

Геоинформатика. 2022. № 4. С. 20–27.
Geoinformatika. 2022;(4):20–27.

Материалы VI Всероссийской конференции ITES-2022

Научная статья
 УДК 004.550
<https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-4-20-27>

Технологии трехмерной визуализации для виртуальной трехмерной реконструкции истории Земли

© 2022 г. — Юрий Иванович Молородов^{1, а)}, Ефрем Андреевич Слепцов^{1, 2, б)}

¹ Федеральное исследовательское учреждение информационных и вычислительных технологий; Россия, г. Новосибирск

² Новосибирский государственный университет; Россия, г. Новосибирск

^{а)}yumo1@ya.ru, ^{б)}e.sleptsov@g.nsu.ru

Аннотация: Работа посвящена исследованию возможностей технологий трехмерной визуализации в браузерах, позволяющих обеспечить реконструкции различных временных отрезков Земли и последующую модульную интеграцию в высокотехнологичный научно-популярный интернет-портал «История Земли: геологический ракурс» [1]. Показаны возможности взаимодействия дополненной реальности с этим порталом. Важной целью работы является популяризация современных научных геологических знаний на основе использования научно-популярного мультимедиа-контента и соответствующего программного обеспечения. Интернет-ресурс ориентирован на широкий круг пользователей Интернета.

Ключевые слова: технологии визуализации, виртуальная реальность, смешанная реальность, история Земли, научно-популярный портал, популяризация науки

Для цитирования: Молородов Ю.И., Слепцов Е.А. Технологии трехмерной визуализации для виртуальной трехмерной реконструкции истории Земли // Геоинформатика. — 2022. — № 4. — С. 20–27. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-4-20-27>.

VI All-Russian Conference ITES-2022

Original article

3D visualization technologies for virtual 3D reconstruction of the Earth's history

© 2022 — Yuri I. Molorodov^{1, а)}, Efrem A. Sleptsov^{1, 2, б)}

¹Federal Research Center for Information and Computing Technologies; Novosibirsk, Russia

²Novosibirsk State University; Novosibirsk, Russia

^{а)}yumo1@ya.ru, ^{б)}e.sleptsov@g.nsu.ru

Abstract: The work is devoted to the study of the possibilities of three-dimensional visualization technologies in browsers that allow for reconstruction of various time segments of the Earth and subsequent modular integration into the high-tech popular science Internet portal "History of the Earth: geological perspective" [1]. The possibilities of interaction of augmented reality with this portal are shown. An important goal of the work is to popularize modern scientific geological knowledge based on the use of popular scientific multimedia content and appropriate software. The Internet resource is aimed at a wide range of Internet users.

Key words: visualization technologies, virtual reality, mixed reality, history of the Earth, popular science portal, popularization of science

For citation: Molorodov Y.I., Sleptsov E.A. 3D visualization technologies for virtual 3D reconstruction of the Earth's history. *Geoinformatika*. 2022;(4):20–27. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2022-4-20-27>. In Russ.

Введение

В настоящее время смешанная реальность стала актуальной во многих отраслях промышленности: авиакосмической, автомобилестроении, строительстве [2]. Востребована она и в медицине и в образовании. Лидирующей отраслью являются игры. Однако если VR-технологии (Virtual Reality — виртуальная реальность) существуют и активно применяются с 2012 года [2], то MR-индустрия (Mixed Reality — смешанная реальность) начала развитие относительно недавно и представляет собой перспективную область, которая обладает высоким ин-

новационным и инвестиционным потенциалом [3]. MR-технологии позволяют взглянуть по-новому на методы отображения виртуальных объектов и взаимодействия с ними. Технологии трехмерной визуализации активно применяются в образовательной деятельности и сфере развлечений. Визуализация зависит от программного обеспечения, установленного на устройстве конечного пользователя. Оно может быть различно и не соответствовать требованиям используемых технологий. Использование браузеров для просмотра трехмерных визуализаций позволяет обойтись без дополнительного программного обеспечения.

Существующие решения

На сегодняшний день существует ресурсы Интернета, которые используют технологии трехмерной визуализации. В основном подобные технологии используются виртуальными музеями и развлекательными сайтами.

