

УДК 631.4 + 004.6

DOI: 10.55959/MSU0137-0944-17-2023-78-4-14-28



ОПЫТ СОЗДАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ЦЕЛЯХ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЧВЕННЫХ РЕСУРСОВ

С. А. Шоба^{1,2}, И. О. Алябина^{1,2*}, О. М. Голозубов^{1,2},
П. А. Чекмарев³, С. В. Лукин⁴, О. В. Чернова⁵, В. М. Колесникова¹

¹ МГУ имени М.В. Ломоносова, факультет почвоведения, 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, д. 1, стр. 12

² Евразийский центр по продовольственной безопасности (Аграрный центр МГУ имени М.В. Ломоносова), 119991, Россия, Москва, Ленинские горы, д. 1

³ Российская академия наук, 119991, Россия, Москва, Ленинский проспект, д. 14.

⁴ ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский»», 308027, Россия, г. Белгород, ул. Щорса, д. 8

⁵ Институт проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН, 119071, Россия, Москва, Ленинский проспект, д. 33

* E-mail: alyabina@soil.msu.ru

Рассмотрены структура и функции информационной системы «Почвенно-географическая база данных России» (ИС ПГБД РФ), реализуемой на платформе факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова. Изложено современное состояние национальных баз данных по почвенным ресурсам и формирование на их основе международных информационных систем. Созданная информационная система состоит из трех разделов. Первый раздел включает разномасштабные почвенные карты и карты природных условий территории РФ. Второй раздел представлен природно-атрибутивной базой данных, в основе которой лежит почвенный разрез с сопутствующими аналитическими характеристиками. В третьем разделе с помощью программных средств собранная разносторонняя информация о почвенном покрове становится основой для моделирования пространственного распределения различных показателей, проведения расчетов в прикладных проектах для широкого круга пользователей.

Информационная система ПГБД РФ позиционируется как экспертно-аналитический центр, который выступает в качестве координатора и обеспечивает функционирование распределенной сети, а также разработку и распространение соответствующих международному уровню стандартов описания, хранения, представления почвенной информации и обмена данными за счет использования специализированных программ, адаптированных к региональным особенностям. Кроме того, предназначение центра — это осуществление связи между первичными цифровыми ресурсами природно-почвенной информации, локализованными в различных организациях, региональных центрах агрохимической службы, и федеральными ведомствами, аккумулирующими информацию, необходимую для принятия управленческих решений.

Ключевые слова: распределенная информационная система, аграрно-почвенные дата-центры, анализ больших данных, картографические и атрибутивные почвенные данные, цифровая экономика, цифровое сельское хозяйство.

Введение

Сохранение и рациональное использование природного потенциала почв и осуществление мониторинга состояния почвенного покрова являются важнейшей государственной задачей, выполнение которой возможно только на основе применения информационных технологий.

Развитие цифровой экономики и соответственно тенденция информатизации сельского хозяйства страны крайне важны для принятия управленческих решений по оптимизации использования почвенных ресурсов административными органами разного уровня. Информационный ресурс необхо-

дим для инвентаризации и мониторинга состояния почвенных ресурсов, практического использования специалистами сельского хозяйства и экологическими службами, а также для реализации научных и научно-прикладных проектов научным сообществом.

История информатизации почвенных данных насчитывает уже более полувека. С конца 1960-х — начала 1970-х гг. в мире появились первые информационные, автоматизированные информационно-поисковые системы в почвенно-агрохимических приложениях [Рожков, 2002]. В нашей стране их развитие на первом этапе проходило в стенах Почвенного института им. В.В. Докучаева и связано

прежде всего с именем В.А. Рожкова [1973, 1983, 1987].

Российской академией наук совместно с ИААС (International Institute for Applied Systems Analysis, Австрия) был подготовлен и опубликован CD-ROM «Land Resources of Russia», в который вошли актуальные на тот момент сведения о природных условиях, почвах, земельных ресурсах нашей страны [Stolbovoi, McCallum, 2002]. Позже на факультете почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова с привлечением специалистов различных организаций был подготовлен и опубликован Национальный атлас почв Российской Федерации [Национальный атлас почв..., 2011], картографические материалы которого создавались в цифровом формате геоинформационных систем (ГИС). Это фундаментальное научно-информационное произведение является на настоящее время наиболее полной национальной сводкой информации о почвенном покрове страны.

Развитие сети Интернет способствовало созданию государственных и международных почвенных информационных систем и баз данных. Значимые проекты осуществлялись специалистами международных организаций ISRIC (International Soil Reference and Information Centre) и ИААС (International Institute for Applied Systems Analysis). Это программы SOTER (1986–2016), e-SOTER (2008–2012), WISE Soil Property Databases (1991–2016), Harmonized World Soil Database (2008–2013), GlobalSoil-Map.Net (2009–2013) [<https://www.isric.org/projects/soil-and-terrain-soter-database-programme>; <https://www.isric.org/projects/e-soter>; <https://www.isric.org/explore/wise-databases>; <https://iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/water/HWSD.html>; <https://www.isric.org/projects/globalsoilmapnet>].

Почвенные базы данных и информационные центры, поддерживаемые государственными структурами, созданы и функционируют в Австралии, США, Канаде, Европейском Союзе [<https://www.asris.csiro.au/>; https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/tools/?cid=nrcs142p2_053552; <https://sis.agr.gc.ca/cansis/>; <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/resource-type/european-soil-database-soil-properties>]

Активное развитие информационных технологий, успехи зарубежных национальных почвенных информационных систем в последние годы привели к смене парадигмы почвенных баз данных. Суть ее заключается в отказе от идеи сбора и агрегирования информации в едином центре в пользу идеи распределенного хранения первичной почвенной информации в локальных почвенных дата-центрах. Информационный обмен в такой распределенной пространственной инфраструктуре осуществляется «по запросу» в режиме онлайн на основе использования открытых информационных каналов пространственно-атрибутивной информации. Особое значение в ходе такого обмена приобретают содер-

жание и форматы данных, которые должны быть представлены в сети в сопоставимом виде, то есть гармонизация данных на основе созданных международных стандартов.

Эти идеи реализованы в программе Глобального почвенного партнерства, действующей в рамках ФАО (Food and Agriculture Organization, FAO). В 2015 г. ФАО была принята пересмотренная Всемирная хартия почв, содержащая, в числе прочего, рекомендации по созданию и поддержке национальных почвенных информационных систем, а также координации усилий в целях создания глобальной почвенной информационной системы с высокой степенью точности и детализации. В том же 2015 г. программой Глобального почвенного партнерства был разработан план действий по созданию международной сети национальных институтов почвенной информации (дата-центров) и их интеграции наряду с уже функционирующими информационными почвенными системами в единую Глобальную почвенную информационную систему — Global Soil Information System (GLOSIS) [<https://www.fao.org/global-soil-partnership/areas-of-work/soil-information-and-data/en/>] с последующей интеграцией в другие системы глобального мониторинга Земли. Организация координирует работы, в которых принимают участие и российские специалисты, по стандартизации почвенных данных, включаемых в систему, по созданию ряда мировых карт различных почв и почвенных свойств: запасов органического углерода в 30-см слое, черных почв, засоленных почв, потенциальной секвестрации органического углерода в почвах.

В нашей стране поддержка всеобъемлющей информатизации на законодательном уровне берет начало в 2017 г., когда распоряжением Правительства РФ от 28.07.2017 № 1632-р была утверждена программа «Цифровая экономика Российской Федерации». Вслед за тем Министерством сельского хозяйства РФ была введена в эксплуатацию Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения (2018) и утвержден ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство» (2019).

В Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова в 2017 г. начал работу Национальный научно-образовательный центр компетенций в области цифровой экономики. Одновременно дальнейшее развитие получил проект «Почвенно-географическая база данных России», начало которому было положено еще в 2005 г. [Шоба и др., 2008, 2010]. В 2016 г. на базе факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова был создан Почвенный дата-центр, а в 2020 г. — организован Центр коллективного пользования учебно-научным оборудованием «Информационная система «Почвенно-географическая база данных России» (ИС ПГБД РФ) — <https://soil-db.ru/ckp>, зарегистри-

рованный в реестре «Научно-технологическая инфраструктура Российской Федерации» — <https://ckp-rf.ru/ckp/1777894/>

Целями и задачами развития ИС ПГБД РФ являются:

- инвентаризация и аккумулирование природно-почвенных данных в ИС ПГБД РФ;
- интеграция аграрно-почвенной информации центров агрохимической службы Минсельхоза РФ в распределенную ИС ПГБД РФ путем создания баз данных, развертывания, запуска и сопровождения дата-центров;
- привлечение к проекту стран — членов Евразийского почвенного партнерства ФАО и разворачивание в странах Национальных почвенных информационных систем и дата-центров;
- расширение библиотеки методов интеллектуального анализа — создание экспертных систем, программных комплексов, функционирующих в составе распределенной ИС ПГБД РФ в режиме онлайн;
- внедрение алгоритмов использования цифровой почвенной информации в научную и учебную практику;
- подготовка кадров высшей квалификации на базе современного научного оборудования с использованием опыта исследований, имеющегося у персонала Центра коллективного пользования;
- обеспечение информационной, консультативной, научно-методической поддержки ведомств, организаций и физических лиц, заинтересованных в получении природно-аграрно-почвенных данных и результатов их обработки и анализа.

Работа Центра коллективного пользования ИС ПГБД РФ базируется на применении информационных технологий для инвентаризации почв и обработки данных с использованием технологии BigData (анализ больших данных), направлена на внедрение результатов в практику, что лежит в русле общемировой тенденции развития современного почвоведения. Огромная территория нашей страны делает чрезвычайно актуальной задачу создания региональных дата-центров аграрно-почвенных данных и включения их в единую распределенную систему [Hoffmann et al., 2018]. Начиная с 2013 г. на базе Информационной системы ПГБД РФ в виде распределенной сети дата-центров действуют почвенные дата-центры Южного федерального университета (год запуска 2010), агрохимцентров «Ростовский» (2010), «Белгородский» (2012), «Московский» (2017). Также осуществляется информационный обмен с такими организациями, как Московский областной Геотрест, Управление кадастровой оценки Московской области и другими.

Данные, собираемые в этих дата-центрах, доступны по запросу и используются для осуществления кадастровой оценки земельных участков, оценки потенциального плодородия земель, вовлекаемых (возвращаемых) в сельскохозяйственный оборот, и других задач. Объем и сложность созданного ИТ-обеспечения и программных приложений, а также методического обеспечения потребовало создания комплекта научно-технической документации¹. Некоторые примеры работающих приложений доступны с разрешения правообладателей на сайте ИС ПГБД РФ в разделе приложений <https://soil-db.ru/prilozheniya>. В 2020 г. в рамках работы Центра коллективного пользования осуществлено разворачивание основных и учебных дата-центров на базе суперкомпьютера «Ломоносов-2» в сотрудничестве с Научно-исследовательским вычислительным центром МГУ имени М.В. Ломоносова.

Ряд научно-исследовательских институтов и учебных заведений также создают региональные информационные системы (центры) для решения различных профессиональных задач. Так, в Почвенном институте имени В.В. Докучаева на платформе ГИС разработаны государственный реестр почвенных ресурсов сельскохозяйственных угодий России и база данных индикаторов качества почв сельскохозяйственных угодий РФ [Столбовой, 2021; Столбовой и др., 2021].

Основные задачи проекта ИС ПГБД РФ, а также принципы функционирования информационной системы были изложены ранее [Голозубов и др., 2015]. Задачи, связанные с подключением в ПГБД РФ региональной информации, с выработкой стандартов информационного обмена, а также выработкой принципов использования ПГБД РФ для решения практических задач, успешно решаемые на протяжении последних лет, остаются актуальными и сейчас.

В настоящей статье представлены современная структура Информационной системы «Почвенно-географическая база данных РФ» и особенности ее функционирования. Приведены примеры реализации прикладных аспектов на базе информационной системы и обсуждены дальнейшие перспективы ее развития.

¹ Отчет о прикладных научных исследованиях и экспериментальных разработках «Технология интеграции природно-почвенной информации центров Агрохимической службы в распределенную Информационную систему «Почвенно-географическая база данных России» для оперативного управления земельными ресурсами на региональном и федеральном уровнях». ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы». Соглашение о предоставлении гранта от 04.12.2019 г. № 075-15-2019-1862. Руководитель проекта С.А. Шоба. Москва, 2020. https://datacenter.soil.msu.ru/fileshare/Soil_Courses/GIS_DB_IT_tutorial/assessment_lit/FCP_part2_report.pdf

Современное состояние Информационной системы ПГБД РФ. Структура и функционирование

ИС ПГБД РФ является программным средством и интернет-ресурсом, где объединяются разнородные (по тематике, масштабу, источнику) актуальные и архивные данные, для работы с которыми используются технологии больших данных [Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 19661]. Формализованный сбор данных по почвенным профилям осуществляется в автономном и оперативном режимах, вся почвенно-природно-аграрная информация объединяется на базе цифровых карт с использованием ГИС-технологий. Подсистемы ИС ПГБД функционируют за счет применения стандартов, основанных на структурированном гипертекстовом представлении пространственно-атрибутивной информации в сети Интернет (GeoRSS, WFS, WMS, GeoJSON), с использованием ГИС-серверов и SQL-серверов баз данных.

Для обмена с сервером GLOSIS в серверах распределенной сети ИС ПГБД РФ поддерживаются протоколы WFS версий 2.0 и 3.0 в соответствии со стандартами OGC [OGC Soil Data]. Здесь первоочередной задачей являются гармонизация и стандартизация данных для обеспечения совместимости, сопоставимости и релевантности данных, поступающих от национальных дата-центров в глобальную систему. ИС ПГБД РФ, выполняя координирующую функцию для стран Евразийского партнерства, осуществляет конвертацию национальных стандартов в совместимые с глобальными. Поддерживается многоязычная стандартизирующая система почвенных описаний [Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 24121], ведется работа по подключению национальных языков и терминологических систем других стран партнерства.

В ПГБД РФ входят два основополагающих блока: Географическая база данных (БД), или картографический блок (<https://soil-db.ru/map>), и атрибутивный блок, основной частью которого является Профильная атрибутивная БД (<https://soil-db.ru/attr>). На базе распределенной Информационной системы ПГБД РФ также функционирует в режиме онлайн ряд программных продуктов.

Наиболее полно метаданные (поля, ключи и связи) ИС ПГБД РФ описаны в двух томах отчета, упомянутого выше. Особенностью базы данных и основой ее создания и функционирования являются следующие принципы:

- объединение почвенной информации осуществляется на базе цифровых карт с использованием ГИС-технологий;
- ключевым методом идентификации пространственных объектов являются его географические координаты;

- раздельное хранение различных слоев информации полигональной (почвенных контуров, границ угодий, полей и др. с учетом истории изменения этих контуров) и точечной (почвенных разрезов и др.);
- деагрегация атрибутивных данных, то есть разделение всех аграрно-почвенных описаний на атомарные семантические таксоны;
- основным элементом хранения пространственной точечной информации является «образец-метод-единица» [Иванов и др., 2010], из этих элементов потом образуется слой или горизонт и описание профиля в целом.

Основу картографического блока составляют цифровые карты: Почвенная карта России масштаба 1:2 500 000, включая Почвенную карту Крыма [Почвенная карта РСФСР, 1988; Карта почвенно-экологического районирования, 2019] и Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации масштаба 1:8 000 000 [2019]. На их основе осуществляется объединение почвенной информации с использованием ГИС-технологий. Кроме того, БД включает карту административного деления России масштаба 1:1 000 000. Также система объединяет большое количество дополнительных цифровых картографических материалов разного масштаба: обзорные и мелкомасштабные тематические карты на всю территорию страны, в том числе из Национального атласа почв [2011], среднемасштабные, крупномасштабные и детальные карты почв и землепользования отдельных регионов и хозяйств.

