

ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ЛЕСОСТЕПНОЙ ЗОНЫ
РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН

(краткое сообщение)

И. Г. Асылбаев ¹, Р. Р. Мирсаяпов ¹, З. М. Низаметдинов ¹, А. Н. Чашин ²

ORCID:

Асылбаев И. Г. [0000-0002-8235-2928](https://orcid.org/0000-0002-8235-2928)Мирсаяпов Р. Р. [0000-0001-5990-9882](https://orcid.org/0000-0001-5990-9882)Низаметдинов З. М. [0009-0006-2156-1028](https://orcid.org/0009-0006-2156-1028)Чашин А. Н. [0000-0002-6349-3055](https://orcid.org/0000-0002-6349-3055)¹ ФГБОУ ВО Башкирский ГАУ, 450001, г. Уфа, ул. 50-летия Октября, д. 34;² ФГБОУ ВО Пермский ГАТУ, 614990, г. Пермь, Петropавловская, д. 23,e-mail: ilgiz_bsau@mail.ru, mirsaj@bk.ru, z.nizametdinov@mail.ru, chascshin@mail.ru

Поступила в редакцию 05.12.24, принята в печать 05.03.2025

В статье приведены результаты Web-картографирования почвенного покрова лесостепной зоны Республики Башкортостан. Согласно авторской позиции, недостаточная проработанность вопроса о формировании региональных геоинформационных систем почвенного покрова, представляемых через веб-интерфейс, обусловила необходимость создания Геоинформационной системы (ГИС) почвенного покрова лесостепной зоны Республики Башкортостан. Основным ее назначением является устранение цифрового неравенства в контексте доступа к почвенно-картографическим данным. Итоговой целью ГИС служит принятие научно обоснованных решений в точном земледелии, кадастровой и почвенно-экологической оценке земель. Цель исследования – разработка и апробация метода интеграции почвенно-картографических материалов с открытыми решениями Web-ГИС для современной визуализации и эффективного использования крупномасштабных почвенных карт в лесостепной зоне Республики Башкортостан. Территория, для которой разработана ГИС, состоит из восьми административных районов Республики Башкортостан: Аскинского, Балтачевского, Бураевского, Караидельского, Краснокамского, Мечетлинского, Татышлинского, Янаульского. Пространственные данные ГИС почвенного покрова содержат тематическую информацию, представленную выделами почвенно-картографических единиц. Базовые данные включают в себя топографический слой OpenStreetMap (тайловое покрытие <https://tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png>), содержащий общегеографическую информацию (о дорогах, водоемах, населенных пунктах и др.). Тематические данные сформированы из почвенных карт, выполненных Башкирским государственным аграрным университетом (БашГАУ) и проектной организацией «ВолгоНИИГипрозем» (Самарская область) в масштабе 1:25000. Утверждается, что используемый в данной системе открытый ГИС-сервер, в частности GeoServer, предоставляющий доступ к картографической информации через стандартный формат передачи пространственных данных (WMS), позволяет значительно повысить производительность отражения пространственных данных, особенно в работе со слоями, содержащими тысячи объектов. Web-ГИС почвенного покрова лесостепной зоны Республики Башкортостан – первый такого рода информационный ресурс для Среднего Предуралья. ГИС открывает пользователям доступ к значительному объему почвенно-картографической информации: 14 452 контура почв, распределенных по районам.

Ключевые слова: геопространственная база данных, почвенная карта, Web-картографирование, OpenLayers.

