

# СОЗДАНИЕ ИНСТРУМЕНТА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ СЕТЕВОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ О ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЯХ В БАЙКАЛЬСКОЙ РИФТОВОЙ ЗОНЕ

## DEVELOPMENT OF A VISUALIZATION TOOL FOR NETWORK ANALYSIS OF EARTHQUAKE DATA IN THE BAIKAL RIFT ZONE

**D. Zelenkov  
A. Trufanov**

*Summary.* The article presents a newly developed tool for visual support in network research of natural systems, exemplified by the study of earthquakes in the Baikal rift zone. The requirements for the software product are formulated based on the characteristics of natural systems. Criteria for reviewing visualization tools have been defined. The tool is a web application developed using the «deck.gl» platform. Earthquake data have been declustered into main shocks with an energy class of  $K \geq 14$  and their aftershocks and are presented in the form of graphs, using a stem network model. Possible directions for the further development of the software product are also considered.

*Keywords:* stem networks, Baikal rift zone, seismicity, aftershocks, visualization, web-application, deck.gl.

**Зеленков Дмитрий Витальевич**

аспирант, Иркутский национальный  
исследовательский технический университет  
zelen.draks@mail.ru

**Труфанов Андрей Иванович**

старший научный сотрудник, кандидат физико-  
математических наук, Иркутский национальный  
исследовательский технический университет  
troufan@gmail.com

*Аннотация.* В данной статье представлен новый инструмент для визуального анализа сетевых исследований экосистем, демонстрируемый на примере изучения землетрясений в районе Байкальского рифта. Описаны специфические требования к данному программному обеспечению, которые были выведены на основе характеристик экологических систем. Установлены стандарты для оценки инструментов визуализации данных. Разработанное web-приложение основано на технологии «deck.gl». Информация о землетрясениях была проанализирована и разделена на основные удары с энергетическим классом не менее  $K \geq 14$  и последующие афтершоки, которые визуализированы в форме сетевых графов с применением модели стволовой сети. Также рассмотрены направления для дальнейшего усовершенствования программного продукта.

*Ключевые слова:* стволовые сети, Байкальская рифтовая зона, сейсмичность, афтершоки, визуализация, веб-приложение, deck.gl.

## Введение

Использование сетевых графов в исследованиях предоставляет мощный инструмент для визуализации и анализа взаимосвязей и взаимодействий между различными элементами, позволяя выявлять тенденции и закономерности в сложных структурах. Этот подход широко применяется в разнообразных сферах, включая планирование и управление транспортом, логистику, оптимизацию производственных цепочек, анализ социальных сетей и больших данных, исследования в области биоинформатики и генетики, а также в управлении компьютерными сетями. В статье уделено внимание применению сетевого анализа для изучения природной системы.

### 1. Постановка задачи

#### 1.1. Описание предметной области

Экосистема обычно определяется как географически ограниченное сообщество организмов, взаимодействующих друг с другом и с окружающей их неорганической

средой, что приводит к циклу энергии и обмену веществами, создавая уникальные закономерности и процессы [1]. Экосистемы подвержены воздействию множества различных факторов, которые классифицируются как абиотические (неорганические), биотические (органические) и антропогенные (связанные с деятельностью человека). Для глубокого понимания и мониторинга этих сложных взаимодействий, представление экосистем в виде сетевых структур и их визуализация с помощью графов может быть чрезвычайно полезным [2]. Это позволяет не только наблюдать за текущим состоянием системы, но и прогнозировать возможные изменения, вызванные различными внешними и внутренними факторами, а также оценивать потенциальное влияние человеческой активности на природные процессы.

#### 1.2. Определение проблемы

В ходе исследования не было найдено ни одного существующего программного решения, способного адекватно отображать данные в формате графов с учетом разнообразных факторов, воздействующих на экосистему [2], которые могут не иметь прямых связей, а также

с возможностью интеграции и представления этих данных на географической карте. В связи с этим возникла необходимость создания уникального инструмента визуализации, который бы соответствовал всем этим требованиям и позволял бы эффективно анализировать и интерпретировать сложные данные, связанные с природными системами. Дополнительно, такой инструмент мог бы включать функции для прогнозирования изменений в системе и оценки влияния различных факторов, что сделало бы его неоценимым ресурсом для исследователей и экологов.

