

Информационная система по биоресурсным коллекциям институтов ФАНО России

С.А. Лашин^{1, 2}, Д.А. Афонников^{1, 2}✉, М.А. Генаев¹, Ф.В. Казанцев^{1, 2}, Е.Г. Комышев¹, Е.А. Ощепкова¹, А.В. Петров²,
Д.А. Рассказов¹, А.А. Смирнова¹, Н.А. Колчанов^{1, 2}

¹ Федеральный исследовательский центр Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук, Новосибирск, Россия

² Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, Новосибирск, Россия

При изучении живого разнообразия большую роль играют биоресурсные коллекции – систематизированные хранилища биологического материала в любых комбинациях и формах. Содержимое коллекций, как правило, формировалось в течение нескольких сотен лет и описывает огромное количество образцов, исчисляемое миллиардами. Большие усилия направлены на сохранение этого материала, а также получение новых образцов. Российская Федерация занимает огромную территорию суши, имеет протяженную береговую линию и богатые природные ресурсы, разнообразие природно-экологических зон. В связи с этим ее территория является уникальной для сбора материала биологических коллекций. В настоящее время в России развивается большое количество биоресурсных коллекций (БРК), однако существует ряд трудностей, связанных, прежде всего, с отсутствием единого информационного ресурса по таким коллекциям. В целях развития научной инфраструктуры Федеральное агентство научных организаций (ФАНО России) проводит работу по формированию единых подходов к использованию существующих БРК и созданию единой информационной системы для их поддержки. В статье представлены результаты разработки информационного портала, призванного обеспечить унифицированные методы работы по всем БРК организаций ФАНО России – ввод, хранение, актуализацию и разграниченный доступ к специфической информации о единицах хранения и их характеристиках. Информационная система «Биоресурсные коллекции научных организаций» (ИС БРК) разработана в виде Интернет-портала (www.biores.cytogen.ru), интегрирующего базы данных (БД) биоресурсных коллекций ФАНО России и графический интерфейс пользователя. Управление доступом к базам данных, интегрируемым в ИС БРК, осуществляется через программный интерфейс для просмотра записей, их создания и редактирования на основе технологии REST. Графический интерфейс пользователя предоставляет следующие возможности в соответствии с правами доступа к БД БРК: авторизованный доступ; просмотр записей; редактирование записей; создание и удаление записей; статистический анализ данных; генерация сводных отчетов; экспорт содержимого записей в формате PDF/RTF/JSON. Графический интерфейс пользователя реализован с применением инструментария и библиотек DRUPAL 7.0. Архитектурно портал представляет собой центральный узел с серией модулей, взаимодействующих через унифицированные программные интерфейсы. Таким образом решается задача подключения новых источников данных (баз коллекций), реализованных на разных системах управления базами данных. С учетом того что в настоящее время многие организации поддерживают

An integrated information system on bioresource collections of the FASO of Russia

S.A. Lashin^{1, 2}, D.A. Afonnikov^{1, 2}✉, M.A. Genayev¹, F.V. Kazantsev^{1, 2}, E.G. Komyshev¹, E.A. Oschepkova¹, A.V. Petrov², D.A. Rasskazov¹, A.A. Smirnova¹, N.A. Kolchanov^{1, 2}

Institute of Cytology and Genetics SB RAS, Novosibirsk, Russia
Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia

Biological collections play a huge role in studying biological diversity as systematic storages of biological materials in all combinations and forms. Collection materials have generally been formed over hundreds of years and may describe a vast number of samples counted by billions. Great efforts are made to preserve these materials, as well as to obtain more and more samples. The Russian Federation occupies a huge land area, has a long coastline and huge natural resources, a variety of natural and ecological zones. In this regard, its territory is unique from the viewpoint of biodiversity and development of biological collections. Currently, a large number of collections are being developed in Russia, but there are a number of problems associated, first of all, with the lack of an integrated information resource on bioresource collections (BRC). In order to support the development of scientific infrastructure, the Federal Agency for Scientific Organizations (FASO of Russia) has been working on the development of unified approaches to the use of existing bioresource collections and the establishment of the integrated information system. The paper presents an information portal designed to provide uniform methods of work for all BRC organizations of the FASO of Russia: input, storage, updating and differentiated access to specific information about storage units and their characteristics. The information system "Bioresource Collections of Scientific Organizations" (IS BRC) has been developed as a Web-portal (www.biores.cytogen.ru) integrating databases on bioresource collections of the FASO of Russia and graphical user interface. Access control to the databases integrated into the IS BRC is performed through authorized program access for viewing records, their creation and editing on the basis of REST technology. The graphical user interface (GUI) provides the following features in accordance with the access rights: authorized access to the BRC database; viewing BRC database records; editing BRC database records; creating and deleting BRC database records; statistical data analysis in the BRC database; generation of summary reports on the BRC database; export of records content in PDF/RTF/JSON format. The graphical user interface was implemented using the DRUPAL 7.0 toolkit. Architecturally, the portal is concerned as a central node

Received 10.03.2018

Accepted for publication 13.04.2018

© AUTHORS, 2018

S.A. Lashin and D.A. Afonnikov equal contribution to manuscript preparation.

