

УДК 069.5:582

ЦИФРОВОЙ ГЕРБАРИЙ МГУ – КРУПНЕЙШАЯ РОССИЙСКАЯ БАЗА ДАННЫХ ПО БИОРАЗНООБРАЗИЮ

© 2017 г. А. П. Серегин

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,
119991 Москва, Ленинские горы, 1, стр. 12

E-mail: botanik.seregin@gmail.com

Поступила в редакцию 18.01.2017 г.

В 2015–2016 гг. в Гербарии МГУ (MW) было отсканировано 785 887 образцов, или 77.7% общего объема коллекции. Отмечено, что метаданные Цифрового гербария МГУ включают для каждого образца уникальный идентификатор, номенклатуру и привязку к географическим районам. Установлено, что крупнейшая в России база данных по биоразнообразию состоит из изображений 712 925 образцов сосудистых растений и 72 962 образцов мхов. Цифровой гербарий интегрирован с международной базой данных Catalogue of Life, что позволило дополнить ее 160 неучтенными названиями. В Интернете опубликованы изображения 781 882 образцов в формате JPG (разрешение 300 dpi) на портале Национального банка-депозитария живых систем (<https://plant.depo.msu.ru/>). Эта площадка открыта для любых биологических коллекций России.

DOI: 10.7868/S0002332917060042

Гербарий МГУ (MW) – коллекция мирового значения с ярко выраженной специализацией по флоре России, один из ведущих центров документации и изучения разнообразия растений. Почти 250-летняя история коллекции хорошо задокументирована благодаря множеству источников, в которых описаны Гербарий и его отдельные коллекции, а также нескольким подробным обзорам (Назаров, 1926; Смирнов, 1940; Павлов и др., 1978; Sokoloff *et al.*, 2002; Баландин и др., 2003, 2006 и др.).

Гербарий МГУ изобилует историческими реликвиями – здесь сосредоточены ценнейшие исторические коллекции, связанные с именами К. Линнея, Г. Ф. Гофмана, Ф. Эрхарта, К. Триниуса, И. и Г. Форстеров (Balandin *et al.*, 2001; Balandin, 2002, 2003; Sokoloff *et al.*, 2002; Баландин и др., 2006 и др.). В XIX и XX вв. здесь постепенно был накоплен большой объем материалов, собранный несколькими поколениями исследователей флоры. Сейчас наиболее полно в фондах представлены сосудистые растения и мхи России (особенно много из Средней России, Таймыра, Крыма, Северного Кавказа), Средней Азии, Монголии.

Непрекращающиеся работы сотрудников МГУ в области систематики растений позволяют пополнять Гербарий типовыми образцами новых видов. Так, только за пять последних лет (2012–2016 гг.) ботаниками университета было описано 60 новых для науки видов сосудистых растений (Ukrainskaja *et al.*, 2013; Пименов, Ключков, 2014;

Seregin *et al.*, 2015; Sukhorukov, Kushunina, 2015a, b, 2016; Sukhorukov *et al.*, 2015, 2016; Vislobokov, 2015; Duyfjes *et al.*, 2016; Koçyiğit *et al.*, 2016; Lyskov *et al.*, 2016; Pimenov *et al.*, 2016; Sukhorukov, Nilova, 2016; Yurtseva *et al.*, 2016a, b и др.). Коллекция стала базовым источником материала для нескольких важных молекулярных ревизий отдельных групп (Degtjareva *et al.*, 2013; Seregin *et al.*, 2015; Kramina *et al.*, 2016; Yurtseva *et al.*, 2016b и др.). Как и прежде, фонды Гербария МГУ – основа крупных “Флор” и “Определителей” (Маевский, 2006, 2014; Зернов, 2006; Поспелова, Поспелов, 2007; Зернов и др., 2015 и др.), десятков флористических списков и сотен заметок о находках отдельных видов.

