

## Архитектура цифрового репозитория публикаций на платформе DSpace

А. С. Бондяков\*, А. О. Кондратьев

Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований, г. Дубна, Российская Федерация

Адрес: 141980, Российская Федерация, Московская область, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6

\* aleksey@jinr.ru

### Аннотация

В данной статье проводится анализ архитектуры DSpace – популярной открытой платформы управления цифровыми репозиториями. Рассматриваются особенности структуры, компонентов и преимущества данной архитектуры в контексте цифрового хранения и управления информацией.

Цифровые репозитории имеют высокую практическую значимость и актуальность в научном сообществе, обеспечивают доступ к научным данным, повышают удобство работы с информацией. Данные репозитории представляют собой системы для хранения, управления, поиска и распространения цифровых данных и документов, обеспечивают централизованное хранение информации, обеспечивая ее долгосрочную доступность и сохранность, охватывают широкий спектр данных – от научных статей и диссертаций, до архивных материалов и прочего. Они поддерживают стандарты метаданных, что облегчает поиск и организацию информации, а также способствует ее качественной аналитике.

Архитектура DSpace базируется на модульности и расширяемости, что позволяет адаптировать репозиторий под конкретные потребности организации, а также предоставляет разнообразные функциональные возможности для организации и управления цифровыми ресурсами, обеспечивает возможность добавления, редактирования и управления метаданными для цифровых объектов, предлагает функционал поиска и обнаружения цифровых ресурсов с помощью различных параметров поиска, фильтрации результатов и сортировки и многое другое. Глубокое изучение архитектуры цифровых репозиториях позволяет создавать эффективные, надежные и удобные инструменты для хранения и обмена информацией. Архитектура DSpace, включает в себя базу данных, бизнес-логику, интерфейсы пользователей, а также возможности для расширения функциональности. Исследование и понимание таких деталей позволяют разработчикам создавать инновационные и функциональные цифровые репозитории, удовлетворяющие потребности пользователей и обеспечивая надежное хранение информации.

**Ключевые слова:** цифровые репозитории, архитектура репозитория, метаданные, цифровой контент

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Бондяков А. С., Кондратьев А. О. Архитектура цифрового репозитория публикаций на платформе DSpace // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2024. Т. 20, № 3. С. 602-608. <https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202403.602-608>

© Бондяков А. С., Кондратьев А. О., 2024



Контент доступен под лицензией Creative Commons Attribution 4.0 License.  
The content is available under Creative Commons Attribution 4.0 License.



## Architecture of the Digital Publication Repository on the DSpace Platform

A. S. Bondyakov\*, A. O. Kondratyev

Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russian Federation

Address: 6 Joliot-Curie St., Dubna 141980, Moscow region, Russian Federation

\* aleksey@jinr.ru

### Abstract

This article analyzes the architecture of DSpace – a popular open-source platform for managing digital repositories. The features, components, and benefits of this architecture for digital storage and information management are explored. Digital repositories play a significant role in the scientific community, as they provide access to a wealth of scientific data and make it easier to work with information. These repositories are systems for storing, managing, searching, and disseminating digital data and documents, ensuring centralized information storage, long-term availability, and preservation. They cover a wide range of data – from scientific articles and dissertations to archival materials and more. They support metadata standards, facilitating information search and organization, as well as contributing to its qualitative analytics. The architecture of DSpace is based on modularity and extensibility, allowing the repository to be adapted to the specific needs of the organization, providing various functional capabilities for organizing and managing digital resources, enabling the addition, editing, and management of metadata for digital objects, offering search and discovery functionality for digital resources using a variety of search parameters, result filtering, sorting, and more. Deep exploration of the architecture of digital repositories enables the creation of efficient, reliable, and user-friendly tools for storing and exchanging information. The DSpace architecture includes a database, business logic, user interfaces, and capabilities for expanding functionality. Researching and understanding these details allow developers to create innovative and functional digital repositories that meet user needs and ensure secure information storage.