✉ e-mail: ada@bionet.nsc.ru

доступ к каталогам своих коллекций самостоятельно, на портале указываются внешние ссылки на эти ресурсы. В то же время часть информации по коллекциям хранится в базах данных портала БРК ФАНО России в унифицированных форматах. Портал содержит следующие функциональные разделы: главная страница с общей информацией по биоресурсным коллекциям; каталог коллекций; индивидуальные страницы отдельных коллекций с их описанием (информация о кураторе; статистическая информация о числе единиц хранения в коллекции и числе публикаций, а также ссылка на каталог единиц хранения данной БРК). В настоящее время портал содержит описание более чем 13 тыс. единиц хранения 65 биоресурсных коллекций организаций ФАНО России, ведется его активное наполнение.

Ключевые слова: базы данных (БД); информационный портал; биоресурсная коллекция (БРК).

with a series of modules communicating through the unified interfaces. In this way, we solve the problem of connecting new data sources (collection databases) implemented in different DBMS. Given the fact that currently many organizations support access to the catalogues of their collections independently, the portal also provides external links to these Web resources. At the same time, some information on collections is stored within the BRC databases of the FASO of Russia's portal in unified formats. The portal contains the following functional sections: the home page containing general information on bioresource collections, the catalog of collections, individual pages for each particular collection with a short description (information about curators, statistical information about the number of storage units in the collection and the number of publications, as well as a link to the catalog of storage units of this BRC). Currently the portal contains more than 13 thousand entities of 65 bioresource collections organizations of the FASO of Russia. It is still being extended.

Key words: database; informational portal; bioresource collection (BRC).

КАК ЦИТИРОВАТЬ ЭТУ СТАТЬЮ:

Лашин С.А., Афонников Д.А., Генаев М.А., Казанцев Ф.В., Комышев Е.Г., Ощепкова Е.А., Петров А.В., Рассказов Д.А., Смирнова А.А., Колчанов Н.А. Информационная система по биоресурсным коллекциям институтов ФАНО России. Вавиловский журнал генетики и селекции. 2018;22(3):386-393. DOI 10.18699/VJ18.360

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Lashin S.A., Afonnikov D.A., Genaev M.A., Kazantsev F.V., Komyshev E.G., Oschepkova E.A., Petrov A.V., Rasskazov D.A., Smirnova A.A., Kolchanov N.A. An integrated information system on bioresource collections of the FASO of Russia. Vavilovskii Zhurnal Genetiki i Selektzii = Vavilov Journal of Genetics and Breeding. 2018;22(3):386-393. DOI 10.18699/VJ18.360 (in Russian)

Биологические коллекции (систематизированные хранилища биологического материала в любых комбинациях и формах) играют большую роль для документирования разнообразия живых организмов (Kamenski et al., 2016). Материалы коллекций, как правило, формировались в течение нескольких сотен лет и описывают огромное количество образцов, которое в мировом масштабе исчисляется миллиардами (Krishtalka, Humphrey, 2000).

Создание и поддержание коллекций направлено на решение ряда фундаментальных и прикладных задач, среди которых систематика и таксономия организмов (Wen et al., 2015), моделирование экологических ниш (Anderson, 2012) и биогеография (Gillespie, 2013). Коллекции микроорганизмов – важный элемент инфраструктуры научных исследований и промышленных разработок в области биотехнологий и пищевой индустрии (Boundy-Mills, 2012). Биобанки тканей и клеточных культур человека используются в области фундаментальной медицины для изучения механизмов возникновения заболеваний, создания и проверки лекарственных препаратов (Asslaber, Zatloukal, 2007). Коллекции сельскохозяйственных растений успешно применяются для селекции сортов и линий культурных растений, интродукции новых культур (Guevas et al., 2017; Wang et al., 2017). Биоресурсные коллекции (БРК) активно используются в образовании (Cook et al., 2014). Их актуальность в решении научных и прикладных задач осознана относительно недавно, что в итоге привело к бурному росту работ по систематическому пополнению, каталогизации и оцифровке БРК (Smith, Vlagoderov, 2012; Павлинов, 2016).

Важным направлением работ с биоматериалами коллекций является их компьютерный учет. В связи с этим

интенсивно развиваются компьютерные методы описания образцов, создаются системы баз данных (БД) для хранения информации и быстрого доступа к ней (Beaman, Cellinese, 2012; Guralnick et al., 2016), разрабатываются форматы, протоколы и технологии открытого доступа к информации по биологическому разнообразию (Лобанов и др., 2008; Wiczorek et al., 2012; Robertson et al., 2014). В результате обеспечивается быстрый доступ к информации о биологическом разнообразии в мировом масштабе.

Территория Российской Федерации уникальна в отношении разнообразия биологического материала и формирования биологических коллекций. В настоящее время в России развивается большое количество коллекций (Kamenski et al., 2016; Ivanova, Shashkov, 2017), однако при этом существует ряд трудностей, связанных, прежде всего, с отсутствием единого информационного ресурса по биологическим коллекциям.

С целью развития научной инфраструктуры Федеральное агентство научных организаций (ФАНО) России проводит работу по формированию единых подходов к использованию существующих биоресурсных коллекций и созданию единой информационной системы для их поддержки.