Сейчас в основных фондах Гербария МГУ содержится 37 100 видов сосудистых растений, 1 787 видов мхов и 408 видов печеночников. Типовая коллекция насчитывает типы 3 193 видов и внутривидовых таксонов сосудистых растений. В 2016 г. в жизни Гербария МГУ произошло важное событие – в июне в фондовые коллекции был включен миллионный образец. Таким образом, их объем сейчас составляет 1 011 253 образца (ноябрь 2016 г.). По данным портала “Index Herbariorum”, это позволило нам в мировом рейтинге коллекций за год обойти 12 гербариев. Сейчас Гербарий МГУ – второй по величине гербарий в России (после Гербария Ботанического института в Санкт-Петербурге), 61-й гербарий мира и 24-й гербарий среди университетских коллекций.

Сегодня создание интернет-ресурсов гербарных коллекций – важное направление в развитии гербарного дела. Наличие изображения образца, а часто и полных сведений о нем в Интернете значительно повышает востребованность коллекций, вовлекая тот или иной образец в научный оборот. Лидеры по абсолютному объему оцифрованных гербарных фондов – Музей естественной истории (Париж, Франция) – 5.4 млн. образцов, Натуралис (Лейден, Нидерланды) – 4.5 млн., Нью-Йоркский ботанический сад и Смитсоновский институт (США) – по 2 млн. В России самый большой объем оцифрованных фондов до недавнего времени имел Ботанический институт РАН, где еще к 2015 г. было оцифровано ~10 тыс. типовых образцов.

В новейшем исследовании показано, что более половины гербарных коллекций из некоторых регионов земного шара могут быть неверно определены (Goodwin *et al.*, 2015). Оцифровка коллекций позволяет обеспечить дистанционный доступ специалистов к гербарным образцам, повышая качество определений.

Новую жизнь Гербарий МГУ обрел в конце 2014 г., когда под руководством ректора университета академика В. А. Садовниченко стартовала комплексная научная программа “Ноев ковчег” по созданию банка-депозитария биологического материала (грант РНФ № 14-50-00029). Оцифровка фондов Гербария включена в грант в качестве одного из девяти блоков направления “Растения”. Коллектив Гербария задался целью перевести в цифровой вид и представить в Интернете ~1 млн образцов из фондов Гербария МГУ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Уже в момент старта Программы стало ясно, что депозитарий будет представлять собой сетевое хранилище биологического материала, объединенное общей идеологией и единой информационной оболочкой (Kamenski *et al.*, 2016). На эту виртуальную площадку, которая организационно будет поддерживаться МГУ, смогут “заходить” и другие биологические и биомедицинские коллекции, формируя, таким образом, Национальный биобанк.

В Гербарии МГУ в конце 1990–начале 2000-х гг. было оцифровано и размещено в Интернете (http://herba.msu.ru/pictures/mw_type/index.html) ~600 изображений типов (15% типовой коллекции) при финансовой поддержке РФФИ (грант 98-07-91048э, руководитель С. А. Баландин). Кроме того, 63 образца были изданы на CD “Herbarium Linnaeanum” (Balandin *et al.*, 2001). Из-за отсутствия специального финансирования и из-за морального старения техники с тех пор работы по оцифровке Гербария были приостановлены.

С 25 мая 2015 г. силами компании-партнера (корпорация ЭЛАР) в тесном взаимодействии с научной группой была начата работа по поточному сканированию фондов Гербария МГУ на принципиально новом технологическом уровне (Seregin, 2016).

Подготовительный этап работ. Еще в 2005 г. были подведены итоги инвентаризации фондов Гербария МГУ (Губанов и др., 2005), которую проводил >10 лет. В последующие 11 лет табличная (нумерическая) база данных (БД) ежегодно актуализировалась, в ней учитывались новые включения и переопределения. Перед началом работ по оцифровке коллекций автором была выполнена верификация содержательной части БД по сосудистым растениям, включающая в себя проверку таксономии и выявление синонимов, выделение гибридов, заполнение пропущенных сведений об авторах видов, выделение внутривидовых таксонов; подготовку списков папок по каждому отделу Гербария.

Каждый образец до сканирования проходил через несколько этапов обработки, которые были необходимы для получения информативных изображений высокого качества. На каждый образец был наклеен штрихкод международного стандарта с уникальным идентификатором. Далее у каждого образца сосудистых растений по возможности открывалась этикетка (если она была закрыта растением или сложена), важные отломанные фрагменты растений прикреплялись к образцу, проверялось наличие ярлыков с переопределениями и порядок расположения фондового материала. В день один член научной группы обрабатывал, таким образом, до 1 тыс. гербарных образцов. В редких случаях приходилось также проводить замену ветхих обложек, исправление указателей, размещение образцов мелкого формата на стандартной монтажной бумаге (42 × 28 см), проморозку и повторную проверку таксономии.

