографическую, и не связанную — не картографическую. Картографический блок отвечает за визуализацию пространственных данных в растровом и векторном форматах: изображение спутниковых снимков, картографических материалов различных временных эпох; изображение цепи триангуляции и пунктов геодезической дуги Струве, их подписей. Информационный блок включает в себя информацию, не относящуюся непосредственно к карте; он отвечает за главное меню и присутствующие в нём тематические статьи об объекте.

5. Интерактивность карты подразумевает возможность взаимодействия пользователя с картой: открытие информации об отдельных частях Дуги меридиана, её пунктах; получение сведений об истории измерений, руководителях, организациях и т.д.; выбор спутниковой или картографической основы на различные временные эпохи; изменение положения камеры и угла обзора в браузере пользователя; отображение элементов карты (пункты, сегменты Дуги, подписи, уровень детализации картографической основы) в зависимости от её текущего масштаба во избежание визуальной перегрузки карты (рис. 3). Ключевым элементом интерактивности является всплывающее окно. Оно содержит информацию об объектах дуги, структурированную фото-, видео- и текстовую информацию (рис. 4). Окно доступно при нажатии пользователем на пункт цепи триангуляции.

6. Сферическое изображение Земли имеет как современные картографические слои и спутниковые изображения, так и исторические карты, загруженные из сторонних источников и отображающие государственные границы на момент создания дуги Струве (1816–1855 гг.).

7. Поскольку геодезическая дуга Струве — трансграничный объект, пересекающий территории 10 государств, целевая аудитория сайта владеет разными языками. Помимо этого, необходим перевод на официальные языки ЮНЕСКО из-за статуса объекта. На карте присутствует перевод её основных элементов и подписей пунктов Дуги, а также их описаний на языки стран-участниц комитета по управлению памятником «Геодезическая дуга Струве» и официальные языки ЮНЕСКО.

8. Функция обратной связи реализована в упрощённом виде: пользователям представлен адрес электронной почты проекта¹. Для дальнейшего развития ресурса необходимо его постоянное информационное наполнение, т.к. только 34 пункта геодезической сети из 265 входят в список Всемирного наследия на данный момент, и никто не исключает его дальнейшего пополнения.

9. Возможность создания анимации актуальна, поскольку она позволит пользователю погрузиться в исторический поэтапный процесс построения геодезической дуги Струве, продолжавшийся на протяжении почти 40 лет.

10. Определён список требований, позволяющий совершить выбор оптимального программного обеспечения для разработки приложения. Во-первых, используемое программное обеспечение должно иметь открытый исходный код. Во-вторых, сделан выбор в пользу платформы для разработки, т.к. разработка интерактивных карт является отличной возможностью закрепить практические навыки программирования, стимулирует изучать

¹ e-mail: contact@struvearc.ru

новые технологии разработки, например, для студентов технических ВУЗов. Также собственная разработка вместо использования существующих конструкторов карт предоставляет существенно больший контроль над технической стороной и оформлением карты.

Рис. 3. Отображение различных элементов на карте в зависимости от текущего масштаба (выполнено авторами)
Fig. 3. Display of various map elements depending on current map scale (made by authors)

Рис. 4. Реализация всплывающего окна (выполнено авторами)
Fig. 4. The popup window implementation (made by authors)

На сегодняшний день существует большое количество картографических сервисов для создания интерактивных веб-карт. Однако единственным программным обеспечением, которое удовлетворяет все обозначенные в концепции требования, является CesiumJS — платформа для разработки интерактивных веб-карт, позволяющая разрабатывать интерактивные веб-карты на языке программирования JavaScript и визуализировать пространственные данные на сферической модели Земли в окне браузера¹. Платформа обладает и другими преимуществами. Это, например, открытость исходного кода, что позволяет в корне изменять внешнее оформление и структуру компонентов карты (например, структуру всплывающего окна, функции встроенных кнопок, внешний вид интерфейса и т.д.). Другим значительным достоинством является отображение не только спутниковых снимков, но и картографических изображений на сфере с возможностью выбора из списка. Также CesiumJS предоставляет огромное количество готовых функций для создания насыщенных информацией и возможностями интерактивных веб-карт. Наконец, использование программного обеспечения в разработке является бесплатным.