В настоящее время в различных организациях ФАНО имеется более 65 коллекций общим объемом более 1 млн единиц хранения по пяти направлениям – коллекции: микроорганизмов, клеточных культур, животных, растений, гербарных образцов. Имеющиеся коллекции интенсивно используются в фундаментальных и прикладных научных исследованиях. Однако работа с ними затруднена по причинам разнородного характера данных и отсутствия общей точки доступа к информации по коллекциям,

универсального формата, систематизированных данных по составу материала коллекции. В России нет единого ресурса, способного интегрировать базы данных по коллекциям микроорганизмов, водорослей, культур клеток, сельскохозяйственных растений, гербарных образцов, животных и биологических материалов человека в унифицированных форматах.

В нашей статье представлены результаты работы по созданию информационного портала, призванного обеспечить унифицированные методы доступа по всем БРК организаций ФАНО России: ввод, хранение, актуализация и разграниченный доступ к специфической информации о единицах хранения и их характеристиках.

Материалы и методы

Информационная система «Биоресурсные коллекции научных организаций» (ИС БРК) разработана в виде Интернет-портала (www.biores.cytogen.ru), интегрирующего базы данных биоресурсных коллекций ФАНО России (БД БРК) и графический интерфейс пользователя (ГИП).

С учетом того что в настоящее время многие научные организации России поддерживают доступ к каталогам своих коллекций самостоятельно, на портале также указаны внешние ссылки на эти ресурсы. В то же время часть информации по коллекциям хранится в собственных базах данных портала в унифицированных форматах. Эти базы данных реализованы на системах управления базами данных (СУБД) PostgreSQL и MySQL.

Управление доступом к БД, интегрируемым в ИС БРК, осуществляется через авторизованный программный доступ (API) для просмотра записей, их создания и редактирования на основе технологии REST.

Графический интерфейс пользователя предоставляет следующие возможности в соответствии с правами доступа: авторизованный доступ к БД БРК, просмотр, редактирование, создание и удаление записей, статистический

анализ данных, генерация сводных отчетов по БД БРК; экспорт содержимого записей в формате PDF/RTF/JSON. ГИП реализован с помощью инструментария и библиотек DRUPAL 7.0 (<https://www.drupal.org/home>).

При проектировании общей архитектуры ИС БРК (рис. 1) было принято решение о разделении модулей хранения информации (СУБД и модули доступа к БД посредством REST API), ГИП ИС БРК (модули отображения отдельных БРК и отдельных единиц хранения, редактирования и добавления) и системы управления пользователями. Архитектурно портал представляет собой центральный узел с серией модулей, взаимодействующих через унифицированные интерфейсы. Таким образом решается задача подключения новых источников данных (баз коллекций), реализованных на разных СУБД.

Выбранная архитектура позволяет добавлять новые типы БД БРК, не меняя общей структуры ИС БРК.

Результаты

Портал «Биоресурсные коллекции научных организаций»

Портал ИС БРК содержит следующие функциональные разделы:

- 1) главная страница: содержит информацию об ИС БРК (рис. 2);
- 2) каталог коллекций: содержит ссылки на индивидуальные страницы отдельных БРК, разбитых на разделы согласно направлениям (коллекции микроорганизмов, культур клеток, растений и животных, гербарных образцов). Индивидуальные страницы отдельных БРК содержат описание коллекции, информацию о кураторе, статистическую информацию о числе единиц хранения в коллекции и числе публикаций, а также ссылку на каталог единиц хранения данной БРК. Отображение единицы хранения приведено на рис. 3 на примере БРК клеточных культур ИЦиГ СО РАН;

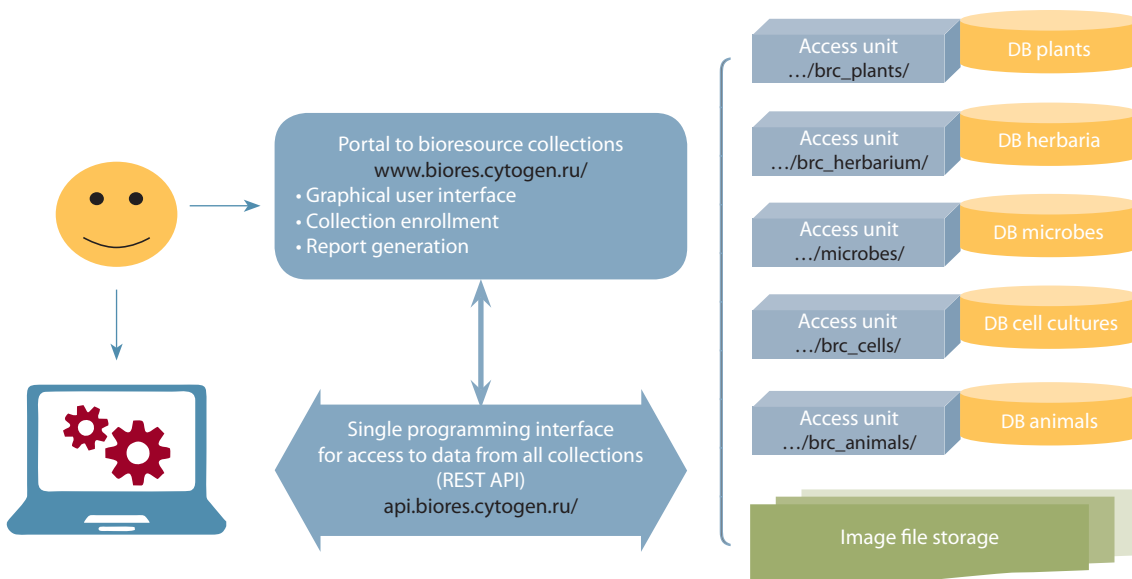


Fig. 1. The general architecture of the BRC data system.