## 2. Разработка средства визуализации

### 2.1. Выбор модели

Для более наглядного представления данных, было предложено применить концепцию модели стволовой сети. Эта модель включает в себя следующие элементы:

Стволы — это узлы сети, которые обладают различными характеристиками и соединениями.

Клумбы — это группы стволов, объединённые общим происхождением (см. рисунок 1).

Букеты — это ансамбли стволов различного происхождения, которые сгруппированы в соответствии с определённым критерием (см. рисунок 2).

Таким образом, модель стволовой сети представляет собой структурированную систему, где каждый элемент выполняет свою роль и взаимодействует с другими для формирования целостного изображения. Это позволяет упростить процесс визуализации сложных данных и облегчить их анализ.

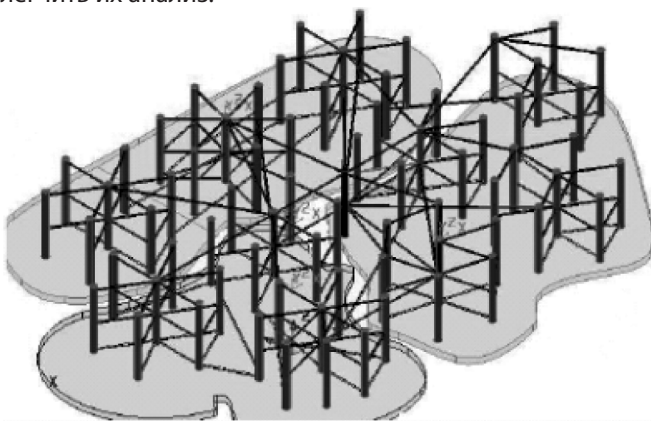


Рис. 1. Клумба стволовой сети

### 2.2. Выбор инструментов разработки

В ходе исследования была проведена оценка различных инструментов для визуализации графовых структур в формате стволовых сетей. Основываясь на установлен-

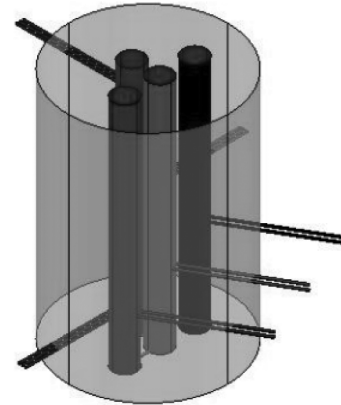


Рис. 2. Букет стволовой сети

ных параметрах, были определены ключевые критерии для выбора подходящих инструментов, включая способность к отображению мультиплексных систем, поддержку трехмерной визуализации и возможности для модификации и расширения функционала программы.

После тщательного анализа было принято решение разработать веб-приложение с использованием платформы «deck.gl». Этот инструмент обеспечивает создание объемных моделей на основе географических карт, а также эффективную обработку больших объемов данных. «deck.gl» предоставляет гибкие возможности для интеграции с другими библиотеками и инструментами, что делает его идеальным выбором для создания масштабируемых и адаптивных визуализаций [4].

### 2.3. Основные результаты

В рамках исследования методов визуализации данных о природных процессах были использованы данные о сейсмической активности Байкальской рифтовой зоны, предоставленные Байкальским филиалом ФГБУН ФИЦ «Единая геофизическая служба РАН», начиная с 1960 года [5]. Эти данные послужили основой для создания модели стволовой сети, которая позволяет наглядно представить сейсмические события в регионе.

В процессе обработки данных была выполнена декластеризация, выделяющая основные сейсмические толчки с энергетическим классом  $K \geq 14$  и связанные с ними афтершоки [6]. Это позволило установить временные связи между основными толчками, а также предоставило возможность фильтрации данных по времени событий (см. рисунок 3–4).

Дополнительно, стоит отметить, что Байкальская рифтовая зона является одной из самых крупных и активных тектонических структур на территории России, простирающейся на около 2000 км [7]. Зона характеризуется высокой сейсмической активностью и наличием глубоких разломов, что делает её важным объектом для изучения сейсмических процессов.