ВЫВОДЫ

Использование интерактивных веб-карт в последнее время стремительно набирает популярность. Однако теория веб-картографии значительно отстаёт от практики. Особенно острые проблемы наблюдаются в фундаментальном этапе процесса — создании концепции интерактивной веб-карты.

Авторами сформулированы универсальные методические принципы разработки интерактивных веб-карт с учётом теории ориентированного на пользователя проектирования. Приведён пример их реализации в виде концепции интерактивной веб-карты «Объект Всемирного наследия ЮНЕСКО «Геодезическая дуга Струве»». Дано собственное определение интерактивных веб-карт.

Сформулированные методические принципы стали фундаментальным этапом процесса создания интерактивной карты, посвящённой геодезической дуге Струве, которая была разработана на платформе CesiumJS и опубликована в сети Интернет по адресу: <http://www.struvearc.ru/>. Авторы надеются, что разработанные методические принципы упростят процесс создания интерактивных карт, помогут избежать ошибок и недочётов, а также откроют новые возможности и методы реализации продуктов перед специалистами в веб-картографии.

БЛАГОДАРНОСТИ

Разработка проекта, на котором основана настоящая статья, выполнена при поддержке Русского географического общества, договор гранта от 07.08.2018 г. № 27/2018-Р «Создание интерактивной карты «Объект культурного наследия «Геодезическая дуга Струве»»».

ACKNOWLEDGEMENTS

The development project that this article is based on was funded by the Russian Geographical Society, grant agreement No 27/2018-R “Developing an interactive map “Struve Geodetic Arc UNESCO world heritage site””, 07.08.2018.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Богданов А.С., Капцюг В.Б. Международная акция на геодезической дуге Струве. Геопрофи, 2007. № 3. С. 65–66.
2. Капцюг В.Б. «Дуга Струве» — прошлое и настоящее. Геопрофи, 2009. № 1. С. 63–67.

¹ CesiumJS. Электронный ресурс: <https://cesium.com/cesiumjs/> (дата обращения 10.01.2020)