**Keywords:** digital repositories, repository architecture, metadata, digital content

**Conflict of interests:** The authors declares no conflict of interest.

**For citation:** Bondyakov A.S., Kondratyev A.O. Architecture of the Digital Publication Repository on the DSpace Platform. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2024;20(3):602-608. <https://doi.org/10.25559/SITITO.020.202403.602-608>



## Введение

DSpace является одним из наиболее широко используемых инструментов для создания и управления цифровыми репозиториями в области научной деятельности, культурного наследия и образования. Архитектура DSpace спроектирована таким образом, чтобы быть надежной, масштабируемой и безопасной. Это позволяет создавать и поддерживать крупные цифровые библиотеки с большим объемом контента и широким кругом пользователей. Расширяемость и гибкость платформы делают ее идеальным инструментом для организаций, научных учреждений и библиотек, желающих эффективно управлять цифровыми ресурсами и делиться знаниями с мировым сообществом [1-8].

DSpace представляет собой систему с открытым исходным кодом, специально разработанную для цифрового хранения и управления информацией. Отличие DSpace заключается в его простоте использования, удобстве в установке, гибком управлении доступом и политиками, а также в поддержке различных форматов файлов и гибком управлении метаданными. Платформа обладает устойчивостью, масштабируемостью и активно развивается за счет поддержки расширений и интеграций. В сравнении с такими платформами как Fedora Commons и EPrints, DSpace выделяется своей простотой использования и гибкостью, что делает его предпочтительным выбором для учреждений, библиотек и организаций, стремящихся к эффективному и надежному цифровому хранению и управлению информацией.

Fedora Commons, с другой стороны, предоставляет более гибкие возможности управления объектами и метаданными, что делает его привлекательным для организаций, где требуется высокий уровень настройки программного обеспечения, чтобы оно лучше соответствовало определенным потребностям пользователя. EPrints, обладая специализированным набором функций и инструментов для автоматической каталогизации, в свою очередь, ориентирован на хранение и управление научными публикациями. В итоге, выбор между DSpace, Fedora Commons и EPrints будет зависеть от конкретных потребностей и целей вашей организации в области цифрового хранения и управления информацией [9-15].

## Цель исследования

Целью исследования данной статьи состоит в подробном изучении архитектуры цифрового репозитория публикаций на платформе DSpace. Изучение данной архитектуры поможет разработчикам лучше понять структуру и принципы работы этой системы открытого доступа к цифровому контенту. Это позволит им создавать более эффективные и инновационные приложения, интегрированные с DSpace, и обеспечивать удобный доступ к научной информации.

## Материалы и методы

Для изучения архитектуры DSpace был проведен анализ структуры, компонентов и взаимосвязей системы. Были рассмотрены ключевые аспекты, такие как модульность, расши-

ряемость, безопасность и управление данными.

Модульность DSpace представляет собой архитектурный подход, который обеспечивает разделение функциональности системы на независимые модули, которые могут быть легко добавлены, изменены или удалены без воздействия на остальные части системы. Это позволяет улучшить гибкость и расширяемость системы, а также упрощает ее администрирование<sup>1</sup> [16-20]. DSpace достигает модульности через использование модульной архитектуры, которая позволяет разработчикам создавать отдельные модули для различных функциональных компонентов системы, таких как хранение данных, поиск, администрирование и т. д. Каждый модуль представляет собой независимую логическую единицу, которая может быть легко подключена или отключена от системы в зависимости от потребностей пользователя. Благодаря модульности DSpace, пользователи могут настраивать функциональность системы, добавляя новые модули или расширения, соответствующие их потребностям и требованиям. Это позволяет создавать индивидуальные конфигурации системы и обеспечивает большую гибкость при адаптации к различным сценариям использования. Например, если организация нуждается в особенностях хранения, которых нет в стандартной конфигурации DSpace, они могут легко разработать и интегрировать свой собственный модуль для удовлетворения своих уникальных потребностей. Это делает DSpace мощным и гибким решением для управления цифровыми репозиториями и коллекциями [21-25].