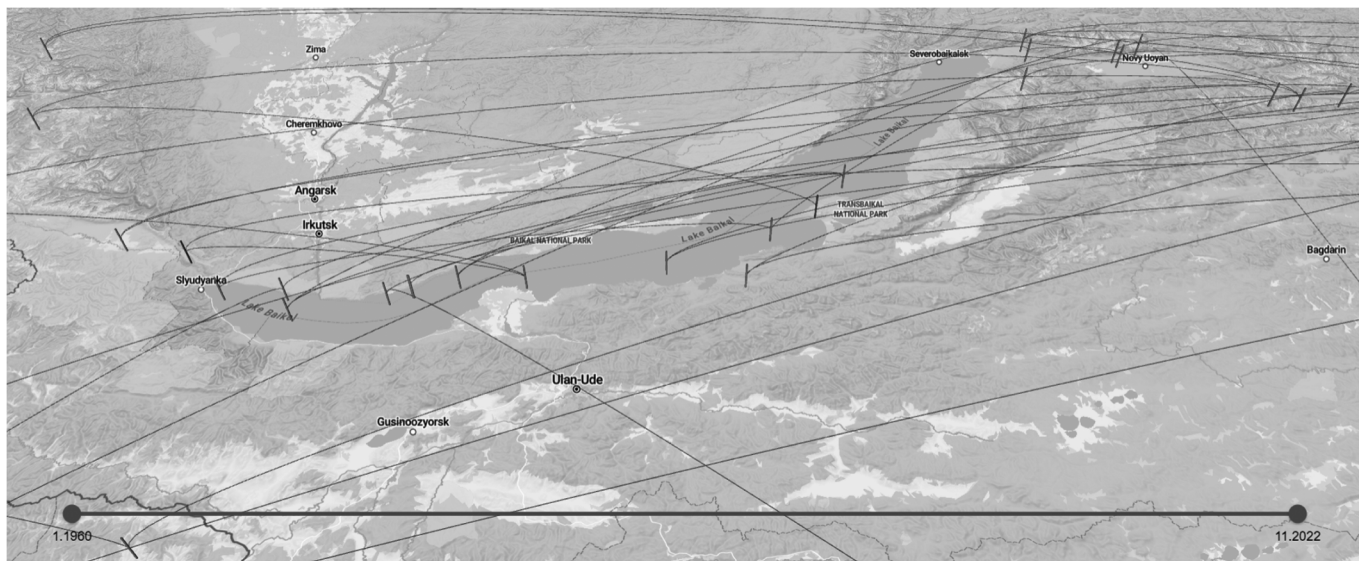


Рис. 3. Толчки с энергетическим классом  $K \geq 14$  с 1960 года

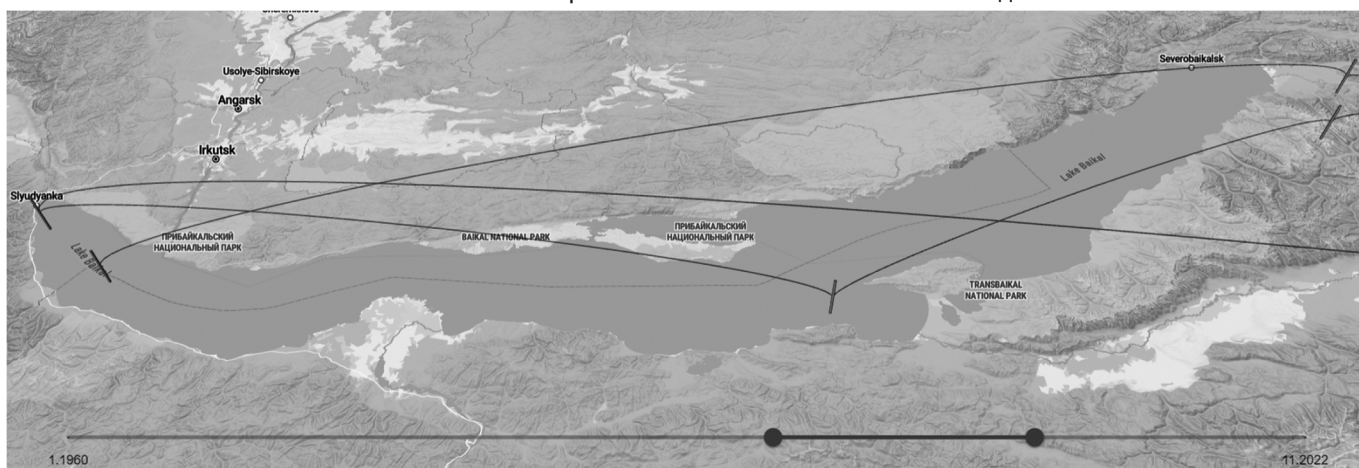


Рис. 4. Толчки с энергетическим классом  $K \geq 14$  отфильтрованные по времени

Используя интерфейс, при наведении указателя мыши на элемент, изображающий «ствол», можно получить развернутые сведения о конкретном событии, включая его дату, магнитуду и точные координаты (см. рисунок 5). Когда пользователь выбирает определенное сейсмическое событие, оно, а также его связи, подсве-

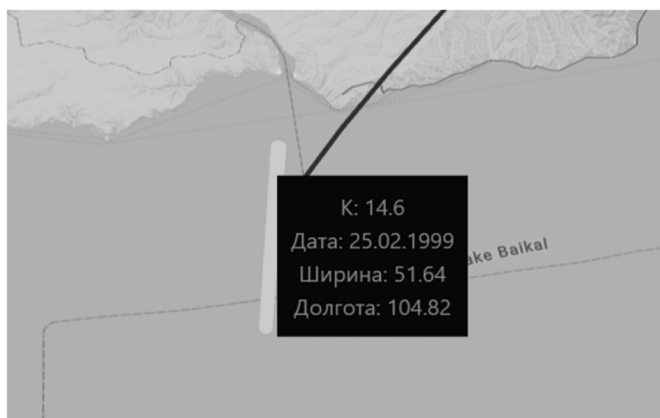


Рис. 5. Отображение детальной информации о событии

чаются уникальным цветом для лучшей визуализации (см. рисунок 6). Это обеспечивает более интуитивное понимание масштабов и взаимосвязей сейсмической активности в изучаемом регионе.

Дополнительно, система предоставляет подробную информацию о последующих афтершоках [8]. Это позволяет пользователям получить более глубокое понимание о характере и последствиях первоначального толчка (см. рисунок 7).

Данные функции визуализации помогают исследователям отслеживать последовательность событий и афтершоков, их магнитуду и распределение во времени и пространстве. Такой подход может быть особенно полезен для оценки рисков и планирования мер по предотвращению и минимизации последствий будущих землетрясений.

### Заключение

Разработанная модель стволовой сети и инструмент визуализации обеспечивают эффективное представ-