В картографическом блоке ПГБД РФ реализовано несколько приложений, позволяющих визуализировать картографическую информацию в онлайн-режиме для заинтересованных пользователей.

Приложение «Почвенная карта России», которое включает Почвенную карту РСФСР масштаба 1:2 500 000 и Почвенную карту Крыма масштаба 1:2 500 000. Оно представляет собой онлайн-карту (<https://soil-db.ru/map?name=fridland>), содержащую характеристику каждого полигона: почва (почвенный комплекс) основная и до трех сопутствующих почв (почвенных комплексов); почвообразующая порода основная, порода сопутствующая. В приложении реализована возможность поиска-запроса почв/почвенных комплексов по единицам легенды и отображения результата на карте (рис. 1).

Приложение «Почвенная карта Московского региона» (<https://soil-db.ru/map?name=moscow-region>) — это визуализация данных цифровой почвенной карты масштаба 1:300 000 [Цифровая среднемасштабная почвенная карта..., 2019]. Они включают информацию о слагающей контур карты почве или компонентах почвенной комбинации (с указанием доли), их гранулометрическом составе и почвообразующей породе.

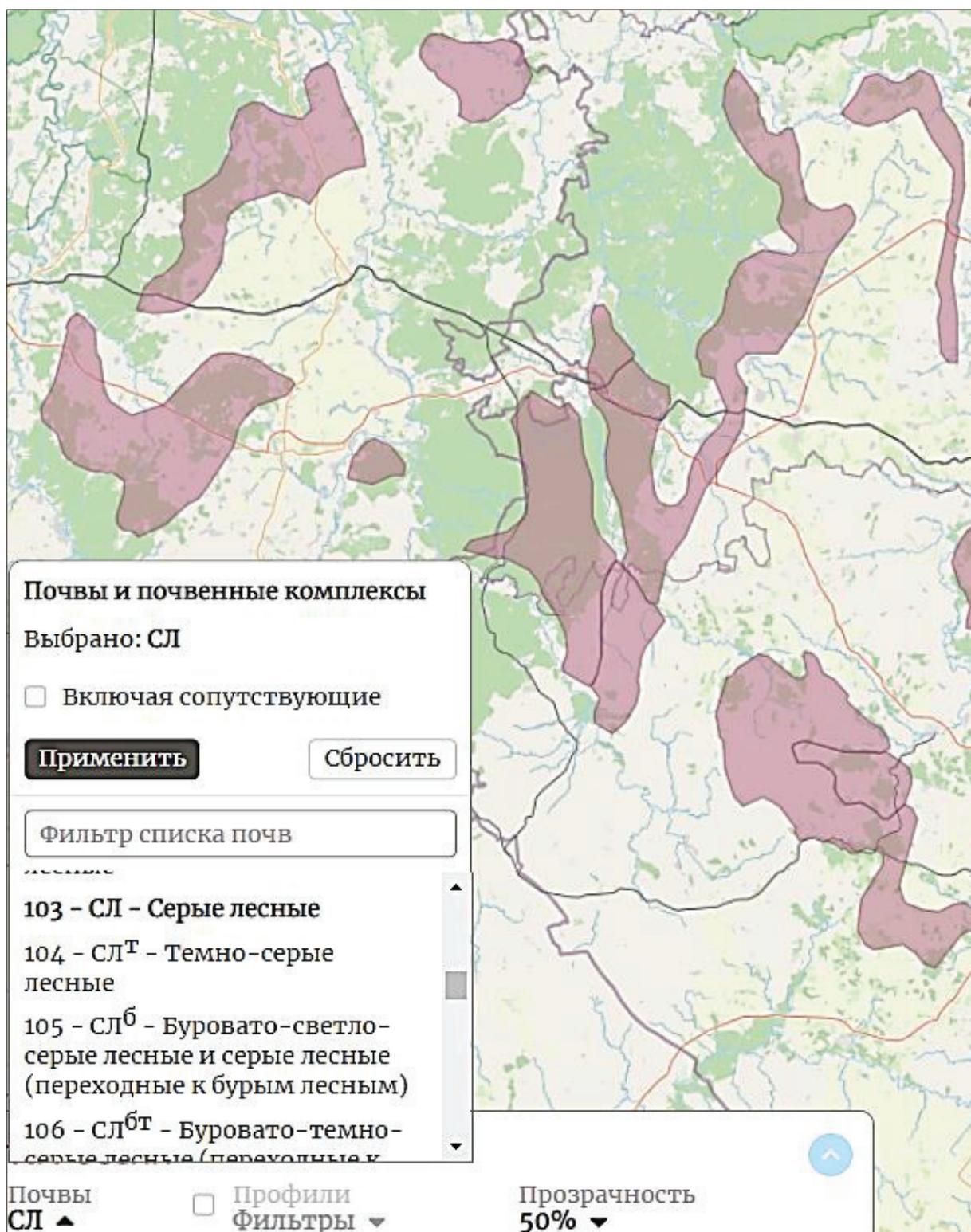


Рис. 1. Приложение «Почвенная карта России». Результат выбора на карте почв «103 — СЛ — Серые лесные» — темные полигоны. Фрагмент

Приложение «Почвенно-экологическое районирование России» представлено цифровой версией Карты почвенно-экологического районирования масштаба 1:8 000 000 [2019], которая позволяет получить информацию о таксонах почвенно-экологи-

ческого районирования, климатических параметрах атмосферных и почвенных режимов провинций, а также структуре земельных угодий и величине бонитета почвенного покрова округов (<https://soil-db.ru/map?name=eco>).

Приложение «Земельная статистика» (<https://soil-db.ru/map>) представляет собой онлайн-карту со сведениями о структуре земельных угодий административных районов субъектов Российской Федерации (форма 22–2) на 01 января 2006 г. (по данным федерального государственного статистического наблюдения за земельными ресурсами, осуществляемого Федеральным агентством кадастра объектов недвижимости) и данными земельной статистики на 2014 г. для Крыма и Севастополя.

Наряду с вышеописанными материалами в картографическом блоке ИС ПГБД РФ размещена База данных «Продуктивность экосистем Северной Евразии», основу которой составили опубликованные и оригинальные материалы, собранные и обобщенные в 1970–1990-ые гг. группой сотрудников лаборатории биогеографии Института географии РАН по инициативе и под руководством проф. Н.И. Базилевич (<http://biodat.ru/db/prod/index.htm>). Материалы собраны по более чем 2600 пробным площадям (<https://soil-db.ru/map?name=ecosystem-productivity>), отражающим практически все разнообразие природных зональных и интразональных экосистем Северной Евразии (бывшего СССР). База данных содержит: описание географического положения; название растительной ассоциации и перечень основных видов растительности; данные о фитомассе, продукции и мортмассе (наземных и подземных) в экосистеме, о подстилке.

Атрибутивный блок ПГБД включает три основных массива почвенных данных: профильная атрибутивная база данных РФ, профильные базы данных тематических региональных обследований почвенного покрова, данные регулярного агроэкологического мониторинга объединенных проб поверхностных образцов по полигонам.

Профильная атрибутивная база данных России основана на концепции репрезентативных почвенных профилей [Колесникова и др., 2010; Шоба и др., 2010]. Она содержит координаты и характеристики опорных (типичных) разрезов, отражающих почвенное разнообразие России на уровне выделов легенды Почвенной карты РФ. Основным объектом БД выступает конкретный почвенный разрез с присущим ему набором почвенных горизонтов, характеризующийся специфическим набором атрибутивных данных. В разработке атрибутивного блока наиболее важным является вопрос систематизации и унификации информации, представляемой в БД из разных источников. Систематизация атрибутивных почвенных данных предполагает определение набора атрибутов, требующихся для всестороннего описания почвы, а также разработку единой формы их представления.