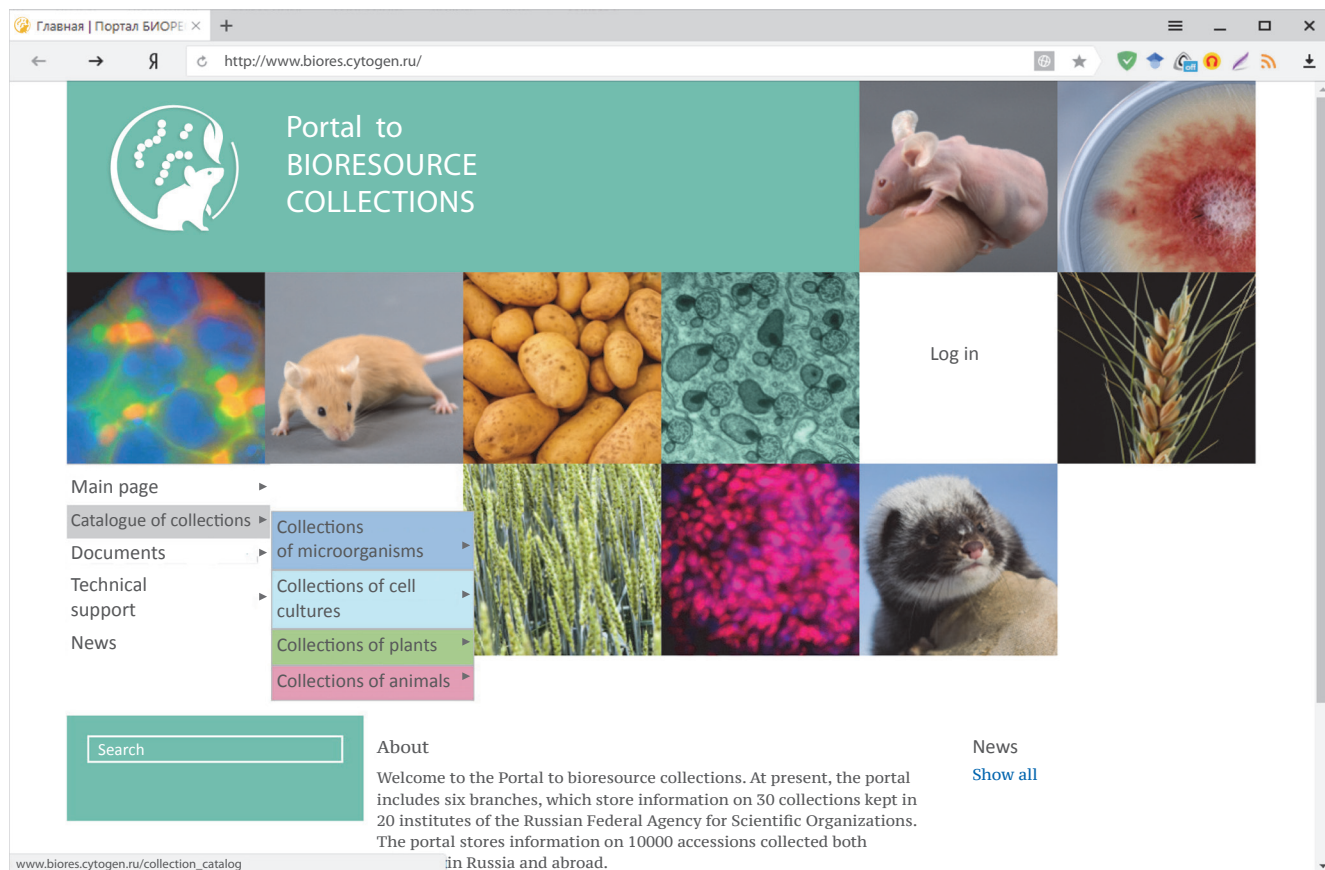


Fig. 2. IS BRC Portal main page (www.biorec.cyto-gen.ru).