Безопасность DSpace осуществляется через механизмы аутентификации и авторизации, шифровании данных при передаче, контроле доступа на уровне пользователей и групп, а также мониторинга безопасности и журналирование событий для обнаружения аномальной активности. Данная платформа предлагает возможность регулярного обновления для исправления уязвимостей и обновления безопасности, а также инструменты резервного копирования данных для предотвращения потерь информации.

## Архитектура DSpace включает в себя три основных компонента:

**1. Хранилище (Storage Layer).** Основной компонент, ответственный за хранение всех цифровых объектов, метаданных и других сведений, связанных с цифровыми ресурсами. DSpace использует базы данных для хранения информации и обеспечения ее безопасности. Научные статьи, диссертации, изображения, видео и другие объекты хранятся в хранилище данных DSpace для удобного доступа и управления. Структура хранилища обеспечивает гибкость в добавлении и удалении контента, а также рациональное распределение хранимых данных для оптимизации производительности и сохранности. Надежность хранилища обеспечивается путем резервного копирования и репликации данных, гарантируя их сохранность и доступность.

**2. Приложение (Application Layer).** В системе DSpace, Application Layer является ключевым компонентом, обеспечивающим высокоуровневый доступ и взаимодействие с хранилищем цифровых ресурсов. Этот уровень отвечает за пользовательский интерфейс, позволяя пользователям загружать,

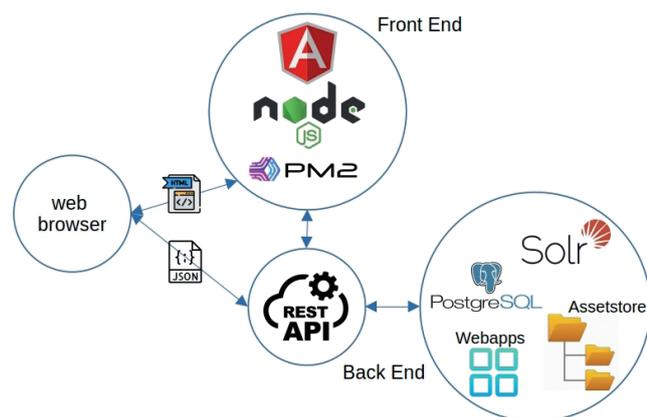
<sup>1</sup> Naik P. G., Naik G. R. Creating and Managing Institutional Repository Using DSpace – A Case Study Approach. Educreation Publishing, 2019. 273 p.



искать, просматривать и управлять цифровыми объектами, хранящимися в репозитории DSpace. Приложение DSpace предоставляет функциональность для работы с метаданными, авторизацией и аутентификацией пользователей, совместным доступом к контенту, а также интеграцией с другими системами. Этот уровень также обеспечивает удобный интерфейс для администраторов, позволяя им настраивать и управлять параметрами системы, контролировать доступ к ресурсам и обеспечивать безопасность данных. В целом, приложение DSpace играет важную роль в обеспечении удобного и эффективного взаимодействия пользователей с цифровыми ресурсами, а также в управлении и поддержке работы репозитория цифровых объектов.

**3. Бизнес-логика (Business Logic Layer):** обеспечивает функциональность по управлению метаданными, поиску, интеграции с внешними системами и другими операциями. Данный компонент определяет правила обработки данных, бизнес-правила и логику взаимодействия с хранилищем данных, а также обеспечивает выполнение различных операций, таких как загрузка данных, поиск, редактирование метаданных и управление доступом к ресурсам. Этот уровень также контролирует политики доступа к контенту, управляет процессом публикации и архивирования материалов, а также обеспечивает целостность и безопасность данных. Бизнес-логика в DSpace играет ключевую роль в обеспечении правильного выполнения бизнес-процессов и обеспечении эффективного взаимодействия пользователей с цифровыми ресурсами, определяет какие пользователи могут загружать новые материалы, редактировать существующие записи, управлять метаданными, а также к каким коллекциям и сообществам они имеют доступ.

Резюмируя вышеизложенное, можно заключить, что архитектура DSpace представляет собой комплексное решение, обеспечивающее эффективное управление цифровым контентом, соблюдение принципов безопасности и доступности данных, а также поддерживающее растущие потребности в области цифровой архивации и управления информацией.