Из всего множества доступных сайтов подобраны лишь те из них, которые демонстрируют основные технологии визуализации. Наиболее используемым и распространенным способом визуализации является сферическая панорама. При этом наилучшим и самым массовым примером является Google Maps, но интерес представляют сайты, специализирующиеся на представлении экспонатов или сайты музеев.

Одними из самых посещаемых виртуальных музеев являются музеи Ватикана, объединяющие

сеть виртуальных экскурсий (рис. 1) [4]. Наиболее интересные варианты виртуальных туров предлагает Национальный музей естественной истории в Вашингтоне (рис. 2) [5]. На сайте музея можно найти VR-модель экспозиций и, в буквальном смысле, побродить по залам здания, выбирая направление и останавливаясь у самых интересных экспонатов. Можно рассматривать экспонаты как в виде изображений и поясняющих текстов, так и с помощью сферических панорам. Объемные изображения обеспечивают настоящий эффект погружения.

Аналогичные сферические панорамы используются в виртуальных турах по ботаническим садам. Их можно посмотреть на сайтах Никитского ботанического сада в Ялте (рис. 3) и ботанического сада в Самаре (рис. 4) [7]. Наиболее распространённым методом взаимодействия в трехмерных сценах или

Рис. 1. Сайт Виртуального тура по музеям Ватикана

Fig. 1. Website of the Virtual tour of the Vatican Museums

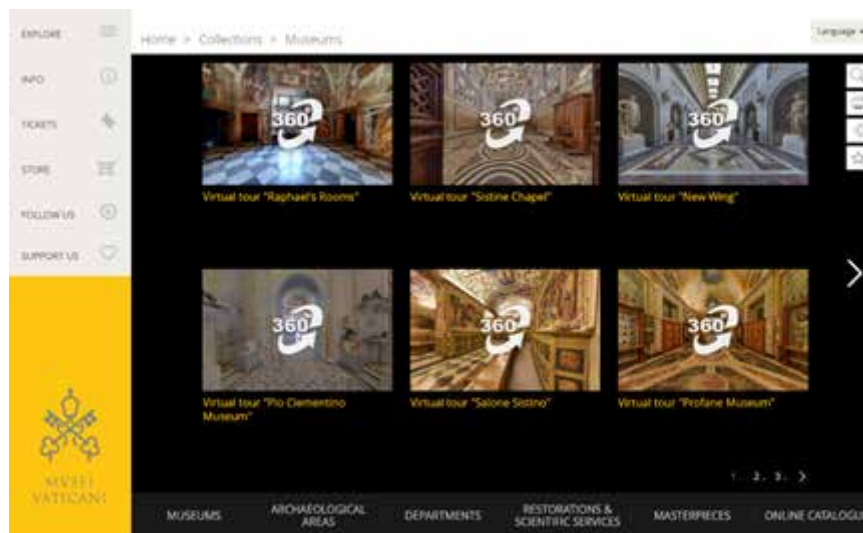


Рис. 2. Национальный музей естественной истории в Вашингтоне

Fig. 2. National Museum of Natural History



Рис. 3. Никитский ботанический сад в городе Ялта

Fig. 3. Nikitsky Botanical Garden in Yalta



Рис. 4. Ботанический сад СамГУ в городе Самара

Fig. 4. The Botanical Garden of Samara State University in the city of Samara



сферических панорамах, является управление курсором мыши, наведением на интерактивную точку. Нажатие по ней открывает либо информацию об этих экспонатах, либо посвященную им статью, либо увеличенное изображение выбранного объекта. Возможен выбор отдельно открывающейся трехмерной модели (рис. 5) [8].

Распространено использование меню навигации по музею и экспонатам в виде списков или интерактивных карт.

Представленные решения базируются на библиотеке WebGL для JavaScript. Именно она позволяет создавать трехмерную графику в HTML страницах.

На данный момент основной технологией показа трехмерных объектов в браузерах является WebGL.