Технические данные о процессе сканирования. Компанией-партнером на планетарных сканерах осуществлялись следующие виды работ: сканирование лицевых сторон гербарных листов в формате TIFF; конвертация графических образов из формата TIFF в формат JPEG; сканирование лицевых сторон подложек мхов в формате JPEG; нарезка графических образов подложек мхов на изображения конвертов; именование файлов по номерам штрихкодов; структурирование массива графических образов в соответствии с физическим хранением гербария; многоступенчатая проверка качества сканов; запись информации на носители информации (HDD).

Сосудистые растения. Основное изображение: формат TIFF, 300 dpi (у образцов из типового гербария – 600 dpi), размер файла до 60 МВ

(у образцов из типового гербария – до 250 МВ). Копия: формат JPG, 300 dpi (у образцов из типового гербария – 600 dpi), сжатие 80% (у образцов из типового гербария – 100%), размер файла до 2.5 МВ (у образцов из типового гербария – до 15 МВ). На каждом изображении имеется масштабная линейка, на образцах из типового гербария – стандартная цветовая палитра. Этапы машинной обработки включали в себя разворот на 90°, обрезку черного поля, косметический доворот до прямого угла, распознавание штрихкода, создание JPG-копии.

Мохообразные. Рабочее изображение: формат JPG, 300 dpi, размер файла до 3 МВ, файл – скан подложки с наклеенными конвертами мхов (1–8 шт.). Изображение на сдаче массива: вырезанный из рабочего изображения скан конверта с этикеткой и штрихкодом (формат JPG, 300 dpi, сжатие 80%, размер файла до 0.5 МВ). Этапы машинной обработки были те же, что у образцов сосудистых растений. Этап ручной обработки – нарезка рабочих изображений по конвертам. В целом сканирование коллекции мохообразных велось по другим техническим требованиям и с другими целями. Если в случае с сосудистыми растениями основным объектом сканирования был гербарный образец целиком, который включал в себя как само растение на плоской подложке, так и этикетку (за редким исключением), то коллекция мхов хранилась в Гербарии МГУ в конвертах, наклеенных на подложки. Этикетка расположена на лицевой стороне конверта, а сами растения спрятаны внутри. Из-за невозможности методами оптического сканирования передать необходимые таксономические признаки мхов было решено сканировать только лицевые стороны конвертов с этикетками и штрихкодами. Подобная схема была отработана в Гербарии Гарвардского университета и показала, что исследователи ищут в БД географическую информацию с этикеток, полагаясь на определение специалистов-бриологов.

Взаимодействие с компанией-партнером. В ходе сканирования научная группа осуществляла выдачу материала, проверку комплектности и обратное расположение материала, возврат в шкафы. Иногда проводился также поиск неверно отсканированного образца, его выдача и возврат на место (по списку). Кроме того, научной группой выполнялась при необходимости внеплановая работа по запросу партнера: проверка качества изображений после калибровки сканеров; поиск и выдача образцов, отсканированных с физическим браком; поиск образцов по номерам пропущенных штрихкодов; поиск случайно пропущенных образцов; проверка списков папок, отсутствовавших в основной БД. Качество сканов многократно проверялось в ручном режиме компанией-партнером с финальной сдачей и проверкой членами группы.

Создание библиотеки метаданных. Научная группа в течение 2015–2016 гг. подготовила краткие метаданные (т.е. переведенные в электронный вид сведения, сопровождающие изображение) для каждого отсканированного образца. Они были внесены в новую БД, созданную на основе имевшейся табличной БД. Для каждого образца (один образец – одна запись) были заполнены следующие поля: номер по штрихкоду – уникальный идентификатор образца; название таксона, под которым образец хранится в коллекции; индекс одного из 60 районов Гербария.