Р и с. 1. Взаимодействие компонентов фронтенда и бэкенда в архитектуре Dspace

Fig. 1. The interaction between frontend and backend components in the Dspace architecture

Источник: здесь и далее в статье все рисунки составлены авторами.

Source: Hereinafter in this article all figures were drawn up by the authors.

На рис. 1 показано взаимодействие компонентов фронтенда и бэкенда в архитектуре DSpace. Фронтенд в DSpace включает в себя различные компоненты, каждый из которых играет важную роль в создании удобного и эффективного пользовательского интерфейса для доступа к цифровым ресурсам и контенту. Один из ключевых компонентов – это пользовательская панель управления, которая обеспечивает пользователям возможность поиска, просмотра и управления контентом в репозитории. Кроме того, в фронтенде DSpace присутствуют компоненты для отображения метаданных и описания ресурсов, обеспечивая пользователей информацией о содержании и характеристиках цифровых объектов. Необходимые функциональные элементы, такие как система авторизации и аутентификации, также интегрированы во фронтенд DSpace, обеспечивая безопасный доступ к контенту и возможность работы с персональными данными. Фронтенд DSpace представляет собой комплексный набор компонентов, которые взаимодействуют для создания понятного, удобного и многофункционального интерфейса, способствующего эффективной работе пользователей с цифровыми ресурсами и их управлению. Пользовательский интерфейс DSpace базируется на Angular в связке с Node.js и PM2. Angular обеспечивает динамичный пользовательский интерфейс, Node.js выполняет серверную логику и взаимодействие с базами данных, а PM2 обеспечивает контроль за процессами и мониторингом приложения. Использование Angular в пользовательском интерфейсе DSpace позволяет легко создавать компоненты, которые могут мгновенно обновляться без необходимости полной перезагрузки страницы. Это обеспечивает более гибкий и отзывчивый интерфейс для пользователей, делая работу с DSpace более удобной и эффективной.

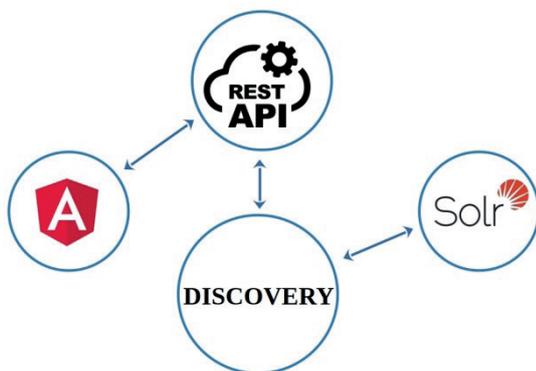
Бэкенд DSpace включает в себя ряд важных компонентов, которые обеспечивают хранение, управление и представление цифровых ресурсов. Ключевые элементы системы включают базу данных, где хранятся метаданные, информация о пользователях и настройки доступа. Серверная логика, основанная на Java обрабатывает запросы, обеспечивая функциональность, такую как загрузка, поиск и представление ресурсов. Кэширование и управление сессиями помогают оптимизировать производительность, а REST API обеспечивает интеграцию с другими приложениями. В целом, компоненты бэкенда DSpace тесно взаимодействуют с фронтендом, обеспечивая надежное и эффективное хранение и управление цифровыми ресурсами на платформе.

Таким образом, фронтенд DSpace обеспечивает пользовательский интерфейс и взаимодействие с пользователями, в то время как бэкенд управляет бизнес-логикой, хранением данных и REST API для обмена информацией.