3. *Лисицкий Д.В., Кикин П.М.* Методические основы веб-картографии. Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка, 2014. №. S4. С. 85–91.
4. *Манёров М.Р., Сюзюмов А.А.* Создание интерактивной карты «Объект культурного наследия ЮНЕСКО «Геодезическая дуга Струве»». Материалы международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Теория и практика современных географических исследований», посвящённой 180-летию российского путешественника и натуралиста, исследователя Центральной Азии Н.М. Пржевальского в рамках XV Большого географического фестиваля. М.: Издательство «Каллиграф», 2019. С. 616–621. Электронный ресурс: https://vk.com/doc134098686_507607741?hash=9b1efaec0d6220f1f7&dl=6a06b9a5623620d565 (дата обращения 23.12.2019).
5. *Рыгалова М.В., Рыгалов Е.В.* Геоинформационные технологии в изучении историко-культурного наследия музеев Алтайского края. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. М.: Издательство Московского университета, 2019. Т. 25 Ч. 2. С. 383–389. DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-383-389.
6. *Стрельникова А.В., Еремеева К.С.* Картографические методы в цифровую эпоху: новые возможности для изучения городских практик. Социология города, 2019. №. 1. С. 30–41.
7. *Струве В.Я.* Дуга меридиана (избранные главы). М.: Геодезиздат, 1957. 255 с.
8. *Юнусова А.Б., Христовуло О.И., Абдуллин А.Х.* Геоинформатика для ислама: о проекте создания интерактивной электронной карты «Ислам на Южном Урале». Известия Уфимского научного центра Российской академии наук, 2015. Т. 4. С. 112–115.
9. *Crampton J.W.* Interactivity types in geographic visualization. Cartography and Geographic Information Science, 2002. V. 29. No 2. P. 85–98. DOI: 10.1559/152304002782053314.
10. *Davidson B.D.* Cartographic design for mobile devices: A case study using the UW-Madison interactive campus map. Thesis. Master of science (Cartography and geographic information systems). Department of Geography, University of Wisconsin, Madison, 2014. 69 p.
11. *Di Pasquale D., Lerario A., Maiellaro N., Scala P.L.* Open source interactive map of Albania cultural heritage. IERI Procedia, 2013. V. 4. P. 383–390. DOI: 10.1016/j.ieri.2013.11.055.
12. *Haklay M., Nivala A.M.* User-centered design. Interacting with geospatial technologies, 2010. P. 89–106. DOI: 10.1002/9780470689813.
13. *Hart S.M., Homsy G.C.* Stories from north of Main: Neighborhood heritage story mapping. International Journal of Historical Archaeology, 2020. P. 1–19. DOI: 10.1007/s10761-019-00529-4.
14. *Miao R., Song J., Zhu Y.* 3D geographic scenes visualization based on WebGL. Proceedings of the 6th international conference on agro-geoinformatics. Fairfax, Virginia, USA, 2017. IEEE, 2017. P. 1–6. DOI: 10.1109/Agro-Geoinformatics.2017.8046999.
15. *Miller C.C.* A beast in the field: the Google maps mashup as GIS/2. Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, 2006. V. 41. No 3. P. 187–199. DOI: 10.3138/JOL0-5301-2262-N779.
16. *Robinson A.C., Chen J., Lengerich E.J., Meyer H.G., MacEachren A.M.* Combining usability techniques to design geovisualization tools for epidemiology. Cartography and Geographic Information Science, 2005. V. 32. No 4. P. 243–255. DOI: 10.1559/152304005775194700.
17. *Roth R.E.* Cartographic interaction primitives: framework and synthesis. The Cartographic Journal, 2012. V. 49. No 4. P. 376–395. DOI: 10.1179/1743277412Y.0000000019.
18. *Roth R.E.* Interactive maps: what we know and what we need to know. Journal of Spatial Information Science, 2013. V 2013. No 6. P. 59–115. DOI: 10.5311/josis.v0i6.105.
19. *Roth R.E.* Interactivity and cartography: A contemporary perspective on user interface and user experience design from geospatial professionals. Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization, 2015. V. 50. No 2. P. 94–115. DOI: 10.3138/cart.50.2.2427.

20. *Roth R.E., Harrower M.* Addressing map interface usability: learning from the lakeshore nature preserve interactive map. *Cartographic Perspectives*, 2008. No 60. P. 46–66. DOI: 10.14714/CP60.231.
21. *Tolochko R.C.* Contemporary professional practices in interactive web map design. Thesis. Master of science (Cartography and geographic information systems). Department of Geography, University of Wisconsin, Madison, 2016. 98 p.
22. *Tsou M.H.* Revisiting web cartography in the United States: the rise of user-centered design. *Cartography and geographic information science*, 2011. V. 38. No 3. P. 250–257. DOI: 10.1559/15230406382250.