Отсканированные изображения хранятся офлайн на жестких дисках (две копии массивов по 25 ТВ). Научной группой была проведена работа по приемке результатов поточного сканирования, уточнения систематики и номенклатуры неопределенных образцов, уточнения размещения образцов по районам. Сейчас Цифровой гербарий МГУ насчитывает уже 785 887 сканов (77.7% общего числа гербарных образцов).

Публикация изображений в Интернете. Публикация образцов Цифрового гербария МГУ и необходимых для индексации метаданных осуществляется через портал Национального банка-депозитария живых систем МГУ (<https://plant.depo.msu.ru/>). На 01.05.2017 г. там опубликованы изображения и сведения по 781 882 образцам (разрешение 300 dpi, формат JPEG), которые были отсканированы с мая 2015 г. по ноябрь 2016 г. В системе доступен поиск по блокам “Таксономия” и “География”, а также по номеру образца со штрихкода.

Одной из сложнейших задач, которая стояла перед научной группой, стала стандартизация названий, используемых в фондовых коллекциях Гербария МГУ, для их стыковки с международными БД на портале депозитария. Основой для первичной проверки данных стала БД “Catalogue of Life” (CoL) с открытыми программными кодами, созданная для менеджмента крупнейшего депозитария классических биологических коллекций Нидерландов “Натуралис”.

Для образцов из отделов Восточной Европы и Сибири–Дальнего Востока в Гербарии МГУ используется 9 109 принятых названий. В качестве прямых метаданных для образцов используются название рода и видовой эпитет, гораздо реже – еще и внутривидовой эпитет. Сведения об авторах таксонов хранятся отдельно в изначальной табличной БД Гербария и в случае необходимости также могут использоваться для однозначного сопоставления названий из Гербария МГУ и названий, имеющих в Co L. Алгоритм однозначного сопоставления бинарных названий включает в себя восемь пошаговых этапов обработки данных, которые

будут повторяться при загрузке сканов последующих отделов Гербария.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Отсканированные образцы. По итогам двух лет проекта (2015–2016 гг.) Цифровой гербарий МГУ насчитывает сканы 785 887 образцов (712 925 образцов сосудистых растений и 72 962 конвертов мохообразных). По отделам Гербария эти цифры распределяются следующим образом: Восточная Европа – 357 951, Сибирь и Дальний Восток – 159 663, Кавказ – 97 400, Крым – 31 790, Монголия – 27 323, Зарубежная Азия – 22 649, Африка – 7 559, гербарий типов – 4 630, *Herbarium Alchemillarum* – 3 960, гербарий мохообразных (конверты) – 72 962 образца.

Пока остаются неотсканированными отделы Средней Азии (91 638 образцов), Западной Европы (39 190), Америки (12 017), Австралии и Океании (2 788), исторические и прочие коллекции (75 229), а также гербарий печеночников (4 124).

Высококачественные сканы смогли в значительной мере решить проблему уточнения таксономии. За последний год нам удалось дистанционно получить определения почти 400 образцов. Такой подход позволит нам в будущем установить названия многочисленных тропических коллекций, специалистов по которым в России нет.

Уточнение объемов фондов. По итогам штрихкодирования и сканирования двух отделов в 2015 г. объем фондов Гербария МГУ увеличился на 14 783 образца. Это произошло из-за того, что в начале 2000-х гг. при создании исходной табличной БД часть поступающих материалов не была должным образом учтена. Так, в отделе Сибири–Дальнего Востока был учтен 154 941 образец по БД, а по факту их оказалось 155 944. Таким образом, установлено, что не было введено в БД 1 003 образца, или 0.65% фондов отдела. В отделе Восточной Европы по БД имелось 338 940 образцов, в то время как в коллекции их оказалось 352 720, т.е. не было учтено 13 780 образцов, или 4.07% фондов отдела.

Вклад Гербария МГУ в пополнение International Plant Name Index (IPNI). Особо ценным результатом тщательной сверки таксономии Гербария МГУ с таксономией из международных БД при автоматической загрузке нашей номенклатуры на портал депозитария стало обнаружение не менее 10 научных названий растений (0.1% общего числа названий Гербария МГУ), которые отсутствовали по разным причинам в IPNI. В основном это были таксоны, описанные отечественными авторами, оставшиеся вне поля зрения кураторов IPNI. Дальнейшее изучение протологов этих видов привело

к обнаружению в тех же источниках еще восьми названий, которых нет в IPNI.