Одним из наиболее важных инструментов для исследователей и пользователей, позволяющий эффективно находить нужные знания и ресурсы в DSpace является поиск. В DSpace обычно применяются различные методы поиска, такие как ключевые слова, фильтры, расширенный поиск, сортировка результатов и т. д. Метаданные играют ключевую роль в процессе поиска, поэтому правильное заполнение метаданных при загрузке контента помогает улучшить качество и точность поиска. Для поиска в DSpace используется технология Apache Solr. Эта технология представляет собой распределенный и высокона-



груженный сервер для поиска и анализа текста, основанный на Java. Он позволяет создавать индексируемые объекты данных, что обеспечивает пользователей быстрым и точным доступом к информации. Одним из ключевых преимуществ Apache Solr является его способность эффективно обрабатывать огромные объемы данных, позволяя пользователям быстро находить нужную информацию. Благодаря индексированию данных и возможности настройки поисковых запросов, Apache Solr обеспечивает точные результаты поиска, учитывая различные параметры и критерии. Он также поддерживает множество типов данных и форматов, что делает его универсальным инструментом для обработки и анализа различных данных. Более того, Apache Solr имеет открытый и расширяемый код, что позволяет разработчикам создавать индивидуальные решения и интегрировать его с другими системами. Это делает его идеальным выбором для создания мощных и гибких поисковых систем в любой области, где требуется быстрый и точный доступ к данным.



Р и с. 2. Схема работы микросервиса Discovery  
F i g. 2. Discovery Microservice Operation Scheme

Для работы с Solr в DSpace используется Discovery (рис. 2). Discovery работает как микросервис, обеспечивая интеграцию с Apache Solr для эффективного поиска и навигации по содержимому репозитория. Этот микросервис значительно улучшает возможности поиска в DSpace, делая процесс более быстрым и удобным для пользователей. Discovery – интегрируется с Apache Solr для обеспечения мощных возможностей поиска и навигации по содержимому репозитория. Этот микросервис осуществляет индексацию метаданных и текстового контента, что позволяет пользователям производить эффективный поиск по различным параметрам. Discovery предоставляет множество возможностей для настройки и расши-

рения функциональности поиска, включая фасетный поиск, расширенные запросы, сортировку результатов, подсветку и многое другое. Это позволяет пользователям быстро находить необходимую информацию в репозитории и удобно взаимодействовать с контентом. Кроме того, Discovery также обеспечивает поддержку множества языков и возможность работы с различными типами контента, что делает его универсальным инструментом для поиска информации в различных форматах. Дополнительно, возможность фильтрации результатов по параметрам, сортировки и подсветки ключевых слов в результатах поиска в Discovery облегчает навигацию и анализ больших объемов информации, что представляет ценность, как для исследователей, так и для администраторов репозитория.

## Результаты исследования

Исследование показало, что архитектура DSpace обладает высокой степенью гибкости и расширяемости, что позволяет адаптировать систему под различные потребности пользователей. Ее модульная структура обеспечивает простоту внедрения новых функций и интеграцию с другими системами. Простота интеграции с другими системами представляет собой ключевое преимущество архитектуры DSpace. Благодаря возможности интеграции с внешними приложениями и сервисами, пользователи могут создавать мощные и комплексные информационные экосистемы, удовлетворяющие их специфическим потребностям. Тестовая версия цифрового репозитория публикаций на платформе DSpace представлена в рамках цифровой эко системы ОИЯИ в режиме опытной эксплуатации.

## Обсуждение и заключение

Изучение архитектуры DSpace позволяет оценить ее преимущества и потенциал для использования в качестве инструмента управления цифровыми репозиториями. Гибкость, модульность и безопасность делают DSpace привлекательным выбором для организаций и учреждений, стремящихся обеспечить эффективное управление и доступ к цифровой информации. Дальнейшие исследования могут углубить понимание возможностей и оптимизацию архитектуры DSpace для различных сфер применения. Исследования по оптимизации производительности, улучшению пользовательского интерфейса, обеспечению безопасности данных, интеграции с новыми технологиями и применению в различных областях могут привести новые возможности, функциональности и эффективность в использовании DSpace.