Поскольку для описания почв используется целый комплекс признаков и характеристик, для осуществления обмена почвенной информацией требуется стандартная, унифицированная система

представления данных. В целях обеспечения формализованного сбора атрибутивной информации о свойствах почв и обеспечения совместимости форматов данных разработана унифицированная система (объектная модель) занесения, корректировки и представления почвенных данных с систематизированными списками показателей на основе базовых шкал, положенных в основу описаний почвенных профилей [Иванов и др., 2010]. Для унификации описания представляемых данных разработана иерархическая система таблиц-справочников по основным разделам с указанием единиц измерения и основных методов определения характеристик [Колесникова и др., 2010].

Объектная модель постоянно совершенствуется, на текущую версию получено свидетельство о регистрации в 2019 г. [Голозубов и др., 2019]. Также разработана серия локальных программ, позволяющих осуществлять автономный сбор данных почвенных профилей: для мониторинга плодородия в сельском хозяйстве (БД v7.2) и расширенная версия с учетом содержания различных форм микроэлементов (БД v7.7 ТМ).

Пополнение всех трех массивов атрибутивных данных (в границах всей территории страны, среднemasштабных региональных обследований, а также крупномасштабного агрохимического и агроэкологического мониторинга) ведется на постоянной основе. Наряду с увеличением количества занесенных в ПГБД РФ репрезентативных почвенных профилей и образцов идет корректировка уже входящих в атрибутивный блок. Так, в текущей версии ИС ПГБД на форму CO₂ карбонатов пересчитаны все данные, ранее включающие без разделения показатели содержания карбонатов в почвах, рассчитанные как на CaCO₃, так и на CO₂ карбонатов.

В настоящее время на сайте ИС ПГБД РФ функционирует приложение «Профильная атрибутивная база данных РФ» (<https://soil-db.ru/map/profiles>), которое позволяет вывести расположение опорных разрезов БД в виде дополнительного слоя картографического блока в разделах Почвенная карта России, Карта почвенно-экологического районирования РФ, Земельная статистика, Почвенная карта Московского региона. В приложении реализована возможность просмотреть всю относящуюся к опорным разрезам информацию, включая описание, аналитические характеристики и т. д. (рис. 2), а также выполнить поиск-запрос разрезов почв по ряду критериев. Осуществляется выбор: 1) разрезов, репрезентативных для одного или нескольких выделов легенды Почвенной карты РФ; 2) разрезов, обеспеченных теми или иными данными о свойствах почв (всего 19 групп параметров).

Программные комплексы. Разработанные принципы создания и функционирования почвенных

Карточка почвенного описания ▾

Разрез из Профильной атрибутивной базы данных РФ.

Разрез 470

Идентификатор разреза в БД	470
Код разреза	LRR-701-644
Источник данных	Stolbovoi V., etc.. Land Resources of Russia (Земельные ресурсы России) // CD-ROM IIASA and RAS. 2002.
Авторское название почвы	не указано
Название почвы по ПК РФ	Черноземы оподзоленные
Название почвы по WRB 2006	Rubic Arenosols Eutric
Название почвы по FAO 1988	Cambic Arenosols
Административный регион РФ	Республика Мордовия
Почвенный эталон	нет
Высота	200 м
Уровень обнаружения ГВ	2-3 м
Хозяйственное использование	пашня
Количество горизонтов	4
Авторская формула профиля	Ap-A-B-Bk
Комментарии к профилю почвы	Материнская порода - Loamy loess

Морфологическое описание профиля >

Таблица 3. Состав органической части почвы, % на воздушно-сухую навеску >

Таблица 4. Карбонаты, гипс, легкорастворимые соли, % >

Таблица 11. Катионообменные свойства и обменные основания >

Таблица 12. Кислотность и щелочность >

Таблица 13. Гранулометрический состав почвы, % >

Таблица 17. Физические свойства почвы >

Таблица 19. Водоудерживающая способность, % >

Рис. 2. Приложение «Профильная атрибутивная база данных РФ». Вывод имеющейся информации о разрезе 470

информационных систем и баз данных в распределенной сети, экологические основы геоинформационного обеспечения мониторинга и рационального использования почвенных ресурсов, научно-методологические подходы к решению различных практических задач позволили разработать и внедрить серию программных продуктов [Свидетельство о государственной регистрации ПрЭВМ и БД № 2018615340, № 2020660887, № 19661, № 22678 и др.].

Программный комплекс «Расчет нормативной урожайности зерновых культур для земель сельскохозяйственного назначения Московской области» предназначен для использования в оценке земель, проводимой с различными целями. Расчет в границах элементарных участков производится согласно Методическим указаниям по государственной кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения, на основе имеющихся в ИС ПГБД циф-

ровых карт и расчетных таблиц (<https://soil-db.ru/prilozheniya/pk1>).

Программный комплекс для оперативной оценки уровня плодородия почв и расчет доз удобрений и мелиорантов, требующихся для корректировки плодородия земель сельскохозяйственного назначения Московской области, учитывает четыре основных агрохимических показателя. Программа позволяет оперативно в режиме онлайн получить представление о состоянии плодородия почв выбранного земельного участка, оценить очередность, объем и стоимость необходимых агрохимических мелиоративных мероприятий для доведения плодородия почв до приемлемого уровня (<https://soil-db.ru/prilozheniya/pk6>).

Веб-приложение «Расчет минеральных удобрений под планируемую урожайность» является Интернет-ресурсом, функционирующим в составе ИС ПГБД РФ с использованием базы данных регионального почвенного дата-центра ГЦАС «Ростовский». Приложение предназначено для расчета годовой потребности минеральных удобрений под сельскохозяйственную культуру, возделываемую на выбранном поле, на заданную урожайность в зависимости от уровня почвенного плодородия.

Программный комплекс для ЭВМ «ГИС Агроэколог Онлайн» функционирует на базе ФГБУ «Центр агрохимической службы «Белгородский»». Он предназначен для автоматического построения карт агроэкологической группировки земель; размещения данных о химическом составе почвенного профиля; расчета годовых доз внесения азота, фосфора и калия с минеральными и органическими удобрениями в зависимости от предшественников, гранулометрического состава почв, степени эро-

дированности, обеспеченности почв подвижными формами фосфора и калия, кислотности и др. не только для конкретных хозяйств, но и для административных районов [Лукин и др., 2019; Костин и др., 2020; Malysheva et al., 2021].

Развитие Центра коллективного пользования и распределенной системы ИС ПГБД РФ. Научные и прикладные аспекты применения

ИС ПГБД РФ является единственной почвенной ИС масштаба страны, которая находится на сопоставимом уровне с ведущими мировыми примерами реализаций функционирования распределенной сети почвенных дата-центров. В 2016 г. в мире впервые был опробован информационный обмен между основными почвенными информационными системами [OGC Soil Data Interoperability Experiment]. В том же году в России был осуществлен эксперимент по информационному обмену между локальными центрами обработки почвенных данных: Почвенным дата-центром факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова, Центрами агрохимической службы «Ростовский», «Белгородский» и Южным федеральным университетом, являющимися держателями цифровых данных мониторинга плодородия и архивных материалов региональных почвенных обследований. В 2017 г. в рамках работы над проектом ФАО ООН — создание Всемирной карты запасов органического углерода в 30-сантиметровом слое почвы (GSOC17) — в Российской Федерации к работе в распределенной ИС ПГБД РФ был подключен Центр агрохимической службы «Московский». В результате была исследована возможность сбора разнородной почвенной