GEOINFORMATION SYSTEM OF SOIL COVER OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN
FOREST-STEPPE ZONE

(short communication)

I. G. Asylbaev¹, R. R. Mirsayapov¹, Z. M. Nizametdinov¹, A. N. Chashchin²¹ BSAU, BashSAU, 450001, Ufa, ul. 50-letiya Okt'yabrya, 34;² FSBEI HE Perm SATU, 614990, Perm, Petropavlovskaya, 23;e-mail: ilgiz_bsau@mail.ru, mirsaj@bk.ru, z.nizametdinov@mail.ru, chascshin@mail.ru

The paper presents the results of soil cover web-mapping in the forest-steppe zone of the Republic of Bashkortostan. Insufficient development of the regional GIS of soil cover presented through the web interface, necessitated the creation of the «Geoinformation system of soil cover of the forest-steppe zone of the Republic of Bashkortostan». Its main purpose was to eliminate the digital divide in the context of

access to soil-cartographic data. The ultimate goal of GIS is to make scientifically sound decisions on agroecological typing, cadastral and soil-ecological assessment of lands. The purpose of the research was to develop and test a method for integrating soil-cartographic materials with open Web-GIS solutions for modern visualization and effective use of soil maps using the example of a large-scale level in the forest-steppe zone of the Republic of Bashkortostan. The territory for which the GIS was developed covers 8 administrative districts of the Republic: Askinsky, Baltachevsky, Buraevsky, Karaidelsky, Krasnokamsky, Mechetlinsky, Tatyshlinsky, Yanaulsky. Spatial data of the geographic information system of soil cover include thematic information presented by soil-cartographic units. Basic data include a topographic layer containing general geographic information from open sources – OpenStreetMap. Thematic data were formed from soil maps made by «Bashkir State Agrarian University» and VolgoNIIgiprozem at a scale of 1:25000. The GeoServer serverlet used in this system allowed to significantly increase the performance of the displayed spatial data, especially when working with layers containing thousands of objects. Web-GIS of soil cover of the forest-steppe zone of the Republic of Bashkortostan is the first information resource of this kind for the Middle Cis-Urals. GIS provides users with access to a significant volume of soil mapping information: 14,452 soil contours distributed by regions.

Key words: geospatial database, soil map, web mapping, OpenLayers.

ВВЕДЕНИЕ

Материалы почвенных обследований содержат ценную почвенно-картографическую информацию, которая представляет интерес в контексте кадастровой, почвенно-экологической оценки земель (Евтушкова, 2023) и информационного обеспечения развития точного земледелия. Организованные базы пространственных данных позволяют централизованно хранить, обрабатывать и анализировать почвенные карты. Базы пространственных данных помогают интегрировать почвенную информацию с данными дистанционного зондирования Земли (Белоусова, 2018). Это открывает возможности для анализа сельскохозяйственного использования почв и объективной оценки эрозии (Kariminejad et al., 2024; Sepuru et al., 2018).

Сегодня в Российской Федерации (РФ) накоплен опыт формирования региональных геоинформационных систем (ГИС) почвенного покрова (Васильченко, 2022; Добротворская, Дубровский, 2020; Дубина-Чехович и др., 2015; Савин и др., 2015). Однако многие из разработанных крупномасштабных почвенно-картографических баз не имеют организованного доступа. Как правило, для их использования необходимо наличие у пользователя полнофункциональной настольной ГИС (ArcGIS, QGIS) и, соответственно, навыков работы с таким программным обеспечением. В связи с этим актуальность приобретает вопрос о разработке геоинформационной технологии создания открытых почвенно-картографических баз, доступных и управляемых через веб-интерфейс. Современный уровень представления почвенно-картографической информации основан на технологиях Web-картографирования, которые, в свою очередь, представляют целый набор цифровых технологий. Главными компонентами этого набора являются геоинформационные технологии, технологии формирования графического пользовательского интерфейса, организация хранения картографических материалов средствами распределенных реляционных баз данных и ГИС-серверы (Абдуллин, Пономарчук, 2020). Внедрение технологий Web-картографирования в почвоведение и информационное обеспечение

точного земледелия видится актуальным направлением.