## References

- [1] Filozova I.A., Shestakova G.V., Zaikina T.N., Bondyakov A.S., Kondratyev A.O., Nekrasova I.K. Installation and Performance Evaluation of the DSpace. *Modern Information Technologies and IT-Education*. 2023;19(3):581-587. (In Russ., abstract in Eng.) <https://doi.org/10.25559/SITITO.019.202303.581-587>
- [2] Posavec K., Celjak D., Musap L.J. Role of a Croatian National Repository Infrastructure in Promotion and Support of Research Data Management. *Data Science Journal*. 2020;19(1):48. <http://dx.doi.org/10.5334/dsj-2020-048>
- [3] Masor M.H., Kassim N.A. Measuring success factors and performance of institutional repositories. *Journal of Administrative and Business Studies*. 2020;6(3):78-83. <http://dx.doi.org/10.20474/jabs-6.3.1>



- [4] Okon R., Eleberi E.L., Uka K.K. A Web Based Digital Repository for Scholarly Publication. *Journal of Software Engineering and Applications*. 2020;13:67-75. <https://doi.org/10.4236/jsea.2020.134005>
- [5] Kodua-Ntim K., Fombad M.C. Strategies for the use of open access institutional repositories at universities in Ghana. *Library Management*. 2020;41(6-7):515-530. <https://doi.org/10.1108/LM-02-2020-0023>
- [6] Itiola C.O., Iwasokun B.G., Adetooto J.D. Development of an Online Repository for Academic Research Works in FUTA. *International Journal of Sustainability Management and Information Technologies*. 2021;7(1):22-26. <https://doi.org/10.11648/j.ijsm.20210701.14>
- [7] Nyaichyai L., Luitel G., Maharjan R.K. Experiences of Library Professionals on DSpace Installation. *Nepal Journal of Multidisciplinary Research*. 2021;4(2):93-105. <http://dx.doi.org/10.3126/njmr.v4i2.39177>
- [8] Choi N., Pruett J.A. The context and state of open source software adoption in US academic libraries. *Library Hi Tech*. 2019;37(4):641-659. <https://doi.org/10.1108/LHT-02-2019-0042>
- [9] Maia M., Coneglian C., Shintaku M. Propositional study of a model for quality evaluation in technical memory deposits in a Digital Library implemented in DSpace. *RDBCI: Revista Digital de Biblioteconomia e Ciência da Informação*. 2021;21:1-13. <http://dx.doi.org/10.20396/rdbci.v21i00.8671927/31965>
- [10] Formanek M. Solving SEO Issues in DSpace-based Digital Repositories. *Information Technology and Libraries*. 2021;40(1):1-28. <http://dx.doi.org/10.6017/ital.v40i1.12529>
- [11] Kyprianos K., Lygnou E. Institutional repositories and copyright in Greek academic libraries. *JLIS.it*. 2022;13(2):92-112. <http://dx.doi.org/10.36253/jlis.it-449>
- [12] Symulevich A., Boczar J. Summer of migration: consolidating institutional repositories into a redesigned singular platform. *Digital Library Perspectives*. 2022;39(2):220-228. <http://dx.doi.org/10.1108/DLP-03-2022-0028>
- [13] Zaikina T., Filozova, I., Shestakova G., et al. JDS-JOIN2 Repository as a Workspace for Scientific Output. *Physics of Particles and Nuclei Letters*. 2022;19:583-585. <https://doi.org/10.1134/S1547477122050454>
- [14] Balutkina N., Stukalova A. Institutional Repositories in Russia and Abroad: Review of Publications. *Bibliotekovedenie = Russian Journal of Library Science*. 2022;71(2):193-206. (In Russ., abstract in Eng.) <http://dx.doi.org/10.25281/0869-608X-2022-71-2-193-206>
- [15] Dudnikova O., Bogomolov A. Digital Repository of the Southern Federal University in the Scientific and Educational Space of the University. *Scholarly Research and Information*. 2021;4(3):82-93. (In Russ., abstract in Eng.) <http://dx.doi.org/10.24108/2658-3143-2021-4-3-82-93>
- [16] Satish S. Development of Institutional Repository Using DSpace at ICMR – National Institute of Epidemiology, Chennai, Tamil Nadu: An Overview. *Asian Journal of Information Science and Technology*. 2019;9(2):96-102. <http://dx.doi.org/10.51983/ajist-2019.9.2.268>
- [17] Callicott B.B., Scherer D., Wesolek A. Making Institutional Repositories Work. Purdue University Press; 2016. JSTOR, <https://doi.org/10.2307/j.ctt1wf4drg>
- [18] Imoro O., Sauroombe N. Institutional repository infrastructure: a survey of Ghanaian public universities. *Collection and Curation*. 2024;43(1):1-7. <https://doi.org/10.1108/CC-11-2022-0038>
- [19] Nguyen H.T.T., Hwang W.-Y., Pham T., Truong T.T.T., Chang H.-W. Development of a mobile Web library application for an institutional repository and investigation of its influences on learning. *The Electronic Library*. 2023;41(5):578-616. <https://doi.org/10.1108/EL-03-2023-0062>
- [20] Belov S., Kadochnikov I., Korenkov V., Reshetnikov A., Semenov R., Zrellov P. Data Analysis Platform for Stream and Batch Data Processing on Hybrid Computing Resources. *CEUR Workshop Proceedings*. 2021;3041:174-179. Available at: <https://ceur-ws.org/Vol-3041/174-179-paper-32.pdf> (accessed 17.06.2024).
- [21] Chapepa G.G., Ngwira F., Mapulanga P. Metadata creation practices at the Lilongwe University of Agriculture and Natural Resources library's institutional repository. *Digital Library Perspectives*. 2023;39(2):205-219. <https://doi.org/10.1108/DLP-09-2022-0074>
- [22] Asadi S., Abdullah R., Yah Y., Nazir S. Understanding Institutional Repository in Higher Learning Institutions: A Systematic Literature Review and Directions for Future Research. *IEEE Access*. 2019;7:35242-35263. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2897729>
- [23] Butterfield A.C., Galbraith Q., Martin M. Expanding your institutional repository: Librarians working with faculty. *The Journal of Academic Librarianship*. 2022;48(6):102628. <http://dx.doi.org/10.1016/j.acalib.2022.102628>
- [24] Utulu S.C.A., Ngwenyama O. Understanding the influence of librarians cognitive frames on institutional repository innovation and implementation. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*. 2019;85(6):e12110. <http://dx.doi.org/10.1002/isd2.12110>
- [25] Nneka C., Kaosisochukwu C. Institutional repository for global knowledge sharing. *Journal of ICT Development, Applications and Research*. 2021;3(1/2):41-49. <http://dx.doi.org/10.47524/jictdar.v3i1.42>