WebGL (Web-based Graphics Library) — кроссплатформенный API для 3D-графики в браузере, разрабатываемый некоммерческой организацией-

консорциумом Khronos Group, куда входят такие ведущие разработчики браузеров как Google (Chrome), Mozilla (Firefox), и Apple (Safari) [9].

Упомянем технологии, которые сейчас имеют меньшую популярность — это Adobe Flash [10] и Microsoft SilverLight [11], JavaFX [12]. Они теоретически могли бы составить конкуренцию WebGL. Но Microsoft SilverLight и Adobe Flash остановили развитие этих технологий. JavaFX будет поддерживаться только до определенного срока.

Главным отличием WebGL от таких разработок как Adobe Flash или Microsoft Silverlight является возможность работы без посторонних плагинов, какими и являются Flash и Silverlight. Это значит, что для получения 3D-контента требуется только браузер с поддержкой WebGL.

Помимо того, что показанные сферические панорамы уже используют WebGL для работы в браузерах, в данной технологии есть примеры трехмерной

Рис. 5. Просмотр трехмерной реконструкции Амфора Мастера Дария

Fig. 5. Viewing a three-dimensional reconstruction of the Amphora of Master Darius



Рис. 6. Часть дворца Спонца в Хорватии

Fig. 6. Part of the Sponza Palace in Croatia

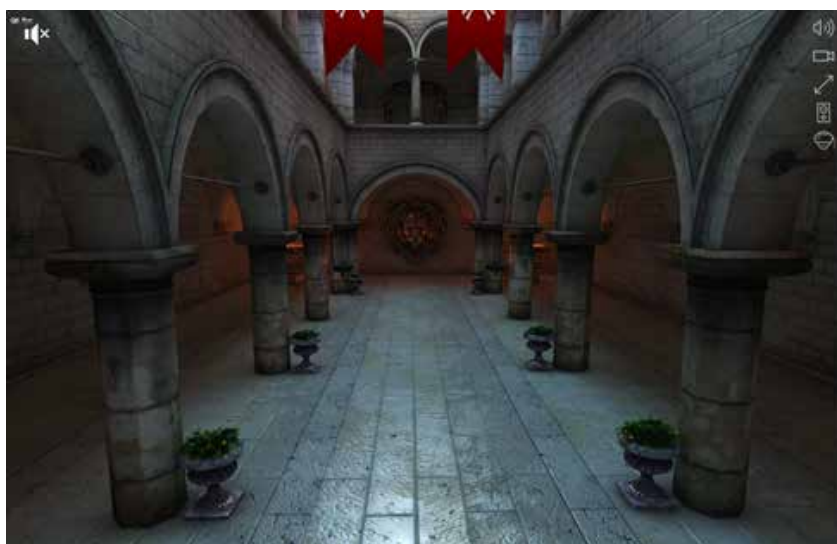
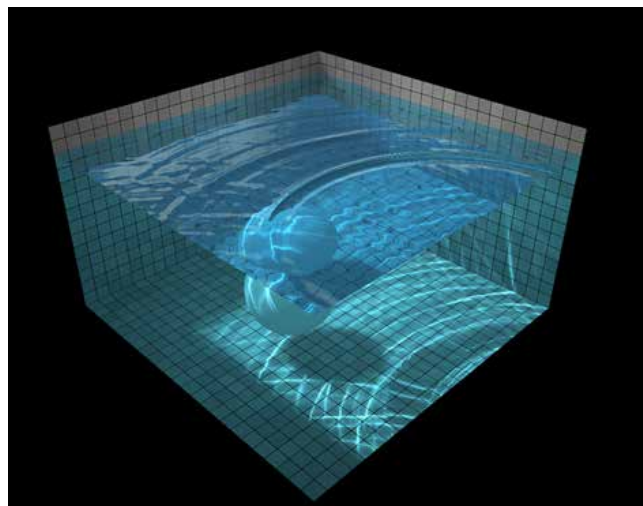


Рис. 7. Модель воды созданная в WebGL

Fig. 7. Water model created in WebGL



визуализации, которые не уступают фотографиям (рис. 6, рис. 7) [13, 14].