Почвенные ресурсы Республики Башкортостан разнообразны. При этом в северной ее части, в условиях лесостепи, сформировалась очень пестрая структура почвенного покрова, которая включает в себя контрастные типы почв: черноземы, серые лесные и подзолистые (Родин и др., 2014). Северная лесостепная зона Башкирии занимает значительную площадь региона: 32,4 тыс. км², или 23,1% (Хазиев и др., 1985). Фундаментальные исследования почв лесостепной зоны рассматриваемого субъекта РФ проведены Богомоловым (1954), Тайчиновым (1963), Складчиковым (1964), Гарифуллиным (1973), Воложаниной (1984), Хазиевым (1985). Преобладающий тип почв на данной территории – серые лесные (Почвы Башкортостана..., 1995). Агропочвенное районирование этой территории выполнили Богомолов (1954) и Тайчинов (1973). Картографические материалы, основанные на перечисленных исследованиях, не объединены в одну систему, что затрудняет их комплексное использование. Для интеграции и визуализации таких данных целесообразно применять ГИС-технологии.

Недостаточная проработанность вопроса о создании региональных ГИС почвенного покрова, представляемых через веб-интерфейс, обусловила необходимость создания Геоинформационной системы почвенного покрова лесостепной зоны Республики Башкортостан. Основное ее назначение заключается в расширении доступа к почвенно-картографическим данным для всех категорий пользователей. Итоговой целью ГИС служит принятие научно обоснованных решений в точном земледелии, кадастровой и почвенно-экологической оценке земель.

Цель исследования – разработка и апробация метода интеграции почвенно-картографических материалов с открытыми решениями Web-ГИС для современной визуализации и эффективного использования почвенных карт на примере крупномасштабного уровня в лесостепной зоне Республики Башкортостан.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Пространственные данные ГИС почвенного покрова традиционно включают в себя тематическую информацию, представленную выделами почвенно-картографических единиц. Базовые данные содержат топографический слой, в частности общегеографическую информацию из открытых источников (OpenStreetMap). Тематические данные сформированы из крупномасштабных почвенных карт, выполненных Башкирским государственным аграрным университетом (БашГАУ) и проектной организацией «ВолгоНИИгипрозем» (Самарская область) в масштабе 1:25000.

Для информационного наполнения ГИС использованы отчеты «Почвенное обследование, оцифровка и корректировка электронных почвенных карт, формирование экспликаций почвенных разновидностей и угодий земельных участков сельскохозяйственного назначения на территории муниципальных районов Республики Башкортостан» (Почвенное обследование..., 2019). Территория, для которой разработана ГИС, включает в себя восемь административных районов Республики Башкортостан: Аскинский, Балтачевский, Бураевский, Караидельский, Краснокамский, Мечетлинский, Татышлинский, Янаульский (рис. 1).

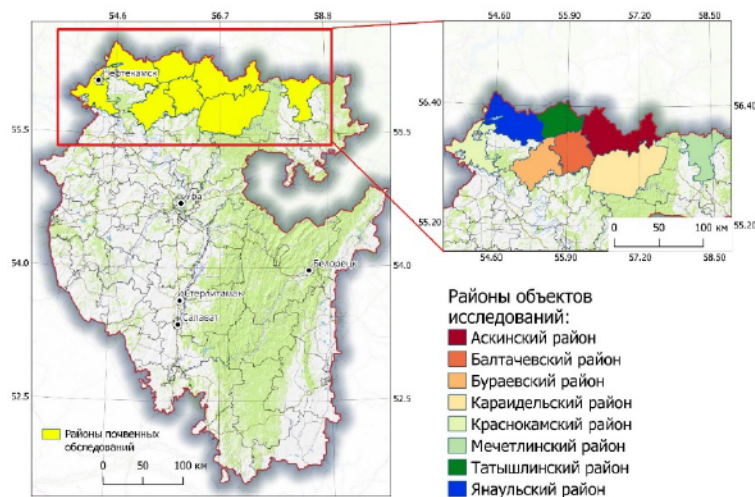


Рис. 1. Местоположение области исследований

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Разработанная и представленная на рис. 2 архитектура веб-ГИС предназначена для обработки и визуализации почвенных данных масштаба 1:25000 на основе материалов почвенного обследования. В качестве инструмента предварительной обработки данных применена ГИС с открытым исходным кодом QGIS, которая позволяет визуализировать информацию и экспортировать ее в базу данных PostgreSQL с расширением PostGIS. Открытая объектно-реляционная система управления базами данных PostgreSQL служит инструментом управления почвенно-картографической базой данных. Для их