Поступила 17.06.2024; одобрена после рецензирования 12.08.2024; принята к публикации 21.09.2024.

Submitted 17.06.2024; approved after reviewing 12.08.2024; accepted for publication 21.09.2024.



**Об авторах:**

**Бондяков Алексей Сергеевич**, инженер-программист Лаборатории информационных технологий имени М.Г. Мещерякова, Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований (141980, Российская Федерация, Московская область, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6), кандидат технических наук, **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0429-3931>**, [aleksey@jinr.ru](mailto:aleksey@jinr.ru)

**Кондратьев Андрей Олегович**, младший научный сотрудник Лаборатории информационных технологий имени М.Г. Мещерякова, Международная межправительственная организация Объединенный институт ядерных исследований (141980, Российская Федерация, Московская область, г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, д. 6), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6203-9160>**, [kondratyev@jinr.ru](mailto:kondratyev@jinr.ru)

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

**About the authors:**

**Aleksey S. Bondyakov**, Software Engineer of the Mescheryakov Laboratory of Information Technologies, Joint Institute for Nuclear Research (6 Joliot-Curie St., Dubna 141980, Moscow region, Russian Federation), Cand. Sci. (Eng.), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0429-3931>**, [aleksey@jinr.ru](mailto:aleksey@jinr.ru)

**Andrey O. Kondratyev**, Junior Research Fellow of the Mescheryakov Laboratory of Information Technologies, Joint Institute for Nuclear Research (6 Joliot-Curie St., Dubna 141980, Moscow region, Russian Federation), **ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6203-9160>**, [kondratyev@jinr.ru](mailto:kondratyev@jinr.ru)

*All authors have read and approved the final manuscript.*