Самая большая JavaScript 3D библиотека примеров проектов, созданных в WebGL, расположена на сайте Three.js [15].

Основная цель

Конечной целью проводимой работы является создание серии трехмерных виртуальных реконструкций сцен разных периодов истории Земли, для последующей модульной интеграции в существующий Интернет-портал [1].

Каждая из созданных сцен будет представлять собой «обзорную площадку» в которой присутствуют объекты, соответствующие выбранному периоду истории Земли.

Информационная основа

Виртуальная реконструкция уже является привычной для исторических реконструкций предметов, зданий и даже целых улиц. Она используется

археологами, исследователями-реставраторами, историками, архитекторами.

В данном случае реконструкции базируются на чертежах, фотографиях, текстах, которые имеются в избытке и могут быть успешно использованы.

Обратная же ситуация состоит в реконструкции временных отрезков, которые могут быть исследованы только на основании ископаемых объектов, что позволит описать события, предшествующие этим реконструкциям.

Материалы, предоставленные на сайте Интернет-портала «История Земли: геологический курс» [1] являются информационной основой для создания моделей реконструируемых сцен. Информация на сайте разделена на разделы, которые составляют разные периоды истории Земли или Вселенной. Основным материалом, который использовался при создании сцен являются видеоматериалы (рис. 8) и статьи, представленные на этом сайте (рис. 9).

Рис. 8. Видеозапись представленная на сайте портала

Fig. 8. Video recording presented on the portal website

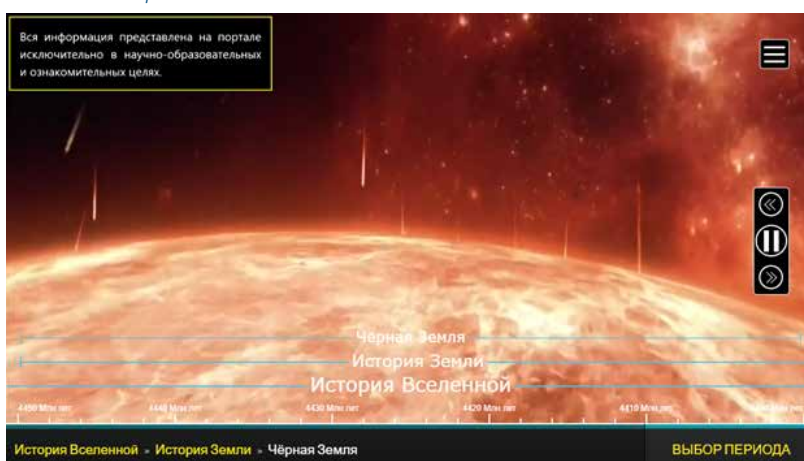


Рис. 9. Статьи представленные на сайте портала

Fig. 9. Articles presented on the portal website



В основном визуальными образцами являются иллюстрации, которые сами являются реконструкциями.

Основные этапы создания визуализации в Unity

Разработка трехмерной сцены в среде Unity состоит из отдельных этапов:

- создание и добавление на сцену трехмерных моделей;
- создание и привязка текстур и материалов;
- создание анимации и движения объектов и камер;
- создание соответствующих скриптов;
- выбор и настройка оптимальных регулировок для целевого устройства;
- оптимизации используемых моделей, текстур, звуков;

- сборки проекта.

Каждый из этапов, кроме последнего — сборки проекта может быть выполнен в любой последовательности независимо.

Основными, наиболее трудоемкими этапами, являются создание трехмерных моделей и текстур.

Все этапы описаны в руководстве Unity [16].

Первой из реконструируемых сцен является период истории Земли, названный «Черная Земля», когда возраст Земли составляет временной промежуток от 50 до 100 млн лет.

Сборка сцены представляет собой минимальный визуальный набор того, что есть в данный период Земли. Это окружение из раскаленной лавы, метеориты и ограничение дальности видимости, из-за имитирования силикатного дыма (рис. 10 и рис. 11).