публикации применен открытый ГИС-сервер, в частности GeoServer, предоставляющий доступ к картографической информации через стандартный формат передачи пространственных данных (WMS). Серверная часть системы размещена на виртуальном выделенном сервере (VDS), что обеспечивает надежность и масштабируемость инфраструктуры. Web-ГИС реализована с использованием стандартных технологий HTML, CSS и JavaScript, что помогло создавать интуитивно понятный интерфейс для пользователей. Слой почвенной карты отражается в web-приложении на основе картографической JavaScript-библиотеки OpenLayers (Kanukov, Ivanov, 2021; Лэзат, Ахметова, 2023).

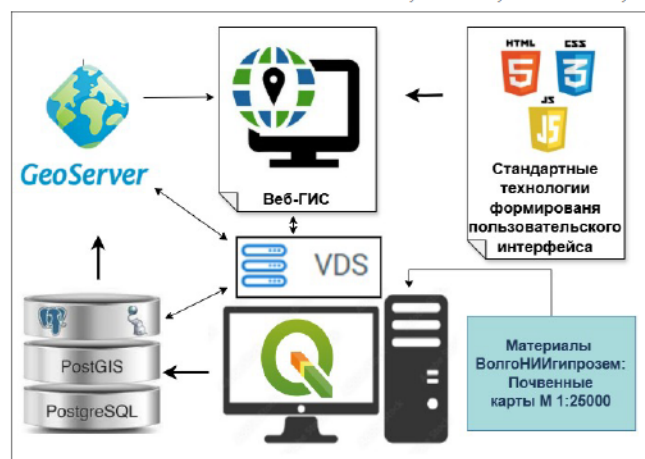


Рис. 2. Архитектура Web-ГИС почвенного покрова

Интеграция открытых технологий PostGIS и GeoServer гарантирует совместимость с другими ГИС-приложениями. Представленный подход обеспечивает доступ к пространственным данным через интернет. Разработка на основе открытого программного обеспечения делает систему доступной для модификации и адаптации под различные задачи.

Вид стартовой страницы Web-ГИС показан на рис. 3. Главные функциональные возможности

картографического блока – это просмотр векторного слоя крупномасштабной почвенной карты (передается с GeoServer в формате WMS) и атрибутивных характеристик почвенных контуров. Дополнительные инструменты визуализации включают в себя выбор района на стартовой странице и изменение масштаба карты, что отражено на рис. 4.