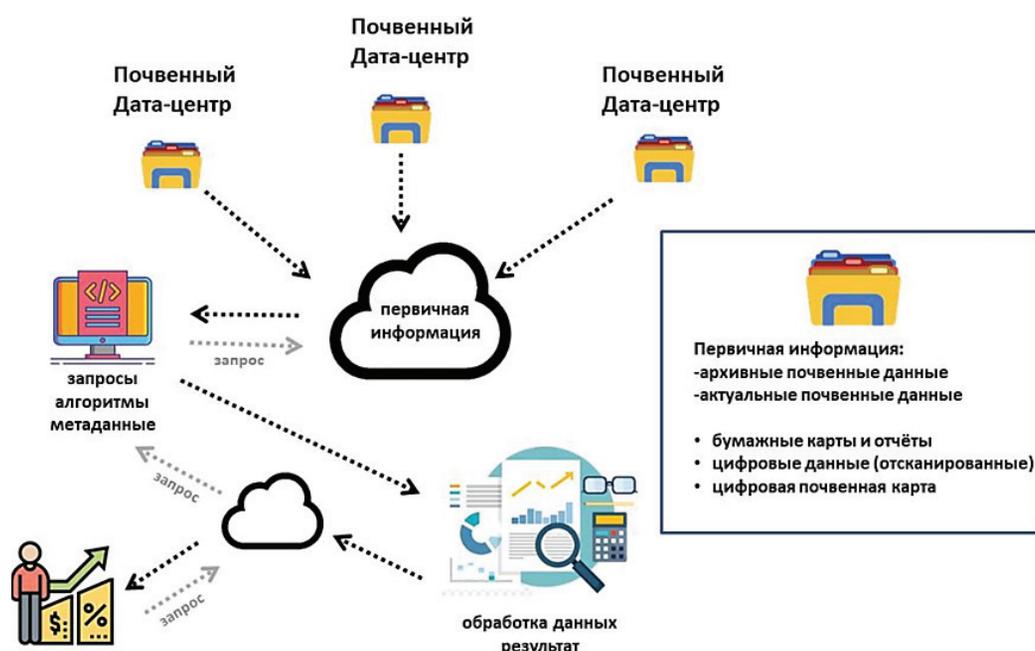


Рис. 3. Структура распределенной Информационной системы

информации и расчета характеристик почвенного покрова в режиме реального времени [Свидетельство о регистрации пр ЭВМ и БД № 24890].

В настоящее время ИС ПГБД в качестве координатора обеспечивает функционирование распределенной сети, а также разработку и распространение соответствующих международному уровню стандартов описания, хранения, представления и обмена почвенной информации за счет использования специализированных программ, адаптированных к региональным особенностям.

На рис. 3 представлена упрощенная структура распределенной ИС, в которой показаны информационные потоки клиентских запросов на выборку первичной информации, хранящейся в нескольких почвенных дата-центрах, формирование блока данных для обработки по стандартизованному алгоритму из библиотеки и передачу результатов на терминал клиента. Все эти операции выполняются в сети Интернет.

Аграрно-почвенные дата-центры. В соответствии с Положением о государственном экологическом мониторинге и государственном фонде данных государственного экологического мониторинга² формирование единого фонда данных осуществляется на основе государственных информационных ресурсов с использованием современных информационных технологий, включая геоинформационные. В Постановлении перечислены 8 федеральных министерств и ведомств, ответственных за согласование информационной структуры и обмена при осуществлении мониторинга окружающей среды. Почвенная информация в той или иной степени входит во все схемы мониторинга. Государственный мониторинг земель сельскохозяйственного назначения находится в компетенции Министерства сельского хозяйства РФ, его осуществляют 110 центров и станций агрохимической службы РФ. Формируемые агрохимической службой информационные ресурсы о почвах состоят из: почвенных карт в границах хозяйств (масштаба 1:5 000 — 1:25 000) и областных среднесажабных; базы данных современных почвенных обследований — смешанных проб, отбираемых и анализируемых ежегодно; архивных данных почвенных обследований за период более 50 лет. К ним относятся данные агрохимических обследований, сведения о почвенном плодородии и характере использования земель сельскохозяйственного назначения, севооборотах, материалы почвенных и почвенно-мелиоративных обследований, а также информация о некоторых других характеристиках почвенного покрова, важных для сельскохозяйственного использования конкретных

регионов (заболоченность, засоленность, эрозия, закустаренность и т. д.).

Интеграция этой информации в распределенную ИС позволяет оперативно решать задачи мониторинга состояния почвенного покрова, государственной кадастровой оценки земель сельскохозяйственного назначения, управления земельными ресурсами на региональном и федеральном уровнях [Чекмарев, Лукин, 2013]. Перевод в цифровую форму архивных материалов, обработка и стандартизация всех данных относятся к ведению аграрно-почвенных дата-центров, они также выполняют работы по формализации и типизации технологических процессов, доработке и настройке типового программного обеспечения, вводу и обработке первичной информации. Наиболее трудозатратные задачи дата-центра — это сбор и обработка первичных данных и выработка решений, рекомендаций и отчетов для потребностей региона. Форматы и справочники метаданных во многом определяются сложившейся практикой почвенных обследований и лабораторных измерений, специфических для конкретного региона.

Едиными для всех региональных аграрно-почвенных дата-центров являются:

- организация администрирования и сопровождения инфраструктуры;
- подходы к технологиям защиты информации, разграничения доступа и авторизации, включая защиту авторских прав;
- структура состава и взаимодействия системного и серверного программного обеспечения.

Типовой дата-центр представляет собой многоуровневую систему, количество уровней в которой не ограничивается традиционным разделением на веб-интерфейс, веб-сервер и сервер баз данных, а позволяет реализовать межсерверное взаимодействие («облачное» вычисление), как, например, в описанном выше программном комплексе расчета оценки нормативной урожайности, или обеспечить взаимодействие автономных и аналитических оперативных методов обработки данных, что характерно для технологий Big Data.

Региональная специфика организации земельного устройства и мониторинга плодородия, обусловленная административными и природными характеристиками областей, проявляется в особенностях документации на веб-интерфейс, структуры и функционировании БД, несмотря на типизацию программного обеспечения аграрно-почвенных дата-центров.

В настоящее время в региональных центрах агрохимической службы Российской Федерации осуществляется работа по переводу почвенно-картографической и агрохимической информации в цифровую форму и созданию локальных дата-центров. Однако уровень информатизации агрохими-

² Постановление Правительства РФ от 9 августа 2013 г. № 681 «О государственном экологическом мониторинге (государственном мониторинге окружающей среды) и государственном фонде данных государственного экологического мониторинга (государственного мониторинга окружающей среды)».

ческих центров по регионам крайне неоднороден. Наиболее продуктивно эта работа проводится в южных сельскохозяйственных субъектах РФ, в частности в агрохимцентрах «Белгородский», «Ростовский», а также в ГЦАС «Московский». В качестве примера следует отметить наиболее совершенно функционирующую информационную систему по почвенным ресурсам в агрохимическом центре «Белгородский». Эта система соответствует международному уровню региональных почвенно-агрохимических дата-центров, которая объединяет разностороннюю картографическую и почвенно-аналитическую информацию по всей территории области.

Перспективные технологические решения в целях дальнейшего развития и совершенствования Информационной системы ПГБД РФ

За последние годы в составе, структуре, функционировании Информационной системы ПГБД РФ произошли существенные качественные и количественные изменения и преобразования. Они связаны прежде всего с объемом, качеством, разнообразием данных и путями их поступления в систему.

В настоящее время Профильная атрибутивная БД включает 10500 профилей, в том числе на территории России — 3000, из них представительных профилей с полным описанием — более 1000, и соответственно 22000, 13000 и 5000 описаний горизонтов. В картографическую БД входят: мелко-масштабные почвенные карты и карты почвенно-экологического районирования; среднemasштабные почвенные карты, карты почвообразующих пород, карты эрозии (М от 1:200 000 до 1:600 000); крупно-масштабные почвенные карты на площадь свыше 25 000 000 га, содержащие 184 000 контуров. По мере увеличения количества поступающих данных не только расширяется их география, но также растет временной ряд наблюдений, позволяя в отдельных регионах фиксировать историю изменения в геометрии и использовании полей и сельскохозяйственных угодий. Дополнительная разнообразная информация поступает в ИС ПГБД за счет функционирования узлов аграрно-почвенных дата-центров (данные мониторинговых обследований); оцифровки архивных данных очерков и почвенных карт; ввода данных смежных заинтересованных организаций (угодья, негативные факторы, мелиоративные сооружения, кадастры, схемы землепользования); использования сторонних картографических материалов, импортируемых в растровых форматах — гридах (данные ФАО).