Рис. 10. Пробная сцена, созданная в среде разработки Unity

Fig. 10. A test scene created in the Unity development environment

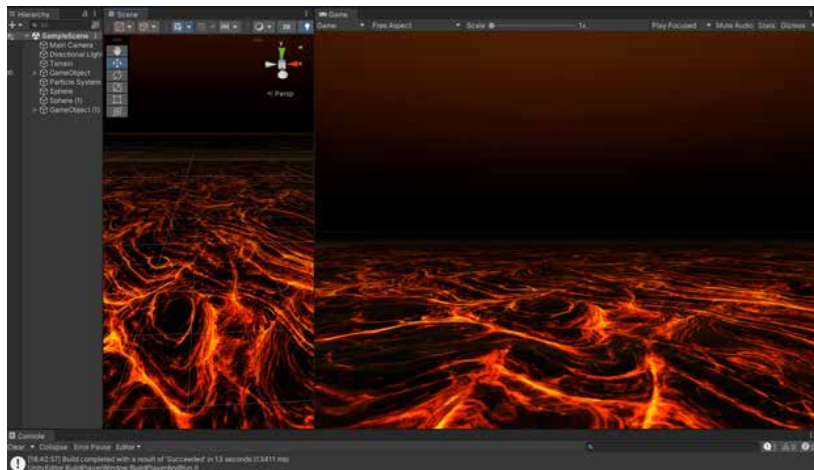


Рис. 11. Пробная сцена, созданная в Unity и запущенная в браузере

Fig. 11. A test scene created in Unity and launched in the browser



Особенности работы в unity

Для создания трехмерных сцен в браузере в отличие от WebGL, не нужно писать код на JavaScript, используя API WebGL. Для этого можно использовать графический интерфейс позволяющий улучшить или уточнить сцену. Для ее редактирования достаточно использовать простейший текстовый редактор и браузер с поддержкой WebGL.

Сборка проектов Unity в WebGL накладывает некоторые ограничения:

- невозможно использовать готовые решения Unity по иным конвейерам отрисовки изображения (render pipeline) — HDRP, URP. Это заставляет искать иные методы реализации различных визуальных эффектов на сцене;

- не все возможности .Net, предоставляемые Unity, доступны в окончательной сборке;
- на настройку качества текстур;
- много времени может уйти на настройку баланса между качеством сжатия текстур и размером сборки;
- ограничение по размеру приложения: на некоторых устройствах для браузера может выделяться только 512 Мб оперативной памяти, вследствие чего, запуск сцены или скрипта на них будет невозможен.

Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для Федерального исследовательского центра информационных и вычислительных технологий.