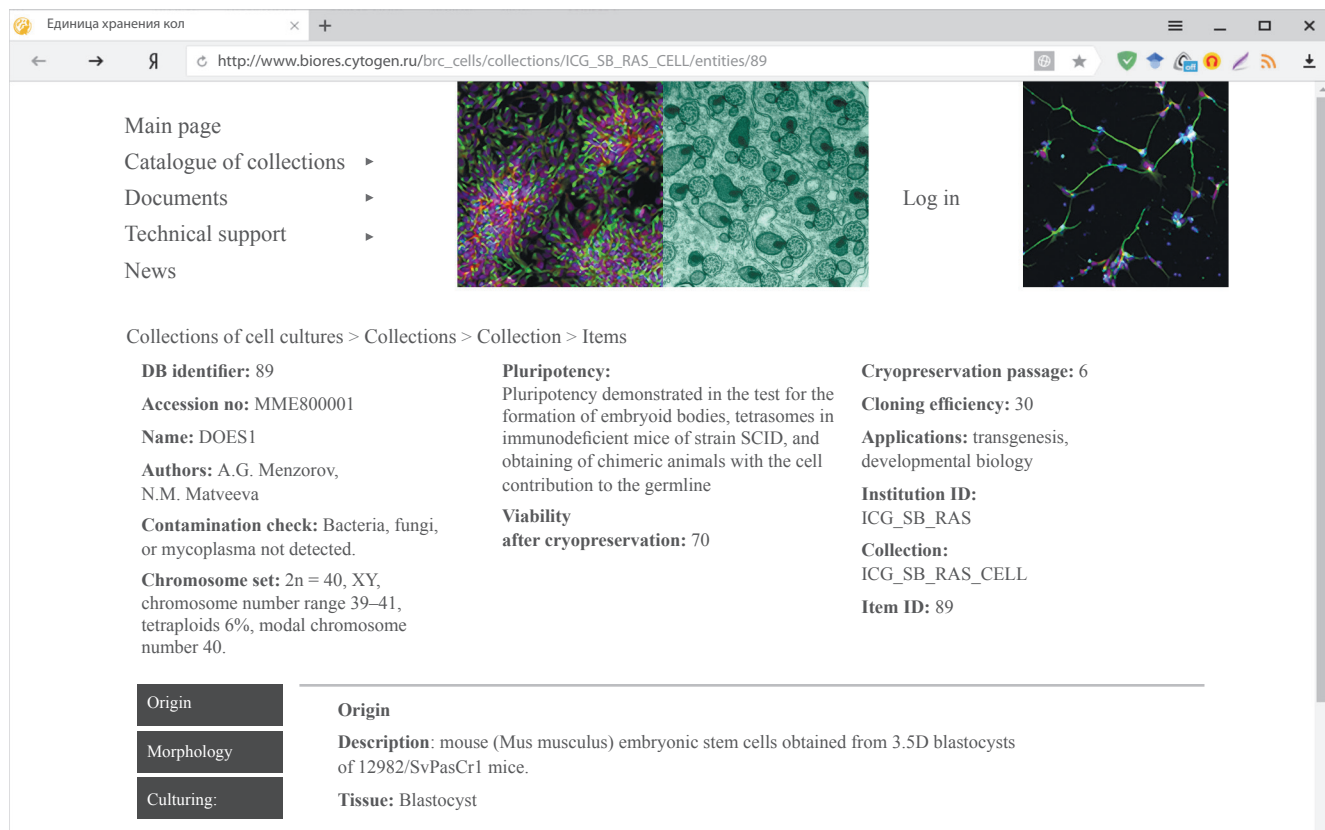


Fig. 3. Presentation of parameters of a unit by the example of the bioresource collection of cell cultures kept at the Institute of Cytology and Genetics, Novosibirsk.

Pages with descriptions of formats of REST queries to the BRC database portal

URL of the page with REST query format description	Collection
http://api.biores.cytogen.ru/microbes	Microorganisms
http://api.biores.cytogen.ru/brc_plants	Plants
http://api.biores.cytogen.ru/brc_animals	Animals
http://api.biores.cytogen.ru/brc_cells	Cell cultures
http://api.biores.cytogen.ru/brc_herbarium	Herbarium specimens

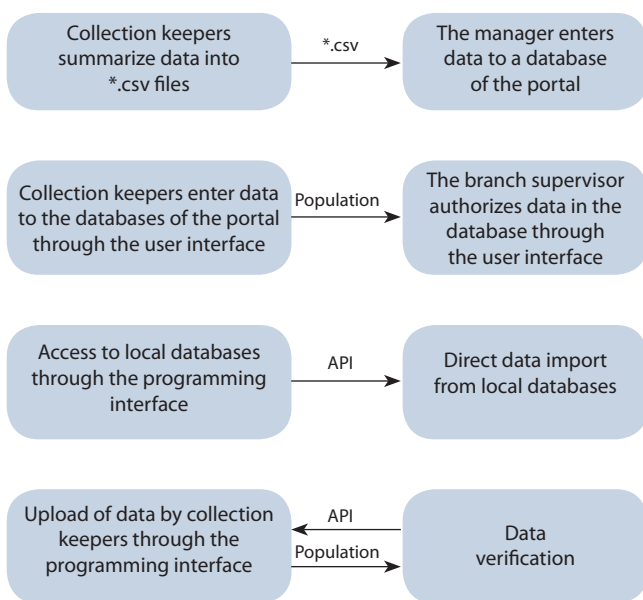


Fig. 4. Methods of the population of BRC information system databases.

- 3) документы: содержит ссылки на нормативные документы, паспорта коллекций и подсистему финансовой модели;
- 4) техническая поддержка: содержит ссылки для поддержки обратной связи с пользователями;
- 5) новости: содержит новости ИС БРК.

Базы данных биоресурсных коллекций

В рамках портала были реализованы следующие БД БРК:

- микроорганизмы (включая БД водорослей и грибов);
- культуры клеток;
- растения;
- гербарные образцы;
- животные.

Форматы описания единиц хранения были унифицированы для вышеперечисленных типов БРК совместно с экспертными группами соответствующих направлений. БД реализованы в СУБД PostgreSQL и MySQL. Взаимодействие БД с ГИП ИС БРК осуществляется посредством REST-запросов к модулям, предоставляющим унифицированный доступ к БД. Данные передаются в формате JSON. Кроме того, все БД ИС БРК предоставляют унифицированный программный доступ (API) для информационных запросов (таблица).