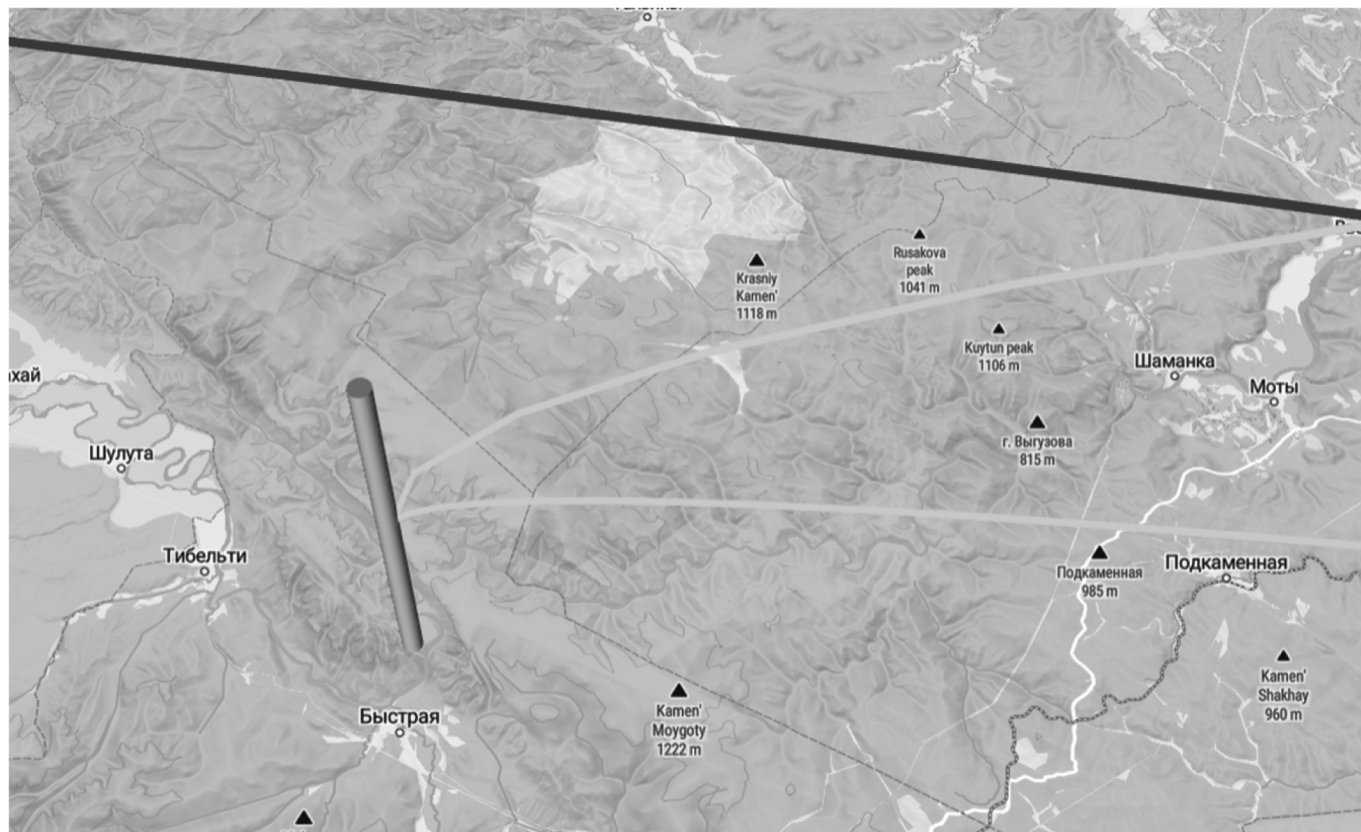


Рис. 6. Подсвечивание выбранного события и его связей уникальным цветом

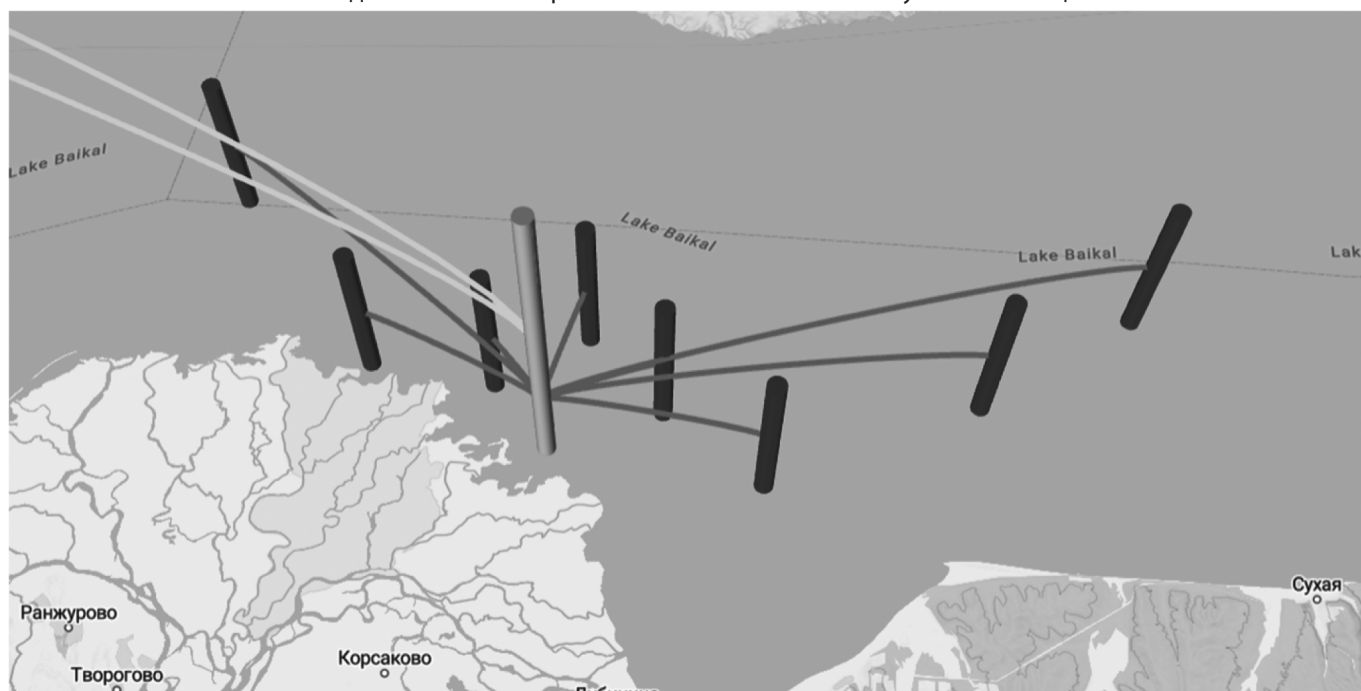


Рис. 7. Афтершоки для события

ление данных о природных системах, что значительно упрощает процесс их анализа и выявления общих тенденций. В будущем планируется расширение функционала программного обеспечения для включения возможности визуализации разнородных данных, которые

не связаны напрямую, в форме «букетов». Кроме того, будет реализована функция группировки данных по общим характеристикам в «клумбы», такие как рои землетрясений.

Дополнительно, новые функции позволят пользователям не только наблюдать за отдельными явлениями, но и анализировать их взаимосвязи и влияние друг на друга. Например, будет возможно сравнивать сейсмическую активность различных регионов или отслеживать изменения в экосистемах в зависимости

от внешних факторов. Это сделает инструмент ещё более ценным для исследователей и специалистов, работающих с большими объемами сложных данных.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и МОКНСМ в рамках научного проекта № 20-57-44002.

---

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Письмо Роскомзема от 18.01.1996 N 3–15/104 «О рассмотрении методического положения и руководства по составлению карт, оценке затопления и подтопления земель».