Список источников

1. Еременко А.С., Наумова В.В., Загумёнов А.А., Ерёмко В.С., Злобина А.Н. Интернет-портал «История Земли: геологический ракурс». Высокотехнологичная популяризация научных геологических знаний // Электронные библиотеки. – 2021. – Т. 24. – № 4. – С. 604–621. DOI: 10.26907/1562-5419-2021-24-4-604-621.
2. Калинина А.И., Барышева Е.А., Расходчиков М.Ю. Актуальность и перспективы развития индустрии смешанной реальности // Системный администратор. – 2019. – № 5 (198). – С. 76–79.
3. Смешанная реальность [Электронный ресурс] URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Смешанная_реальность_\(Гибридная_реальность%2C_Mixed_reality%2C_MR\)#](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Смешанная_реальность_(Гибридная_реальность%2C_Mixed_reality%2C_MR)#) (дата обращения: 14.11.2022).
4. Vatican Museums Virtual Tours [Электронный ресурс] / Vatican Museums. – Режим доступа: <https://www.museivaticani.va/content/museivaticani/en/collezioni/musei/tour-virtuali-elenco.1.html> (дата обращения: 11.11.2022).
5. National Museum of Natural History Virtual Tours [Электронный ресурс] / Smithsonian National Museum of Natural History. – Режим доступа: <https://naturalhistory.si.edu/visit/virtual-tour> (дата обращения: 11.11.2022).
6. Никитский ботанический сад. Virtual tour generated by Panotour [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://nikitasad.ru/wp-content/uploads/3d/Nikita_sad.html (дата обращения: 11.11.2022).
7. Виртуальная экскурсия по Ботаническому саду [Электронный ресурс] / Самарская областная благотворительная организация Ассоциация «Социальная защита детей инвалидов». – Режим доступа: <https://kray63.ru/virtualnye-ekskursii/ekologicheskie-i-prirodnye-resursy/virtualnaya-ekskursiya-po-botanicheskomu-sadu> (дата обращения: 11.11.2022).
8. Амфора Мастера Дария. 3D-реконструкция [Электронный ресурс] / Государственный музей изобразительных искусств им. А.С. Пушкина. – Режим доступа: <http://www.museumconservation.ru/data/specprojects/amfora/3d.html> (дата обращения: 11.11.2022).
9. WebGL Overview [Электронный ресурс] / The Khronos Group Inc. – 2022. – Режим доступа: <https://www.khronos.org/webgl> (дата обращения: 14.11.2022).
10. Adobe Flash Player End of Life [Электронный ресурс] / Adobe. – 13.01.2022. – Режим доступа: <https://www.adobe.com/ru/products/flashplayer/end-of-life.html> (дата обращения: 14.11.2022).
11. Microsoft Silverlight [Электронный ресурс] / Microsoft. – Режим доступа: <https://www.microsoft.com/silverlight> (дата обращения: 14.11.2022).
12. Oracle Java SE Support Roadmap [Электронный ресурс] / Oracle. – 22.03.2022. – Режим доступа: <https://www.oracle.com/java/technologies/java-se-support-roadmap.html> (дата обращения: 14.11.2022).
13. Babylon.js — Sponza demo [Электронный ресурс] / Babylon.js. – Режим доступа: <https://david.blob.core.windows.net/babylonjs/SponzaVR/index.html> (дата обращения: 14.11.2022).
14. Wallace E. WebGL Water [Электронный ресурс]. – 2010. – Режим доступа: <https://madebyevan.com/webgl-water/> (дата обращения: 14.11.2022).
15. Three.js – JavaScript 3D library [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://threejs.org/> (дата обращения: 14.11.2022).
16. Unity User Manual 2021.3 (LTS) [Электронный ресурс] / Unity Technologies. – 11.04.2022. – URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html> (дата обращения: 14.11.2022).
17. Eremenko A.S., Naumova V.V. The Development of Popular Science Portal "Living Earth: Geological Perspective" [Электронный ресурс] // Proceedings of the V International Conference Information Technologies in Earth Sciences and Applications for Geology, Mining and Economy (ITES&MP-2019) (Moscow, 14–18 October 2019) (CEUR Workshop Proceedings). 2019. – Vol. 2527. – pp. 6–13. – Режим доступа: <https://ceur-ws.org/Vol-2527/short2.pdf> (дата обращения: 14.11.2022).