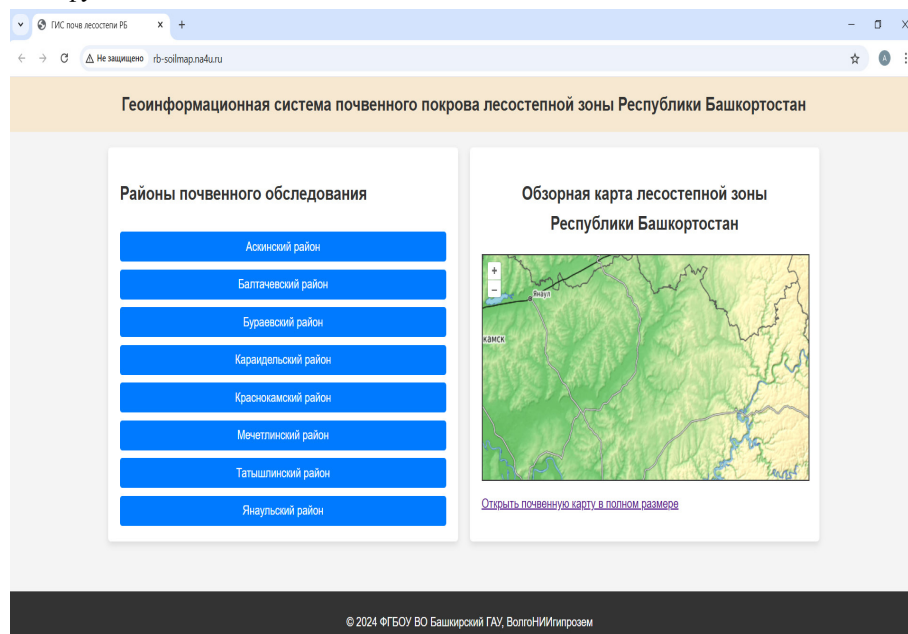


Рис. 3. Окно созданной веб ГИС. Главная страница

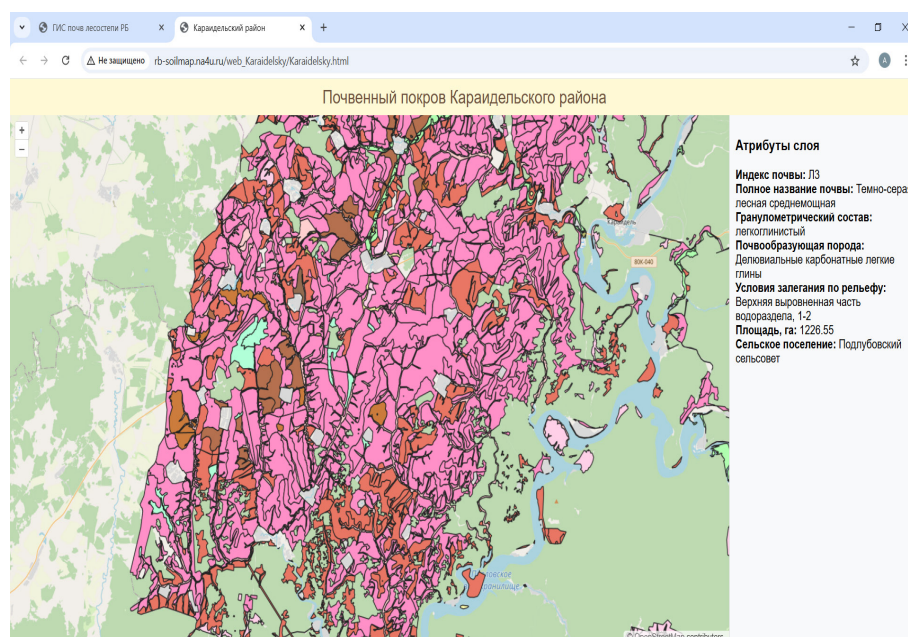


Рис. 4. Окно картографической части веб ГИС на примере Караидельского района

На заключительном этапе разработки Web-ГИС проведена организация открытого доступа к ГИС. Для этого на виртуальном выделенном сервере (VDS), используемом для функционирования Web-ГИС, помимо PostgreSQL с расширением PostGIS и GeoServer, развернуто хостинговое окружение в целях размещения пользовательского интерфейса. Хостинг используют для хранения и доставки файлов веб-интерфейса, разработанного с применением HTML,

CSS и JavaScript, что предоставляет доступ пользователям к системе через браузер.

Интеграция хостинга с GeoServer и базой данных обеспечивает полный цикл работы с геопространственными данными, от их хранения и обработки до отражения в Web-ГИС. Открытый доступ к Web-ГИС организован по адресу <http://rb-soilmap.na4u.ru/>.