Таким образом, общий итог по результатам стыковки метаданных Гербария МГУ с международными БД – 18 не отмеченных в IPNI номенклатурных новинок. По каждой из них был направлен развернутый отчет в секретариат IPNI о необходимости их добавления, включавший в себя обязательный скан протолога (первоисточника, в котором вид был описан или было впервые упомянуто его название).

Потенциально в Гербарии МГУ после стыковки метаданных всех отделов может быть выявлено несколько десятков валидных научных названий растений в ранге вида, не зарегистрированных на сегодня в IPNI.

Вклад Гербария МГУ в развитие Catalogue of Life (CoL). Стыковка Цифрового гербария МГУ с CoL была необходима прежде всего для привязки наших названий к текущей таксономии в ранге семейств и выше. Кроме того, мы получили возможность организации поиска по всему массиву синонимов, имеющемуся в этой БД для каждого вида.

По итогам привязки названий из отделов Восточной Европы и Сибири–Дальнего Востока было выявлено отсутствие в CoL не менее 160 названий растений. Краткий табличный отчет об этом был отправлен в секретариат CoL, откуда он оперативно был разослан кураторам отдельных таксономических БД – его составных частей. Это позволит нам не вносить все сведения об этих названиях вручную в наш портал, а постепенно добиваться их включения в международные сетевые источники.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В России до сего дня отсутствовали БД по биоразнообразию, которые оперировали бы сотнями тысяч записей (Ivanova, Shashkov, 2016). Метаданные для каждого гербарного образца пока довольно краткие (идентификатор образца, название вида, район гербария), однако они достаточны для поиска необходимых образцов. Исследователь затем знакомится с полной информацией, содержащейся в гербарной этикетке, на скане (изображение в формате JPG).

За два года проекта Гербарий МГУ, занимая лишь 61-е место по объемам фондов, взлетел на шестое место в мире по объему оцифрованных фондов при скромных по мировым меркам инвестициях. Однако не все гербарии, которые ведут массовую оцифровку фондов, публикуют изображения в свободном доступе. В связи с этим мировой рейтинг ведущих цифровых гербариев несколько отличается от рейтинга ведущих порталов по числу гербарных образцов (таблица). На текущий

Крупнейшие цифровые гербарии мира по числу доступных сканов (апрель 2017 г.)

Учреждение (название и акроним гербария)	Город, страна	Число сканов, млн	Адрес в Интернете
Национальный музей естественной истории (P)	Париж, Франция	5.4	https://science.mnhn.fr/institution/mnhn/collection/p/item/search/form
Натуралис (L)	Лейден, Нидерланды	4.5	http://bioportal.naturalis.nl/?language=en&back
Институт ботаники, Академия наук Китая (PE)	Пекин, Китай	1.6	http://pe.ibcas.ac.cn/en/
Нью-Йоркский ботанический сад (N.Y.)	Нью-Йорк, США	1.5	http://sweetgum.nybg.org/science/vh/
Московский государственный университет (MW)	Москва, Россия	0.78	https://plant.depo.msu.ru/
Ботанический сад в Рио-де-Жанейро (RB)	Рио-де-Жанейро, Бразилия	0.6	http://jabot.jbrj.gov.br/v2/consulta.php
Королевский ботанический сад Кью (K)	Ричмонд, Великобритания	0.57	http://apps.kew.org/herbcat/gotoHomePage.do

момент наш портал (781 882 скана) занимает пятое место в мире среди коллекций свободного доступа.

Оцифровка 3/4 коллекции оказала глубокое влияние на изменение порядка действий при получении новых коллекций в Гербарии МГУ. Процесс сканирования новых неоцифрованных фондов по договору с компанией-партнером происходит раз в год и занимает 2–3 мес. осенью. В течение года те отделы, которые уже были отсканированы ранее, не пополняются новыми образцами. Новые включения в них проходят, как и прежде, через карантин в морозильной камере, проверку куратором, монтировку. После этого растения складываются рассортированными по отделам Гербария (Восточная Европа, Сибирь и Дальний Восток, Кавказ и т.д.). Немногочисленные новые коллекции из неоцифрованных отделов включаются в фонды сразу. За 1 мес. до начала работ по сканированию мы проводим сортировку новых коллекций по родам, видам и районам Гербария, а также штрихкодирование новых включений и занесение в БД ключевых метаданных по образцам. После сканирования коллекции включаются в основной фонд.