References

1. Eremenko A.S., Naumova V.V., Zagumennov A.A., Eremenko V.S., Zlobina A.N. Internet portal "Earth history: geological perspective". High-technology popularization of scientific geological knowledge. *Russian digital libraries journal*. 2021;24(4):604–621. DOI: 10.26907/1562-5419-2021-24-4-604-621.
2. Kalinina A.I., Barysheva E.A., Raskhodchikov M.Yu. Actuality and prospects of mixed reality industry. *Sistemnyi administrator*. 2019;198:76–79.
3. Mixed reality [Electronic resource] URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Смешанная_реальность_\(Гибридная_реальность%2C_Mixed_reality%2C_MR\)#](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Смешанная_реальность_(Гибридная_реальность%2C_Mixed_reality%2C_MR)#) (дата обращения: 14.11.2022).
4. Vatican Museums Virtual Tours. Available at: <https://www.museivaticani.va/content/museivaticani/en/collezioni/musei/tour-virtuali-elenco.1.html> (accessed: 11.11.2022).
5. National Museum of Natural History Virtual Tours. Available at: <https://naturalhistory.si.edu/visit/virtual-tour> (accessed: 11.11.2022).
6. Nikitskii botanicheskii sad [Nikitsky botanical garden]. Virtual tour created by Panotour. Available at: http://nikitasad.ru/wp-content/uploads/3d/Nikita_sad.html (accessed: 11.11.2022).
7. Virtual'naya ehskursiya po Botanicheskomu sadu [Virtual tour of the Botanical Garden]. Available at: <https://kray63.ru/virtualnye-ehskursii/ekologicheskie-i-prirodnye-resursy/virtualnaya-ehskursiya-po-botanicheskomu-sadu> (accessed: 11.11.2022).
8. Apulian Red-figure Amphora. 3D-reconstruction by The Pushkin State Museum of Fine Arts. Available at: http://www.museumconservation.ru/data/specprojects/amfora/3d_eng.html (accessed: 11.11.2022).
9. WebGL overview. 2022. Available at: URL: <https://www.khronos.org/webgl> (accessed 14.11.2022).
10. Adobe Flash Player End of Life. 14.11.2021. Available at: <https://www.adobe.com/ru/products/flashplayer/end-of-life.html> (accessed 14.11.2022).
11. Microsoft Silverlight. Available at: <https://www.microsoft.com/silverlight/> (accessed 14.11.2022).
12. Oracle Java SE Support Roadmap. 22.03.2022. Available at: <https://www.oracle.com/java/technologies/java-se-support-roadmap.html> (accessed 14.11.2022).
13. Babylon.js- Sponza demo. Available at: <https://david.blob.core.windows.net/babylonjs/SponzaVR/index.html> (accessed 14.11.2022).
14. Wallace E. WebGL Water. 2010. Available at: <https://madebyevan.com/webgl-water/> (accessed 14.11.2022).
15. Three.js – 3D JavaScript library. Available at: <https://threejs.org/> (accessed 14.11.2022).
16. Unity User Manual 2021.3 (LTS). 11.04.2022. Available at: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html> (accessed 14.11.2022).
17. Eremenko A.S., Naumova V.V. The Development of Popular Science Portal "Living Earth: Geological Perspective". In: Proceedings of the V International Conference Information Technologies in Earth Sciences and Applications for Geology, Mining and Economy (ITES&MP-2019) (Moscow, 14–18 October 2019) (CEUR Workshop Proceedings). 2019;2527:6-13. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-2527/short2.pdf> (accessed 14.11.2022).

Статья поступила в редакцию 25.10.2022, одобрена после рецензирования 27.10.2022, принята к публикации 05.12.2022.
The article was submitted 25.10.2022; approved after reviewing 27.10.2022; accepted for publication 05.12.2022.

Информация об авторах

Молородов Юрий Иванович

Доцент, кандидат физико-математических наук
Старший научный сотрудник Федерального
исследовательского центра информационных и
вычислительных технологий (ФИЦ ИВТ)
630090 Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 6
e-mail: yumo1@ya.ru
ORCID ID: 0000-0003-3055-0735
SCOPUS ID: 12794823600
ResearchGate: A-5937-2014
РИНЦ SPIN 1941-0259

Слепцов Ефрем Андреевич

Инженер Федерального исследовательского центра
информационных и вычислительных технологий (ФИЦ ИВТ)
630090 Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, д. 6
Новосибирский Государственный Университет (НГУ)
630090, Новосибирск, ул. Пирогова, д. 1
e-mail: e.sleptsov@g.nsu.ru

Information about authors

Yuri I. Molorodov

Associate Professor, Candidate of Physical and Mathematical
Sciences
Senior Researcher in Federal Research Center for Information and
Computing Technologies
6, Akademika Lavrentiev Avenue, Novosibirsk, 630090, Russia
e-mail: yumo1@ya.ru
ORCID ID: 0000-0003-3055-0735
SCOPUS ID: 12794823600
ResearchGate: A-5937-2014
SPIN 1941-0259

Efrem A. Sleptsov

Engineer in Federal Research Center for Information and
Computing Technologies
6, Akademika Lavrentiev Avenue, Novosibirsk, 630090, Russia
Novosibirsk State University
1, Pirogova str., Novosibirsk, 630090, Russia
e-mail: e.sleptsov@g.nsu.ru