Собранные (и постоянно поступающие) в ИС ПГБД РФ данные в полной мере отвечают характеристикам Big Data, а именно 4V: Volume (объем), Velocity (скорость), Variety (разнообразие), Veracity

(достоверность, проверяемость, воспроизводимость) [Голозубов, Колесникова, 2021]. Работа на распределенной сети Информационной системы дает возможность совместного использования этих данных, проведения пространственной аналитики, использования методов интеллектуального анализа OLAP, методов статистического моделирования и формирования педотрансферных функций [Алябина и др., 2021; Голозубов, Чернова, 2022]. Схема выполнения пространственного моделирования в решении практических крупномасштабных задач в основном включает:

- пространственное агроклиматическое зонирование территории с вовлечением всего комплекса имеющихся аграрно-почвенных данных;
- целенаправленный отбор типовых (представительных) земельных комплексов (часто уровня хозяйств, совхозов) и оцифровку (векторизацию) почвенных и сопутствующих карт, данных почвенных очерков (отчетов);
- формирование реестра (групп наименований почв и значимых признаков);
- зонирование территории — выделение компактных областей, однородных по набору значимых признаков;
- выработку решающих правил для классификации почвенных контуров;
- определение значимости классифицирующих признаков;
- оценку представленности (разнообразия) данных в почвах территориальных зон;
- регрессию (прогнозирование) данных для представительных профилей на почвы (класс) внутри зоны;
- построение модели (в геоинформационной системе), выполняющей последовательность этих задач в автоматическом режиме с коррекцией расчетных таблиц;
- проверку работы модели на контрольном наборе (пополнении) данных.

Примером такой задачи является, в частности, описанный выше программный комплекс Плодородие сельскохозяйственных земель Московской области — <https://soil-db.ru/prilozheniya/pk6> [Свидетельство о регистрации программы ЭВМ и базы данных № 24890]. Здесь пользователю предоставляются уже результаты моделирования, выраженные в виде расчетных педотрансферных функций, а пополнение информации как почвенной, так и агромониторинговой приводит в автоматическом режиме к уточнению параметров моделей и более точному прогнозированию.

Таким образом, в распределенной ИС ПГБД на больших данных фундаментально достигнута возможность комплексного анализа территории, выполнения контролируемых интерполяционных

алгоритмов, моделирования пространственного распределения различных показателей, проведения расчетов, выдачи результатов через интерфейс прикладных программ (API) как для внутренних, так и для сторонних пользователей. Для работы с такими данными востребованы современные методы и технологии искусственного интеллекта, в том числе методы машинного обучения и нейросетевые алгоритмы [Алябина и др., 2021; Голозубов, Колесникова, 2021; Голозубов, Чернова, 2022].

Еще одним значимым достижением последних лет является организация массового ввода и публичного применения (использования) хранимых в ИС ПГБД данных в решении задач. При создании различных проектов рекультивации, агрохимических и эколого-токсикологических паспортов организациями Московской и Ростовской областей были запрошены и использованы почвенные данные. В дальнейшем востребованность почвенных данных будет только возрастать. Так, в соответствии с Постановлением Правительства РФ³ предполагается возвращение в оборот не менее 8856,4 тыс. гектаров до конца 2025 г. Реализация планов предусматривает сбор и обобщение результатов агрохимического, эколого-токсикологического и почвенного обследований.

Важно отметить, что заказчики проектов обладают возможностью цифрового ввода заданий на проектирование и ввода сопутствующих данных в ИС ПГБД из своих информационных систем. Ввод данных (почвенных и агрохимических) осуществляется центрами агрохимической службы, научно-образовательными организациями, коммерческими организациями агропромышленного комплекса. Организации-проектировщики сооружений, нефте- и газопроводов, разработчики проектов адаптивно-ландшафтного землеустройства, оценщики кадастровых участков, представители Россельхознадзора, судебные эксперты поставляют в ИС ПГБД более разнообразную информацию, включая текущие карты угодий и землепользования, карты негативных факторов (зарастание и заболачивание земель, антропогенные воздействия), в том числе и в форме растровых данных дистанционного зондирования Земли, схемы линейных сооружений, уточненные данные рельефа и т. п.

Главным принципом работы узлов ПГБД при выполнении подобных запросов является предоставление в общий доступ не первичных исходных данных, а итоговых результатов или предрасчетных данных для использования в информационных системах потребителей. ИС ПГБД РФ выступает в

роли информационного экспертно-аналитического центра, содержащего большой набор алгоритмов и научно-обоснованных моделей расчета, обеспечивающего консультационную поддержку. Подключение к распределенной сети ИС ПГБД РФ как поставщиков данных, так и потребителей требует, с одной стороны, продолжения работ по стандартизации агро-эколого-почвенных описаний, а с другой — учета многообразия стандартов и технологий связи между узлами сети и серверами. Здесь нашли применение и такие международные стандарты OGC, как GeoNode, основанные на протоколе обмена WFS, так и стандартные протоколы межсерверного обмена связанных SQL-серверов (linked servers), а также другие технологии, список которых расширяется и обновляется по мере расширения перечня поставщиков и потребителей данных. На основе стандартизации метаданных и алгоритмов в ИС ПГБД за счет стандартизированного API интерфейса и протоколов реализована возможность передачи данных в сети компьютер-компьютер с возможностью использования в дальнейших вычислениях.

Заключение

Место и роль информационной системы, подобной ИС ПГБД РФ, в цифровой экономике и цифровом сельском хозяйстве можно определить, рассматривая в целом единую информационную систему по почвенным ресурсам страны (рис. 4). Она включает блоки, находящиеся на разных административных уровнях. Эти блоки выполняют определенную функцию, свойственную задачам соответствующих ведомств и организаций.

Первичные цифровые ресурсы, касающиеся состава почвенного покрова, свойств почв и сопутствующих природных характеристик, необходимые для производства сельскохозяйственной продукции, локализованы главным образом в региональных центрах агрохимической службы. Обоснованность сбора, хранения и обработки первичной информации для нужд региональных практиков сельского хозяйства обусловлена тем, что на этом уровне специалисты досконально знают все особенности своих объектов и как рационально их использовать на практике. Региональные дата-центры агрохимических служб с помощью программных средств выдают рекомендации по рациональному использованию земельных участков конкретным производителям, и они являются частью федеральной распределенной информационной системы по почвенным ресурсам.

Федеральные ведомства должны располагать сведениями обзорного характера для всей территории страны: динамика структуры земельного фонда, тематические карты и т. д. Министерство сельского хозяйства Российской Федерации также аккумулирует запросы и анализирует только ту

³ Постановление Правительства РФ от 27.10.2021 № 1832 «О внесении изменений в Государственную программу эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации».