ВЫВОДЫ

Web-ГИС почвенного покрова лесостепной зоны Республики Башкортостан является первым такого рода информационным ресурсом для Среднего Предуралья. ГИС предоставляет пользователям доступ к значительному объему почвенно-картографической информации: 14 452 контура почв, распределенных по районам. Большая часть данных ранее была доступна исключительно в настольных ГИС. GeoServer, применяемый в этой системе, значительно повышает

производительность отражения пространственных данных, особенно в работе с крупными слоями, содержащими тысячи объектов, по сравнению с форматом GeoJSON. Это обеспечивает быструю и эффективную отрисовку почвенных карт даже при значительных объемах информации. Web-ГИС может быть полезна широкому кругу: специалистам организаций по управлению земельными ресурсами и агропредприятий, а также экологам при проведении экологической и биолого-почвенной экспертиз.

Список литературы

- Абдуллин Р. К., Пономарчук А. И. Технологии интернет-картографирования: учебное пособие. Пермь: Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2020. 132 с.
- Белоусова А. П. Анализ использования пахотных земель по спутниковым снимкам landsat на примере Кунгурской лесостепи // Географический вестник. 2018. Том 47. № 4. С. 133–143. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2018-4-133-143>
- Богомолов Д. В. Почвы Башкирской АССР. Л.: Изд-во АН СССР. 1954. 296 с.
- Васильченко А. А. Опыт разработки локальной ГИС орошаемых земель Волго-Ахтубинской поймы на территории Волгоградской области // ИнтерКарто. ИнтерГИС. 2022. Том 28. № 2. С. 761–772. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-761-772>
- Вологжанина Т. В. Серые лесные почвы зоны широколиственных лесов Русской равнины: Автореф. дисс. докт. с.-х. наук. Москва. 1984. 51 с.
- Гарифуллин Ф. Ш., Бурангулова М. Н. Серые лесные земли // Почвы Башкирии. Т. 1. Уфа, 1973. С. 106–187.
- Добротворская Н. И., Дубровский А. В. Геоинформационная база данных типов почв Новосибирской области. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2020622845 Российская Федерация: № 2020622188: заявл. 11.11.2020; опубл. 29.12.2020. Правообладатель: ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
- Дубина-Чехович Л. С., Дубина-Чехович Е. В., Котов С. Е. Мелиорированные земли и мелиоративные системы южной мелиоративной зоны Республики Карелия. Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2015621108 от 22.07.2015 г. Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Карельская государственная сельскохозяйственная опытная станция».
- Евтушкова Е. П. Дифференцированный подход к почвам при государственной кадастровой оценке земель сельскохозяйственного назначения // International agricultural journal. 2023. Т. 66. № 4. С. 1207–1224.
- Лэззат К., Ахметова Н. З. Внешний вид и доступность веб-карт в приложениях и на сайтах // European Research Materials. 2023. No. 2. <https://ojs.publisher.agency/index.php/ERM/article/view/1189>
- Почвенное обследование, оцифровка и корректировка электронных почвенных карт, формирование экспликаций почвенных разновидностей и угодий земельных участков сельскохозяйственного назначения на территории муниципальных районов Республики Башкортостан. Уфа: ФГБОУ ВО «Башкирский ГАУ», 2019. 67 с.
- Почвы Башкортостана. Т. 1: Эколого-генетическая и агропроизводственная характеристика. Под ред. Ф. Х. Хазиева. Уфа: Гилем, 1995. 384 с.
- Родин Н. А., Середа Н. А., Асылбаев И. Г., Баязитова Р. И., Баязитова Л. И. Агроэкологическое состояние пахотных почв в лесостепи Республики Башкортостан // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2014. Т. 9. № 2 (32). С. 136–141.
- Савин И. Ю., Луценко Е. В., Драгавцева И. А. Геоинформационная база данных «Почвы Краснодарского края». Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2015621193 от 11.06.2015. Правообладатель: Савин И. Ю.
- Скляров Т. А. Лесостепные почвы Башкирской АССР. М.: Наука. 1964. 246 с.
- Тайчинов С. Н. Генезис и география серых лесных почв Башкирии // Серые лесные почвы Башкирии. Уфа: БФАН СССР, 1963. С. 3–41.
- Тайчинов С. Н. Природные зоны и агропочвенные районы Башкирии // Почвы Башкирии. Т. 1. Уфа, 1973. С. 72–89.
- Хазиев Ф. Х., Герасимов Ю. В., Мукатанов А. Х., Бульчук П. Я., Курчеев П. А. Морфогенетическая и агропроизводственная характеристика почв Башкирской АССР. Уфа: БФАН СССР. 1985. 136 с.
- Kanukov A. S., Ivanov P. G. Geological information database integration into a geographic information modeling system // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2021. Т. 1083. № 1. С. 012085.
- Kariminejad N., Jafari M., Domazetović F., Quesada-Román A. An Overview of the Importance of DEM Resolution in Soil Erosion Assessment // Papers in Applied Geography. 2024. С. 1–10.
- Sepuru T. K., Dube T. An appraisal on the progress of remote sensing applications in soil erosion mapping and monitoring // Remote Sensing Applications: Society and Environment. 2018. Т. 9. С. 1–9.