Подобный протокол действий вызывает необходимость иметь дополнительные емкости для хранения образцов, которые ожидают сканирования. В качестве софинансирования со стороны университета по Программе развития МГУ были приобретены восемь дополнительных гербарных шкафов и 180 надстроек к существующим шкафам для размещения 192 тыс. гербарных образцов. Это необходимо для расширения емкости фондового хранилища и создания резерва для хранения и сортировки новых поступлений.

Увеличение емкости хранилища позволит гарантировать включение в основной фонд тех коллекций, которые могут быть переданы целиком при расформировании отделов и лабораторий каких-либо учреждений.

Несмотря на молодость портала депозитария, у нас есть как минимум пять неофициальных обращений о возможности размещения на нем сканов или цифровых фотографий образцов, в том числе от Петрозаводского государственного университета (объем фондов 70 тыс. образцов) на размещение сканов образцов, Курского государственного университета (объем фондов 6 тыс. образцов) на размещение фотографий образцов, Санкт-Петербургского государственного педагогического университета им. А. И. Герцена (объем фондов 30 тыс. образцов) и Института биологии внутренних вод РАН (объем фондов 55 тыс. образцов) на размещение метаданных. Эта площадка открыта не только для гербариев, но и для любых биологических коллекций России.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проект по оцифровке коллекций Гербария МГУ нужен прежде всего ученым, которые работают за пределами МГУ.

По всей видимости, виртуализация естественно-научных коллекций неизбежна и необходима. Через портал депозитария в тесной связи с Гербарием МГУ развиваются и другие коллекции растительного материала университета – палинотека, хранилище ДНК растений, коллекция плодов и семян, прославленный ботанический сад. Вскоре

все эти данные будут доступны в Global Biodiversity Information Facility (GBIF).