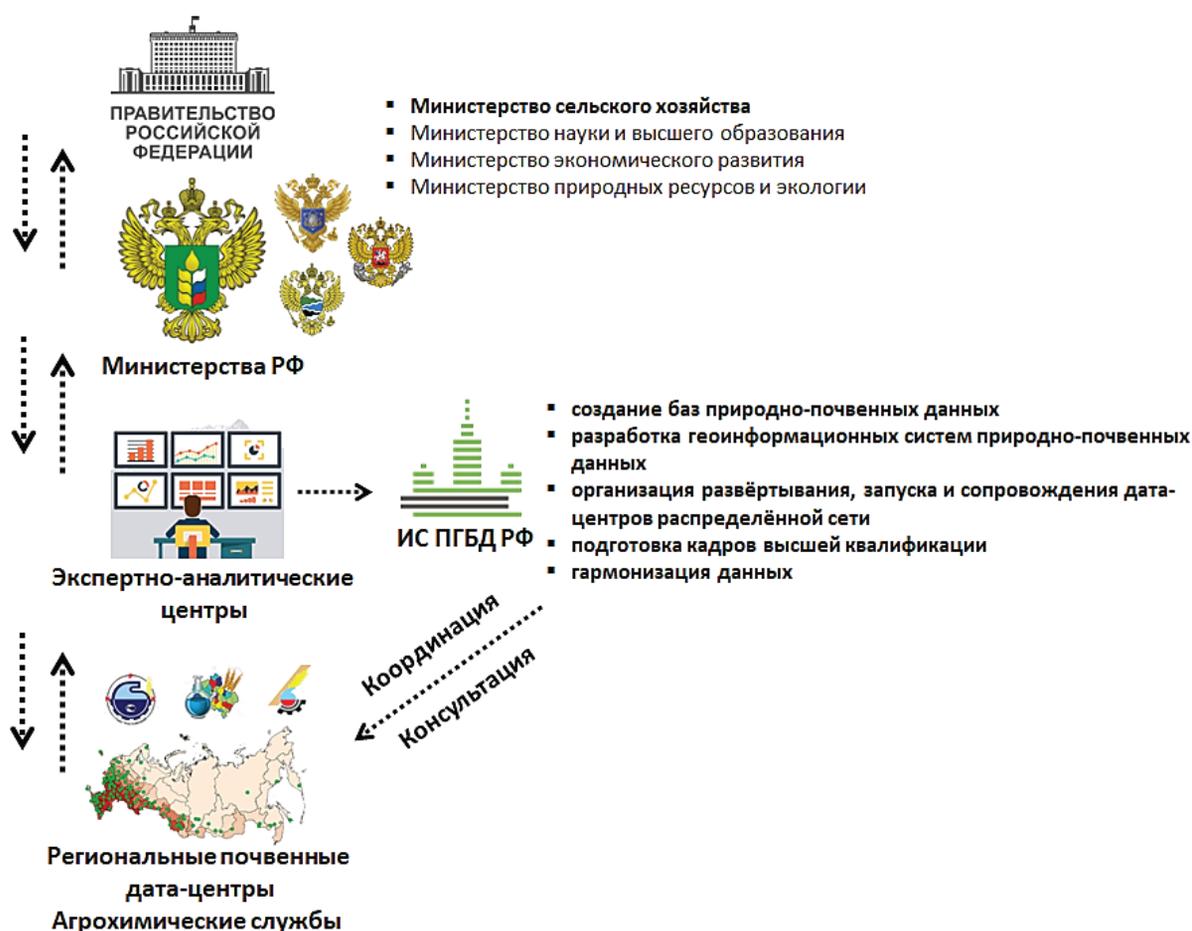


Рис. 4. Схема функционирования единой информационной системы по почвенным ресурсам

информацию, которая необходима для выполнения функций федеральных органов по принятию управленческих решений. Эти задачи могут быть самые разные: планирование сбора урожая по регионам, расчеты необходимых ресурсов для сельского хозяйства (удобрений, средств защиты растений, сельскохозяйственной техники т. п.). Информационный Центр Министерства сельского хозяйства, в свою очередь, должен обеспечить региональные дата-центры единой нормативной инструктивной базой для унификации работы с информационными ресурсами.

Особое место занимают дата-центры научно-исследовательских институтов и учебных заведений, каким является Центр коллективного пользования учебно-научным оборудованием «Информационная система «Почвенно-географическая база данных России»» Московского университета. Эти структуры по существу представляют собой экспертно-аналитические центры. Помимо решения прикладных задач, они в большей мере выполняют методические, научно-исследовательские и образовательные функции: разработку и использование геоинформационных систем, гармонизацию данных, инициирование создания распределенной сети дата-центров.

Значительная часть почвенно-аналитической информации этих центров представлена итогами многолетних исследований научно-образовательных учреждений в виде почвенных и других тематических карт разного масштаба, научных отчетов, монографических и журнальных публикаций, диссертаций. Соответственно, подобные экспертно-аналитические центры являются источником полезной информации не только для управленцев и практиков сельского хозяйства, но и для научных работников и преподавателей различного профиля.

Информация о финансировании работы

Государственное задание МГУ имени М.В. Ломоносова № 121040800147-0; № 1736–р Евразийского центра по продовольственной безопасности МГУ имени М.В. Ломоносова.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алябина И.О., Голозубов О.М., Чернова О.В. Некоторые направления применения статистических методов в рамках Информационной системы «Почвенно-

географическая база данных России» // Природная и антропогенная неоднородность почв и статистические методы ее изучения: сборник науч. статей по материалам Всерос. науч. интернет-конференции с межд. участием, посвященной 90-летию со дня рождения заслуженного профессора Е.А. Дмитриева. М., 2021.

2. Голозубов О.М., Рожков В.А., Алябина И.О. и др. Технологии и стандарты в информационной системе почвенно-географической базы данных России // Почвоведение. 2015. № 1. <https://doi.org/10.7868/S0032180X15010062>

3. Голозубов О.М., Колесникова В.М. Применение механизма больших данных в агроэкологическом мониторинге // Экология речных бассейнов: Труды 10-й Междунар. науч.-практ. конф. / Под общ. ред. проф. Т.А. Трифионовой; Владим. гос. ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, 2021.

4. Голозубов О.М., Чернова О.В. Динамическое формирование и обновление карты запасов органического углерода на территории России как задача интеллектуального анализа Больших данных // Интеллектуальные системы. Теория и приложения. 2022. Т. 26, № 1.

5. Иванов А.В., Алябина И.О., Иванов С.А. и др. Почвенно-географическая база данных: структура данных и метаданные (версия 1.0) // Доклады по экологическому почвоведению. 2010. Вып. 14, № 2.

6. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации масштаба 1:8 000 000 / Под ред. И.С. Урусевской; авторы: И.С. Урусевская, И.О. Алябина, С.А. Шоба. 2019 (врезка — Почвенная карта Крыма. Масштаб 1:2 500 000. Авторы: И.С. Урусевская, И.А. Мартыненко, И.О. Алябина).

7. Колесникова В.М., Алябина И.О., Воробьева Л.А. и др. Почвенная атрибутивная база данных России // Почвоведение. 2010. № 8.

8. Костин И.Г., Малышева Е.С. Мониторинг основных параметров плодородия почв с применением геоинформационных систем // Вестник Казанского ГАУ. 2020. № 2 (58).

9. Лукин С.В., Костин И.Г., Малышева Е.С. Применение геоинформационных систем для агроэкологического мониторинга сельскохозяйственных земель // Агрехимический вестник. 2019. № 4.

10. Национальный атлас почв Российской Федерации / Гл. ред. С.А. Шоба; научный консультант Г.В. Добровольский; отв. ред. И.О. Алябина, И.С. Урусевская, О.В. Чернова. М., 2011.

11. Почвенная карта РСФСР. Масштаб 2 500 000 / Под ред. В.М. Фридланда. М., 1988 (скорректированная цифровая версия, 2007).

12. Рожков В.А. Автоматизированные информационно-поисковые системы в почвоведении. М., 1983.

13. Рожков В.А. Алгоритмы и программы статистической обработки наблюдений в почвоведении ЭВМ «Мир» и «Минск-22». М., 1973.

14. Рожков В.А. Почвенная информатика: Учебное пособие. М., 1987.

15. Рожков В.А. Становление почвенной информатики // Почвоведение. 2002. № 7.

16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018615340. ГИС Агроэколог Онлайн. Заявка № 2018612437. Дата поступления 14.03.2018. Дата регистрации 04.05.2018 / Костин И.Г., Лукин С.В., Малышева Е.С.

17. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020660887. Программный комплекс «Расчёт нормативной урожайности зерновых культур для земель сельскохозяйственного назначения Московской области». Заявка № 2020618262. Дата поступления 31.07.2020. Дата регистрации 15.09.2020 / Алябина И.О., Кириллова В.А., Голозубов О.М.

18. Свидетельство о регистрации программы ЭВМ и базы данных № 24890. Программный комплекс оценки уровня плодородия почв и расчета доз удобрений и мелиорантов для корректировки плодородия земель сельскохозяйственного назначения. Дата регистрации 29.09.2021 / Чернова О.В., Голозубов О.М.

19. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 19661. Информационная система на основе Почвенно-географической базы данных России (ИС ПГБД РФ). Дата регистрации 6.11.2013 / Шоба С.А., Алябина И.О., Голозубов О.М. и др.

20. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 22678. Подсистема расчета потребности в минеральных удобрениях под планируемую урожайность в Информационной Системе ПГБД РФ (SOFT). Дата регистрации 04.04.2017 / Голозубов О.М., Кайдалова Н.В., Литвинов Ю.А. и др.

21. Свидетельство о регистрации электронного ресурса № 24121. Многоязычная база метаданных, объектная модель и программный комплекс для стандартизации и обмена почвенной информацией Soil_ML_MultyL (SOFT). Дата регистрации 7.06.2019 / Голозубов О.М., Исмаилов А.И., Колесникова В.М. и др.

22. Столбовой В.С. Государственный реестр почвенных ресурсов сельскохозяйственных угодий России // Почвы — стратегический ресурс России: тезисы докладов VIII съезда Общества почвоведов им. В.В. Докучаева и Школы молодых ученых по морфологии и классификации почв (Сыктывкар, 2020–2022 гг.). Часть 2 / Отв. ред. С.А. Шоба, И.Ю. Савин. Москва; Сыктывкар: ИБ ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, 2021. <https://doi.org/10.31140/book-2021-06>

23. Столбовой В.С., Гребенников А.М., Оглезнев А.К. и др. Реестр индикаторов качества почв сельскохозяйственных угодий Российской Федерации. Версия 1.0: Коллективная монография. Иваново, 2021. <https://doi.org/10.51961/9785604637401>

24. Цифровая среднемасштабная почвенная карта Московского региона / Под ред. И.О. Алябиной. Авторы: В.Э. Болдырева, О.М. Голозубов, Ю.А. Литвинов и др. Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова. Факультет почвоведения. М., 2019.

25. Чекмарев П.А., Лукин С.В. Использование геоинформационных систем при проведении мониторинга плодородия почв // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 1.

26. Шоба С.А., Алябина И.О., Колесникова В.М. и др. Почвенные ресурсы России. Почвенно-географическая база данных. М., 2010.

27. Шоба С.А., Столбовой В.С., Алябина И.О. и др. Почвенно-географическая база данных России // Почвоведение. 2008. № 9.

28. Hoffmann C., Golozubov O., Alyabina I. et al. Chapter I/12: Standards for the collection, management and provision of soil research data: two national case studies. Глава I/12: Стандартизация сбора, обработки,

хранения и распространения почвенных данных: два проекта национального уровня (<https://doi.org/10.25680/6422.2018.85.59.012>) // Novel Methods and Results of Landscape Research in Europe, Central Asia and Siberia (in five volumes). Vol. 1. Landscapes in the 21st Century: Status Analyses, Basic Processes and Research Concepts / Main editors Sychev V.G., Mueller L. M., 2018. <https://doi.org/10.25680/7920.2018.82.47.001>).

29. *Malysheva E.S., Malyshev A.V., Kostin I.G.* Complex analysis of data from agrochemical and soil-erosion monitoring using geoinformation systems // VI International Scientific Conference «Current state, problems and prospects of the development of agrarian science», Simferopol, Russian Federation, 4-8 October 2021: conference proceedings / FSBSI «Research Institute of Agriculture of Crimea». Simferopol, 2021 // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. № 937 032070.

30. *Stolbovoi V., McCallum I.* CD-ROM «Land Resources of Russia», International Institute for Applied Systems Analysis and the Russian Academy of Science, Laxenburg, Austria, 2002.

31. OGC Soil Data Interoperability Experiment // OGC® Engineering Report #OGC 16-088r1. Reference URL for this document: <http://www.opengis.net/doc/PER/OGC-Soil-IE>

32. <https://www.isric.org/projects/soil-and-terrain-soter-database-programme>

33. <https://www.isric.org/projects/e-soter>

34. <https://www.isric.org/explore/wise-databases>

35. <https://iiasa.ac.at/web/home/research/researchPrograms/water/HWSD.html>

36. <https://www.isric.org/projects/globalsoilmapnet>

37. <https://www.asris.csiro.au/>

38. https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/survey/tools/?cid=nrcs142p2_053552

39. <https://sis.agr.gc.ca/cansis/>

40. <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/resource-type/european-soil-database-soil-properties>

41. <https://www.fao.org/global-soil-partnership/areas-of-work/soil-information-and-data/en/>

Поступила в редакцию 26.06.2023

После доработки 21.08.2023

Принята к публикации 01.09.2023

EXPERIENCE IN CREATING AN INFORMATION SYSTEM FOR THE RATIONAL USE OF SOIL RESOURCES

**S. A. Shoba, I. O. Alyabina, O. M. Golozubov, P. A. Chekmaryov,
S. V. Lukin, O. V. Chernova, V. M. Kolesnikova**

The structure and functions of the “Soil-Geographical Database of Russia Information System” (ISSGDBR) implemented on the platform of the Soil Science Faculty of the Lomonosov Moscow State University are considered. The current state of national soil databases and developing on that base international soil information systems are described. The created information system consists of three sections. The first section includes soil maps of different scales and maps of the natural conditions of the territory of the Russian Federation. The second section is represented by a natural-attribute database, which is based on a soil profile with associated analytical characteristics. In the third section, with the help of software tools, the collected varied information about the soil cover becomes the basis for modeling the spatial distribution of various indicators, performing calculations in applied projects for a wide range of users.

The ISSGDBR is considered as an expert and analytical center, which acts as a coordinator and supports the functioning of a distributed network, as well as the development and distributing of internationally relevant standards for description, storage, presentation of soil information and data exchange through the use of specialized programs adapted to regional features. In addition, the purpose of the center is the implementation of communication between primary digital resources of natural and soil information localized in various organizations, agrochemical-service regional centers, and federal agencies accumulating information necessary for making managerial decisions.

Keywords: distributed information system, agricultural and soil data centers, Big Data analysis, cartographic and attributive soil data, digital economy, digital agriculture

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Шоба Сергей Алексеевич, чл.-корр. РАН, докт. биол. наук, зав. кафедрой географии почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова,
e-mail: s.a.shoba1945@gmail.com

Алябина Ирина Олеговна, докт. биол. наук, профессор кафедры географии почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова,
e-mail: alyabina@soil.msu.ru

Голозубов Олег Модестович, канд. биол. наук, вед. науч. сотр. кафедры географии почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова,
e-mail: oleggolozubov@gmail.com

Чекмарев Петр Александрович, академик РАН, докт. с.-х. наук, зам. президента РАН,
e-mail: akadema1907@mail.ru

Лукин Сергей Викторович, докт. с.-х. наук, директор ФГБУ «Центр агрохимической службы “Белгородский”»,
e-mail: agrohim_31@mail.ru

Чернова Ольга Владимировна, канд. биол. наук, ст. науч. сотр. Института проблем экологии и эволюции имени А.Н. Северцова РАН,
e-mail: ov.chern@yandex.ru

Колесникова Варвара Михайловна, канд. биол. наук, доцент кафедры географии почв факультета почвоведения МГУ имени М.В. Ломоносова,
e-mail: kolesnikovavm@my.msu.ru