References

- Abdullin R. K., Ponomarchuk A. I. *Tekhnologii internet-kartografirovaniia: uchebnoe posobie* [Internet Cartography Technologies: Textbook]. Perm: Perm State National Research University, 2020. 132 p.

- Belousova A. P. Analiz ispol'zovaniia pakhotnykh zemel' po sputnikovym snimkam landsat na primere Kungurskoi lesostepi. [Analysis of the use of arable lands based on Landsat satellite images on the example of the Kungur forest-steppe] // *Geograficheskii vestnik*, 2018, vol. 47, no. 4, pp. 133–143. <https://doi.org/10.17072/2079-7877-2018-4-133-143>
- Bogomolov D. V. *Pochvy Bashkirskoi ASSR* [Soils of the Bashkir ASSR]. Leningrad: AN SSSR Publishing, 1954. 296 p.
- Vasil'chenko A. A. Opyt razrabotki lokal'noi GIS oroshaemykh zemel' Volgo-Akhtubinskoi poimy na territorii Volgogradskoi oblasti. [Experience in developing a local GIS of irrigated lands in the Volga-Akhtuba floodplain in the Volgograd region] // *InterKarto. InterGIS*, 2022, vol. 28, no. 2, pp. 761–772. <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2022-2-28-761-772>
- Vologzhanina T. V. *Serye lesnye pochvy zony shirokolistvennykh lesov Russkoi ravniny: Avtoref. diss. dokt. s.-kh. nauk.* [Gray forest soils of the broad-leaved forests zone of the Russian Plain: Doctoral thesis abstract]. Moscow, 1984. 51 p.
- Garifullin F. Sh., Burangulova M. N. *Serye lesnye zemli* [Gray forest lands]. In: *Pochvy Bashkirii*, vol. 1. Ufa, 1973, pp. 106–187.
- Dobrotvorskaya N. I., Dubrovsky A. V. *Geoinformatsionnaia baza dannykh tipov pochv Novosibirskoi oblasti* [Geoinformation database of soil types of Novosibirsk region]. Certificate of state registration of the database no. 2020622845. Russian Federation: no. 2020622188. Filed on November 11, 2020. Published on December 29, 2020. Rights holder: Siberian State University of Geosystems and Technologies.
- Dubina-Chekhovich L. S., Dubina-Chekhovich E. V., Kotov S. E. *Meliorirovannye zemli i meliorativnye sistemy iuzhnoi meliorativnoi zony Respubliki Kareliia* [Reclaimed lands and reclamation systems of the southern reclamation zone of the Republic of Karelia]. Certificate of state registration of the database no. 2015621108 dated July 22, 2015. Rights holder: Karelian State Agricultural Experimental Station.
- Evtushkova E. P. Differentsirovannyi podkhod k pochvam pri gosudarstvennoi kadaastrovoi otsenke zemel' sel'skokhoziaistvennogo naznacheniiia. [Differentiated approach to soils in state cadastral evaluation of agricultural lands] // *International agricultural journal*, 2023, vol. 66, no. 4, pp. 1207–1224.
- Lazzat K., Akhmetova N. Z. Vneshnii vid i dostupnost' veb-kart v prilozheniiakh i na saitakh. [Appearance and availability of web maps in applications and on websites] // *European Research Materials*, 2023, no. 2. <https://ojs.publisher.agency/index.php/ERM/article/view/1189>