Выражаю глубокую признательность многочисленным участникам работ по оцифровке фондов Гербария МГУ. Этот процесс целиком финансируется грантом РНФ № 14-50-00029 (направление “Растения”).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баландин С.А., Губанов И.А., Джарвис Ч.Э., Майоров С.Р., Симонов С.С., Соколов Д.Д. Растения из коллекции Карла Линнея в гербарии Московского университета: история и научное значение. М.: ГЕОС, 2003. 127 с.
- Баландин С.А., Баландина Т.П., Багдасарова Т.В., Губанов И.А., Павлов В.Н., Серегин А.П., Чередниченко О.В., Шведчикова Н.К., Игнатова Е.А., Филлин В.Р. Гербарий Московского университета (MW): история, современное состояние и перспективы развития / Под ред. Баландина С.А. М.: Изд-во МГУ, 2006. 492 с.
- Губанов И.А., Багдасарова Т.В., Баландин С.А., Баландина Т.П., Петелин Д.А., Павлов В.Н., Игнатова Е.А., Серегин А.П., Чередниченко О.В., Шведчикова Н.К. Основные итоги инвентаризации фондов гербария им. Д.П. Сырейшикова Московского университета (MW) // Ботан. журн. 2005. Т. 90. С. 1916–1925.
- Зернов А.С. Флора Северо-Западного Кавказа. М.: КМК, 2006. 664 с.
- Зернов А.С., Алексеев Ю.Е., Онинченко В.Г. Определитель сосудистых растений Карачаево-Черкесской Республики. М.: КМК, 2015. 459 с.
- Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. М.: КМК, 2006. 600 с.
- Маевский П.Ф. Флора средней полосы европейской части России. М.: КМК, 2014. 635 с.
- Назаров М.И. Травохранилище Московского университета и его гербарные источники по русским и иностранным флорам // Изв. Главн. ботан. сада СССР. 1926. Т. 25. Вып. 3. С. 266–314.
- Павлов В.Н., Губанов И.А., Барсукова А.В., Багдасарова Т.В. Гербарий Московского университета. М.: Изд-во МГУ, 1978. 149 с.
- Пименов М.Г., Ключиков Е.В. Новые виды Umbelliferae из Средней Азии и Южного Казахстана // Ботан. журн. 2014. Т. 99. С. 594–609.
- Поспелова Е.Б., Поспелов И.Н. Флора сосудистых растений Таймыра и сопредельных территорий. Ч. 1. Аннотированный список флоры и ее общий анализ. М.: КМК, 2007. 457 с. + 16 с. вкл. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
- Смирнов П.А. Гербарий Московского университета // Уч. зап. МГУ. Юбил. сер. 1940. Вып. 54. С. 325–332.
- Balandin S.A. Carl Trinius's (1778–1844) collection at Moscow State University Herbarium (MW) // Taxon. 2002. V. 51. P. 605–606.
- Balandin S.A. The collection of Jacob Friederich Ehrhart (1742–1795) and Georg Franz Hoffmann (1761–1826) at Moscow State University Herbarium (MW) // Taxon. 2003. V. 52. P. 159–160.
- Balandin S.A., Gubanov I.A., Jarvis C.E., Majorov S.R., Simonov S.S., Sokoloff D.D., Sukhov S.V. Herbarium Linnaeanum: The Linnaean Collection of the Herbarium of Moscow State University: Digital images, comments, historical review. Moscow: Dehlia Co.Ltd, 2001. 1 CD-ROM + booklet (23 p.).
- Degtjareva G.V., Kljuykov E.V., Samigullin T.H., Valiejo-Roman C.M., Pimenov M.G. ITS phylogeny of Middle Asian geophilic Umbelliferae–Apioidae genera with comments on their morphology and utility of *psbA-trnH* sequences // Plant Syst. Evol. 2013. V. 299. P. 985–1010.
- Duyfjes B.E.E., Nuraliev M.S., Luu H.T., Huynh N.T., Ngo V.C., Kuznetsov A.N., Kuznetsova S.P. Two new species and one new species record of *Trichosanthes* (Cucurbitaceae) from Vietnam // Blumea. 2016. V. 61. P. 267–271.
- Goodwin Z.A., Harris D.J., Filer D., Scotland R.W. Widespread mistaken identity in tropical plant collections // Curr. Biol. 2015. V. 25. P. R1066–R1067.
- Ivanova N.V., Shashkov M.P. Biodiversity Databases in Russia: Towards a National Portal // Arctic Sci. (12 Dec 2016). doi: 10.1139/AS-2016-0050.
- Kamenski P.A., Sazonov A.E., Fedyanin A.A., Sadovnichy V.A. Biological collections: Chasing the ideal // Acta Nat. 2016. V. 8. P. 6–9.
- Koçyiğit M., Seregin A.P., Özhatay N., Friesen N. *Allium urusakiorum* (Amaryllidaceae), a new member of the Balkan clade of the section *Oreiprason* from European Turkey // Phytotaxa. 2016. V. 275. P. 228–242.
- Kramina T.E., Degtjareva G.V., Samigullin T.H., Valiejo-Roman C.M., Kirkbride J.H., Volis S., Deng T., Sokoloff D.D. Phylogeny of *Lotus* (Leguminosae: Loteae): partial incongruence between nrITS, nrETS and plastid markers and biogeographic implications // Taxon. 2016. V. 65. P. 997–1018.
- Lyskov D.F., Kljuykov E.V., Samigullin T.H., Ukrainskaja U.A., Khrustaleva I.A. *Prangos multicosata* (Apiaceae), a new species from eastern Kazakhstan // Phytotaxa. 2016. V. 277. P. 68–76.
- Pimenov M.G., Degtjareva G.V., Ostroumova T.A., Samigullin T.H., Averyanov L.V. *Xyloselinum laoticum* (Umbelliferae), a new species from Laos, and taxonomic placement of the genus in the light of nrDNA ITS sequence analysis // Phytotaxa. 2016. V. 244. P. 248–262.
- Seregin A.P. Making the Russian flora visible: Fast digitisation of the Moscow University Herbarium (MW) in 2015 // Taxon. 2016. V. 65. P. 205–207.
- Seregin A.P., Anačkov G., Friesen N. Molecular and morphological revision of the *Allium saxatile* group (Amaryllidaceae): geographical isolation as the driving force of underestimated speciation // Bot. J. Linn. Soc. 2015. V. 178. P. 67–101.
- Sokoloff D.D., Balandin S.A., Gubanov I.A., Jarvis C.E., Majorov S.R., Simonov S.S. The history of botany in Moscow