REFERENCES

1. *Bogdanov A.S., Kaptsyug V.B.* International event on the Struve geodetic arc. *Geoprofi*, 2007. No 3. P. 65–66 (in Russian).
2. *Crampton J.W.* Interactivity types in geographic visualization. *Cartography and Geographic Information Science*, 2002. V. 29. No 2. P. 85–98. DOI: 10.1559/152304002782053314.
3. *Davidson B.D.* Cartographic design for mobile devices: A case study using the UW-Madison interactive campus map. Thesis. Master of science (Cartography and geographic information systems). Department of Geography, University of Wisconsin, Madison, 2014. 69 p.
4. *Di Pasquale D., Lerario A., Maiellaro N., Scala P.L.* Open source interactive map of Albania cultural heritage. *IERI Procedia*, 2013. V. 4. P. 383–390. DOI: 10.1016/j.ieri.2013.11.055.
5. *Haklay M., Nivala A.M.* User-centered design. *Interacting with geospatial technologies*, 2010. P. 89–106. DOI: 10.1002/9780470689813.
6. *Hart S.M., Homsy G.C.* Stories from north of Main: Neighborhood heritage story mapping. *International Journal of Historical Archaeology*, 2020. P. 1–19. DOI: 10.1007/s10761-019-00529-4.
7. *Kaptsyug V.B.* Struve arc — the past and the present. *Geoprofi*, 2009. No 1. P. 63–67 (in Russian).
8. *Lisitsky D.V., Kikin P.M.* Methodological base of web-mapping. *Proceedings of the Higher Educational Institutions. Izvestia vuzov “Geodesy and aerophotosurveying”*, 2014. No S4. P. 85–91 (in Russian, abs English).
9. *Manerov M.R., Syuzyumov A.A.* “Developing an interactive map “Struve geodetic arc UNESCO world heritage site””. *Materials of the international scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists “Theory and practice of modern geographical research”*, dedicated to the 180th anniversary of the Russian traveler and naturalist, Central Asian researcher N.M. Przhevalsky in the framework of the XV Big geographical festival. Moscow: Calligrapher, 2019. P. 616–621. Web resource: https://vk.com/doc134098686_507607741?hash=9b1efaec0d6220f1f7&dl=6a06b9a5623620d565 (accessed 23.12.2019) (in Russian, abs English).
10. *Miao R., Song J., Zhu Y.* 3D geographic scenes visualization based on WebGL. *Proceedings of the 6th international conference on agro-geoinformatics*. Fairfax, Virginia, USA, 2017. IEEE, 2017. P. 1–6. DOI: 10.1109/Agro-Geoinformatics.2017.8046999.
11. *Miller C.C.* A beast in the field: the Google maps mashup as GIS/2. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 2006. V. 41. No 3. P. 187–199. DOI: 10.3138/J0L0-5301-2262-N779.
12. *Robinson A.C., Chen J., Lengerich E.J., Meyer H.G., MacEachren A.M.* Combining usability techniques to design geovisualization tools for epidemiology. *Cartography and Geographic Information Science*, 2005. V. 32. No 4. P. 243–255. DOI: 10.1559/152304005775194700.
13. *Roth R.E.* Cartographic interaction primitives: framework and synthesis. *The Cartographic Journal*, 2012. V. 49. No 4. P. 376–395. DOI: 10.1179/1743277412Y.0000000019.
14. *Roth R.E.* Interactive maps: what we know and what we need to know. *Journal of Spatial Information Science*, 2013. V 2013. No 6. P. 59–115. DOI: 10.5311/josis.v0i6.105.

15. *Roth R.E.* Interactivity and cartography: A contemporary perspective on user interface and user experience design from geospatial professionals. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization*, 2015. V. 50. No 2. P. 94–115. DOI: 10.3138/cart.50.2.2427.
 16. *Roth R.E., Harrower M.* Addressing map interface usability: learning from the lakeshore nature preserve interactive map. *Cartographic Perspectives*, 2008. No 60. P. 46–66. DOI: 10.14714/CP60.231.
 17. *Rygalova M.V., Rygalov E.V.* Geoinformation technologies in the study of historical and cultural heritage of the museums of the Altai territory. *InterCarto. InterGIS. Proceedings of the International conference*. Moscow: Moscow University Press, 2019. V. 25. Part 2. P. 383–389. DOI: 10.35595/2414-9179-2019-2-25-383-389 (in Russian, abs English).
 18. *Strelnikova A.V., Ereemeeva K.S.* The cartographic methods in the digital age: New opportunities to study urban practices. *Sociology of City*, 2019. No 1. P. 30–41 (in Russian, abs English).
 19. *Struve V.Ya.* Arc of the meridian: (selected chapters). Moscow: Geodezizdat, 1957. 255 p. (in Russian).
 20. *Tolochko R.C.* Contemporary professional practices in interactive web map design. Thesis. Master of science (Cartography and geographic information systems). Department of Geography, University of Wisconsin, Madison, 2016. 98 p.
 21. *Tsou M.H.* Revisiting web cartography in the United States: The rise of user-centered design. *Cartography and Geographic Information Science*, 2011. V. 38. No 3. P. 250–257. DOI: 10.1559/15230406382250.
 22. *Yunusova A.B., Christodoulou O.I., Abdullin A.K.* Geoinformation technology for islam: on the project to create interactive electronic maps “Islam in the South Urals”. *Proceedings of the RAS Ufa Scientific Center*, 2015. V. 4. P. 112–115 (in Russian).
-