- Pochvennoe obsledovanie, otsifrovka i korrektsirovka elektronnykh pochvennykh kart, formirovanie eksplikatsii pochvennykh raznovidnostei i ugodii zemel'nykh uchastkov sel'skokhoziaistvennogo naznacheniiia na territorii munitsipal'nykh raionov Respubliki Bashkortostan* [Soil survey, digitization and correction of electronic soil maps, formation of specifications of soil varieties and lands of agricultural areas in the municipal districts of the Republic of Bashkortostan]. Ufa: Bashkir State Agrarian University, 2019. 67 p.
- Pochvy Bashkortostana*, vol. 1: Ekologo-geneticheskaiia i agropromyshlennaia kharakteristika. [Soils of Bashkortostan, vol. 1: Ecological-genetic and agro-industrial characteristics]. Edited by F. Kh. Khaziev. Ufa: Gilem, 1995. 384 p.
- Rodin N. A., Sereda N. A., Asylbaev I. G., Baiazitova R. I., Baiazitova L. I. Agroekologicheskoe sostoyanie pakhotnykh pochv v lesostepi Respubliki Bashkortostan. [Agroecological state of arable soils in the forest-steppe of the Republic of Bashkortostan]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2014, vol. 9, no. 2(32), pp. 136–141.
- Savin I. Yu., Lutsenko E. V., Dragavtseva I. A. *Geoinformatsionnaia baza dannykh «Pochvy Krasnodarskogo kraia»* [Geoinformation database «Soils of Krasnodar Krai»]. Certificate of state registration of the program for computers no. 2015621193 dated June 11, 2015. Rights holder: Savin I. Yu.
- Skliarov T. A. *Lesostepnye pochvy Bashkirskoi ASSR* [Forest-steppe soils of the Bashkir ASSR]. Moscow: Nauka, 1964. 246 p.
- Taichinov S. N. *Genezis i geografiia serykh lesnykh pochv Bashkirii* [Genesis and geography of gray forest soils in Bashkiria]. In: *Serye lesnye pochvy Bashkirii*. Ufa: Bashkir Branch of the Academy of Sciences of the USSR, 1963, pp. 3–41.
- Taichinov S. N. *Prirodnye zony i agropochvennye raiony Bashkirii* [Natural zones and agro-soil regions of Bashkiria]. In: *Pochvy Bashkirii*, vol. 1. Ufa, 1973, pp. 72–89.
- Khaziev F. Kh., Gerasimov Yu. V., Mukatanov A. Kh., Bul'chuk P. Ya., Kurcheev P. A. *Morfogeneticheskaiia i agropromyshlennaia kharakteristika pochv Bashkirskoi ASSR* [Morphogenetic and agro-industrial characteristics of soils of the Bashkir ASSR]. Ufa: Bashkir Branch of the Academy of Sciences of the USSR, 1985. 136 p.
- Kanukov A. S., Ivanov P. G. Geological information database integration into a geographic information modeling system // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing, 2021. T. 1083. № 1. C. 012085.
- Kariminejad N. Jafari M., Domazetović F., Quesada-Román A. An Overview of the Importance of DEM Resolution in Soil Erosion Assessment // *Papers in Applied Geography*. 2024. C. 1–10.
- Sepuru T. K. Dube T. An appraisal on the progress of remote sensing applications in soil erosion mapping and monitoring // *Remote Sensing Applications: Society and Environment*. 2018. T. 9. C. 1–9.