- and Russia in the 18th and early 19th centuries in the context of the Linnaean collection at Moscow University (MW) // *Huntia*. 2002. V. 11. P. 129–191.
- Sukhorukov A.P., Kushunina M.* Corrigenda to “Taxonomic revision of Chenopodiaceae in Nepal” // *Phytotaxa*. 2015a. V. 226. P. 288–291.
- Sukhorukov A.P., Kushunina M.* Taxonomy and chorology of *Corbichonia* (Lophiocarpaceae s.l.) with further description of a new species from Southern Africa // *Phytotaxa*. 2015b. V. 218. P. 227–240.
- Sukhorukov A.P., Kushunina M.* Taxonomic revision and distribution of herbaceous *Paramollugo* (Molluginaceae) in the Eastern Hemisphere // *PhytoKeys*. 2016. V. 73. P. 93–116.
- Sukhorukov A.P., Nilova M.V.* A new species of *Arthrocnemum* (Salicornioideae: Chenopodiaceae–Amaranthaceae) from West Africa, with a revised characterization of the genus // *Bot. Lett.* 2016. V. 163. P. 237–250.
- Sukhorukov A.P., Kushunina M.A., Verloove F.* Notes on *Atriplex*, *Oxybasis* and *Dysphania* (Chenopodiaceae) in West-Central Tropical Africa // *Plant Ecol. Evol.* 2016. V. 149. P. 249–256.
- Sukhorukov A.P., Zhang M., Kushunina M.* A new species of *Dysphania* (Chenopodioideae, Chenopodiaceae) from South-West Tibet and East Himalaya // *Phytotaxa*. 2015. V. 203. P. 138–146.
- Ukrainskaja U.A., Pimenov M.G., Kljuykov E.V.* *Semenovia pulvinata*, *S. dissectifolia*, *S. imbricata* and *S. vachanica* spp. nov. from Tajikistan and other nomenclatural combinations in *Semenovia* (Apiaceae) // *Nord. J. Bot.* 2013. V. 31. P. 648–665.
- Vislobokov N.A.* Two new species of *Aspidistra* (Asparagaceae, Nolinoideae) from northern Vietnam: *A. clausa* and *A. triradiata* // *Phytotaxa*. 2015. V. 207. P. 265–272.
- Yurtseva O.V., Kuznetsova O.I., Mavrodiiev E.V.* A broadly sampled 3-loci plastid phylogeny of *Atraphaxis* (Polygoneae, Polygonoideae, Polygonaceae) reveals new taxa: I. *Atraphaxis kamelinii* spec. nov. from Mongolia // *Phytotaxa*. 2016a. V. 268. P. 1–24.
- Yurtseva O.V., Kuznetsova O.I., Mavrodieva M.E., Mavrodiiev E.V.* What is *Atraphaxis* L. (Polygonaceae, Polygoneae): cryptic taxa and resolved taxonomic complexity instead of the formal lumping and the lack of morphological synapomorphies // *PEERJ*. 2016b. V.4. e1977.

The Moscow University Digital Herbarium – the Largest Russian Biodiversity Database

A. P. Seregin

Faculty of Biology, Moscow State University, Leninskie gory 1, bld. 12, Moscow, 119991 Russia

E-mail: botanik.seregin@gmail.com

In 2015–2016, 785 887 specimens were scanned in the Moscow University Herbarium (MW). The current digitisation rate of the herbarium is 77.7%. Metadata for each specimen include specimen's ID, species name, and geographical area code. The Moscow University Digital Herbarium is the largest biodiversity database in Russia with 712 925 records on vascular plants and 72 962 bryophyte records. The collection metadata were crosslinked with Catalogue of Life enriching it with 160 additional species names. At the moment, 781 882 images are published online (JPG files, 300 dpi) on the webportal of the National Depository Bank of Live Systems available at <https://plant.depo.msu.ru/>. The portal is open for contributions from Russian biological collections of any types.