Описание единиц хранения в БД БРК можно добавлять следующим образом (рис. 4): ручное внесение данных через ГИП ИС БРК; автоматическое внесение администраторами ИС БРК данных, подготовленных держателями БРК в установленном формате; импорт данных из внешних БД держателей БРК посредством согласования API (в каждом случае решается в индивидуальном порядке).

Управление пользователями

Подсистема «управления пользователями» в ИС БРК реализована на основе функционала аутентификации, авторизации CMS Drupal и правил разграничения прав доступа по ролям. Разграничение прав доступа для различных ролей проводилось по типам материалов, механизмам управления маршрутами и распределению разрешений CMS Drupal.

В системе были определены следующие роли: незарегистрированный (анонимный) пользователь, куратор коллекции, редактор коллекции, администратор БД БРК, администратор БД БРК экспертной группы, администратор портала БД БРК, администратор портала. Пользователям назначены наборы разрешений на авторизованные действия, такие как «доступ к закрытым страницам коллекций», «разрешение редактировать описание коллекции», «разрешение редактировать единицы хранения коллекций», путем присвоения им соответствующих ролей. Для интегрированных коллекций создана структура страниц краткого описания коллекций (тип материала: «описание коллекции»). В данных структурах для каждой коллекции указаны соответствующие пользователи, имеющие авторизованный доступ к ним. Для маршрутов, осуществляющих взаимодействие с интегрированными БД посредством программного интерфейса, установлены соответствующие требования к разрешениям на авторизованные действия. Тип доступа (чтение, внесение, редактирование, удаление) определяется ролью пользователя. Разрешение на авторизованное действие с данными конкретной коллекции определяет модуль, проверяющий, указан ли запрашивающий действие пользователь в структуре коллекции и имеет ли он соответствующие разрешения, требуемые запрашиваемым маршрутом.

Таким образом, авторизованный доступ к коллекциям и сопутствующим страницам имеют только пользователи с соответствующей ролью. При этом этот доступ разрешен только в случае, если пользователь указан в структуре описания коллекции как пользователь, являющийся куратором, редактором, администратором данной коллекции, БД или портала.

Карточка каждой коллекции на портале содержит следующую информацию: контактные данные организации-держателя, контактные данные куратора коллекции, сводная статистика по наполнению коллекции, список публикаций, ассоциированных с единицами хранения, а также сам каталог коллекций.

Для того чтобы разместить на портале информацию о новой коллекции, необходимо связаться с кураторами портала для регистрации коллекции по установленной форме. После регистрации доступно несколько вариантов пополнения коллекции на портале:

- 1) ввод информации по каждой единице хранения вручную через формы на портале;
- 2) ввод информации по всей коллекции, оформленной по заранее согласованному формату.

Каждая запись единицы хранения представляет собой форму, содержащую набор ключевых характеристик, соответствующих направлению коллекции. Для каждой записи могут быть указаны публикации, в которых содержится информация об исследованиях, связанных с данным образцом. Каждая карточка поддерживает возможность введения информации в графическом виде (файлы изображений, иллюстрации, графики) с текстовым описанием содержимого. В качестве дополнительной информации могут служить фотографии колоний, масс-спектры, фотографии гелей, изображения животных и т. д.

В рамках портала контроль за актуальностью и корректностью представленных данных отвечает группа экспертов и кураторов по соответствующим направлениям.

Работа с порталом

Доступ к информации о коллекциях на портале через интернет-браузер может осуществляться несколькими путями. Полный список коллекций с указанием названия, раздела и организации держателя доступен в разделе портала «Каталог коллекций» (http://www.biores.cytogen.ru/portal_collections). Переход на страницу коллекции можно осуществлять через выпадающее меню (см. рис. 2).

Доступ к информации о коллекциях на портале унифицирован. Структура адресов Web-страниц представляет собой естественную иерархию – от общего к частному. Эта иерархия отражается в уровнях адресов портала. Первый уровень иерархии соответствует главной странице портала – основной точке входа на портал. Информация по этому адресу включает структуру портала и ссылки на каталог коллекций (<http://www.biores.cytogen.ru/>).

Второй уровень иерархии позволяет работать со страницами разделов биоресурсных коллекций. Информация по направлениям доступна по адресам, заданным в виде строки http://www.biores.cytogen.ru/section_name. Здесь и далее поле названия раздела `section_name` может принимать одно из нескольких возможных значений: `microbes` – коллекции микроорганизмов; `brc_plants` – коллекции растений; `brc_animals` – коллекции животных; `brc_cells` – коллекции культур клеток; `brc_herbarium` – гербарные коллекции. По соответствующим адресам доступны страницы со сводной информацией: количество коллекций и организаций держателей; совокупное количество единиц хранения по разделу; совокупное количество публикаций, ассоциированных с единицами хранения. На этом уровне можно осуществить доступ к информации о единицах хранения. Например, полный список единиц хранения в разделе коллекций микроорганизмов будет выдан по адресу <http://www.biores.cytogen.ru/microbes/entities>. Список – это краткое представление информации по образцам, он включает следующие основные блоки информации: название (авторское название единицы хранения); описание (краткая характеристика образца); источник (краткая характеристика места и условий сбора образца); GPS (координаты глобальной системы позиционирования

места сбора образца, если они известны); ссылки на организацию держателя коллекции и на страницу с описанием коллекции. Информация по полному списку коллекций в рамках одного из разделов доступна по адресной строке вида http://www.biores.cytogen.ru/section_name/collections. В этом списке приводится сводная информация, характеризующая каждую коллекцию в разделе – идентификатор коллекции, количество единиц хранения и число публикаций.