2. Сиротюк Э.А., Гунина Г.Н. Общая экология: учебное пособие / Э.А. Сиротюк, Г.Н. Гунина; Изд-во МГТУ, 2019. — 163 с.
3. Z. Ashurova., S. Myeong, A. Tikhomirov, A. Trufanov, N. Kinash, O. Berestneva, A. Rossodivita. «Comprehensive Mega Network (CMN) Platform: Korea MTS Governance for CIS Case Study». Information Technologies in Science, Management, Social Sphere and Medicine (ITSMSSM 2016). Atlantis Press, 2 016, pp. 266–269.
4. Home |deck.gl. URL: <https://deck.gl/> (дата обращения: 13.05.2023).
5. Землетрясения в Прибайкалье | Сайт Байкальского филиала Единой геофизической службы РАН. URL: <https://seis-bykl.ru/modules.php?name=Data&tbl=1&d=2022-01-01&maxd=2022-12-31&sh=48.00&maxsh=60.00&dl=99.00&maxdl=122.00&k=8.6&maxk=17.5> (дата обращения: 17.03.2023).
6. Радзиминович Н.А., Очковская М.Г. Выделение афтершоковых и роевых последовательностей землетрясений байкальской рифтовой зоны. Геодинамика и тектонофизика. 2013;4(2), 169–186 с.
7. С.В. Баранов, П.Н. Шебалин, Закономерности постсейсмических процессов и прогноз опасности сильных афтершоков, М.: РАН, 2019. — 218 с.
8. В.Е. Хаин Байкальская рифтовая система, Большая российская энциклопедия, 2005. — 662 с.

---

© Зеленков Дмитрий Витальевич (zelen.draks@mail.ru); Труфанов Андрей Иванович (troufan@gmail.com)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»