Интересной функцией является возможность получить список публикаций по разделу при введении адресной строки вида: http://www.biores.cytogen.ru/section_name/publications. На соответствующей странице собраны публикации, связанные с материалами коллекций.

Следующий уровень описания информации соответствует отдельной коллекции и доступен по адресной строке вида http://www.biores.cytogen.ru/section_name/collections/collection_id (здесь и далее поле `collection_id` обозначает идентификатор коллекции на портале БРК, которые доступны на странице списка коллекций, описанной выше). По этому запросу отображаются статистическая информация и полный список единиц хранения данной коллекции.

Получить список всех единиц хранения конкретной коллекции можно также по адресу вида http://www.biores.cytogen.ru/section_name/collections/collection_id/entities. Получить список всех публикаций конкретной коллекции можно по адресу вида http://www.biores.cytogen.ru/section_name/collections/collection_id/publications.

Доступ к информации по конкретному образцу в коллекции осуществляется по адресу вида http://www.biores.cytogen.ru/section_name/collections/collection_id/sample_id. Данный запрос выдает полное описание характеристик единицы хранения. Структурированное описание включает список публикаций (если имеются) и набор изображений (если имеются), снабженных блоком текстового описания, отражающего важные характеристики образца. Изображения, представленные в карточке образца, доступны для загрузки.

Работа с порталом

через программный интерфейс доступа

Доступ к данным портала можно осуществлять, минуя уровень графического интерфейса пользователя (т. е. Интернет-браузер). Для этих целей реализован программный интерфейс доступа (Application Programming Interface, API) по технологии REST. Такой интерфейс позволяет получать необходимую информацию при передаче на Web-сервер запроса в виде строки URL (аналогично адресу в Интернет). В ответ на запрос сервер возвращает его результат в виде текстовой страницы (файла), информация в котором структурирована по формату JavaScript Object Notation (JSON) (<http://json.org/>). Полученный текстовый файл может быть открыт любым текстовым редактором (как правило, форматирование позволяет легко читать и разбирать данный текст визуально) или же обработан одним из множества программных инструментов, в том числе программами, написанными пользователем в универсальных средах моделирования (Matlab, Scilab и др.) либо на языках высокого уровня (Python, R, C++, Java и


```
{
  "id_organization": "IVW_MAGARACH_RAS",
  "id_collection": "IVW_MAGARACH_RAS_MIC",
  "name": "Коллекция микроорганизмов для виноделия «Магарач» (КМВ «Магарач»)",
  "name_eng": "коллекция микроорганизмов для виноделия «Магарач» (КМВ «Магарач»)",
  "user_id": "magarach_microbiol.lab@mail.ru",
  "entities": 115,
  "publications": 78,
  "links": [
    {
      "rel": "self",
      "href": "http://api.biores.cytogen.ru/microbes/collections/IVW_MAGARACH_RAS_MIC"
    },
    {
      "rel": "entities",
      "href": "http://api.biores.cytogen.ru/microbes/collections/IVW_MAGARACH_RAS_MIC/entities?limit=0&offset=0"
    },
    {
      "rel": "organization",
      "href": "http://api.biores.cytogen.ru/microbes/organizations/IVW_MAGARACH_RAS"
    },
    {
      "rel": "publications",
      "href": "http://api.biores.cytogen.ru/microbes/collections/IVW_MAGARACH_RAS_MIC/publications"
    }
  ]
}
```

Fig. 5. The result of a REST query for the description of the Magarach collection of microorganisms used in wine-making.

др.) (Kazantsev et al., 2018). Адреса, по которым доступно описание формата запроса REST, приведены в таблице.

Например, если требуется получить характеристику коллекции микроорганизмов для виноделия «Магарач» (КМВ «Магарач»), то необходимо сформировать адресную строку http://api.biores.cytogen.ru/microbes/collections/IVW_MAGARACH_RAS_MIC/. В результате перехода по этому адресу будет получена страница с содержимым в виде текста, показанного на рис. 5.

В этом тексте приводятся через запятую значения полей БД коллекций микроорганизмов в формате «идентификатор_поля»: «значение». К числу полей с данными относятся: `id_organization` (идентификатор организации), `id_collection` (идентификатор коллекции), `name` (название организации), `name_eng` (название организации на английском языке), `user_id` (идентификатор представителя организации), `entities` (число единиц хранения), `publications` (число публикаций, связанных с коллекцией), означающие количество единиц хранения и публикаций в коллекции на портале соответственно.

Содержание портала

В настоящее время портал содержит описание более чем 13 тыс. единиц хранения (из них 3.5 тыс. приходится на БРК микроорганизмов) 65 биоресурсных коллекций организаций ФАНО России (12 коллекций микроорганизмов с суммарным разнообразием фондов порядка 50000 штаммов). Ведется его активное наполнение.

Acknowledgments

This work was supported by the program for bioresource collections, Federal Agency for Scientific Organizations, project 0324-2017-0050.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

References

Anderson R.P. Harnessing the world's biodiversity data: promise and peril in ecological niche modeling of species distributions. *Ann.*

- N. Y. Acad. Sci.* 2012;1260(1):66-80. DOI 10.1111/j.1749-6632.2011.06440.x.
- Asslauer M., Zatloukal K. Biobanks: transnational, European and global networks. *Brief. Funct. Genomics Proteomics.* 2007;6(3):193-201. DOI 10.1093/bfpp/elm023.
- Beaman R.S., Cellinese N. Mass digitization of scientific collections: New opportunities to transform the use of biological specimens and underwrite biodiversity science. *ZooKeys.* 2012;209:7-17. DOI 10.3897/zookeys.209.3313.
- Boundy-Mills K. Yeast culture collections of the world: meeting the needs of industrial researchers. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol.* 2012;39(5):673-680. DOI 10.1007/s10295-011-1078-5.
- Cook J.A., Edwards S.V., Lacey E.A., Guralnick R.P., Soltis P.S., Soltis D.E., Welch C.K., Bell K.C., Galbreath K.E., Himes C., Allen J.M., Heath T.A., Carnaval A.C., Cooper K.L., Liu M., Hanken J., Ickert-Bond S. Natural history collections as emerging resources for innovative education. *BioScience.* 2014;64(8):725-734. DOI 10.1093/biosci/biu096.
- Cuevas H.E., Rosa-Valentin G., Hayes C.M., Rooney W.L., Hoffmann L. Genomic characterization of a core set of the USDA-NPGS Ethiopian sorghum germplasm collection: implications for germplasm conservation, evaluation, and utilization in crop improvement. *BMC Genomics.* 2017;18(1):108. DOI 10.1186/s12864-016-3475-7.
- Gillespie R.G. The International biogeography society: enabling a dynamic discipline. *Front. Biogeogr.* 2013;5:1-5.
- Guralnick R.P., Zermoglio P.F., Wicczorek J., LaFrance R., Bloom D., Russell L. The importance of digitized biocollections as a source of trait data and a new VertNet resource. *Database.* 2016;1-13. DOI 10.1093/database/baw158.
- Ivanova N.V., Shashkov M.P. Biodiversity databases in Russia: towards a national portal. *Arctic Science.* 2016;3(3):560-576. DOI 10.1139/as-2016-0050.
- Kamenski P.A., Sazonov A.E., Fedyanin A.A., Sadovnichy V.A. Biological collections: Chasing the ideal. *Acta Naturae.* 2016;8(2):6-9.
- Kazantsev F., Akberdin I., Lashin S., Ree N., Timonov V., Ratushny A., Khlebodarova T., Likhoshvai V. MAMMOTH: a new database for curated mathematical models of biomolecular systems. *J. Bioinform. Comput. Biol.* 2018;16(1):1740010. DOI 10.1142/S0219720017400108.
- Krishtalka L., Humphrey P.S. Can natural history museums capture the future? *BioScience.* 2000;50(7):611-617. DOI 10.1641/0006-3568(2000)050[0611:CNHMCT]2.0.CO;2.
- Lobanov A.L., Smirnov I.S., Dianov M.B., Golikov A.A., Khalikov R.G. Evolution of the ZOOCOD standard – a concept of the presentation

- of zoological hierarchical classifications in planar tables of relational databases. *Trudy 10-y Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii "Elektronnyye biblioteki: perspektivnye metody i tekhnologii, elektronnyye kollektzii"* – RCDL'2008 [Proceedings of the 10th All-Russia Scientific Conference "Digital libraries: promising methods and technologies and electronic collections – RCDL'2008"]. Dubna, 2008;326-332. (in Russian)
- Pavlinov I.Ya. Biodiversity and biocollections: the correspondence problem. *Sbornik trudov Zoologicheskogo muzeya MGU im. M.V. Lomonosova* [Archives of the Zoological Museum of the Moscow State University]. 2016;54:733-786. (in Russian)
- Robertson T., Döring M., Guralnick R., Bloom D., Wiczorek J., Braak K., Otegui J., Russell L., Desmet P. The GBIF integrated publishing toolkit: facilitating the efficient publishing of biodiversity data on the internet. *PLoS ONE*. 2014;9(8):e102623. DOI 10.1371/journal.pone.0102623.
- Smith V.S., Blagoderov V. Bringing collections out of the dark. *ZooKeys*. 2012;209: 1-6. DOI 10.3897/zookeys.209.3699.
- Wang C., Hu S., Gardner C., Lübberstedt T. Emerging avenues for utilization of exotic germplasm. *Trends Plant Sci*. 2017;22(7): 624-637. DOI 10.1016/j.tplants.2017.04. 002.
- Wen J., Ickert-Bond S.M., Appelhans M.S., Dorr L.J., Funk V.A. Collections-based systematics: Opportunities and outlook for 2050. *J. Syst. Evol*. 2015;53(6):477-488. DOI 10.1111/jse.12181.
- Wiczorek J., Bloom D., Guralnick R., Blum S., Döring M., Giovanni R., Robertson T., Vieglaisset D. Darwin core: an evolving community-developed biodiversity data standard. *PLoS ONE*. 2012;7(1): e29715. DOI 10.1371/journal.pone.0029715.