



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.4.3>

UDC 631.4:528(470.45)

LBC 40.35(2P-4Bor)

MORPHOMETRIC ANALYSIS OF AGRICULTURAL LANDSCAPES IN THE TRANSITIONAL ZONE OF SOUTH CHERNOZEM AND DARK CHESTNUT SOILS IN VOLGOGRAD REGION¹

Alina V. Melikhova

Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation;
Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Annotation. This article presents the results of geoinformation cameral mapping and morphometric analysis of one of the types of agrolandscape - arable land in the Mikhailovsky district of the Volgograd region. The relevance of the study is due to the lack of statistical data regarding the areas and configuration of individual fields, as well as the rapid development of areas of application of geographic information systems and remote sensing data in agriculture. For mapping, the method of visual expert interpretation of multispectral Earth remote sensing data of high (Sentinel satellite images for 2021) and medium (Landsat satellite images for 1986) spatial resolution was used. For morphometric analysis, a digital elevation model "SRTM" with a height resolution of 10 m was used. All operations with raster and vector materials were carried out in the geoinformation environment "QGIS", statistical processing of the obtained data was carried out in "MS Excel". 2,248 fields were mapped, which are arable land and fallows, with a total area of 229.8 thousand hectares. It was revealed that the predominant spatial orientation of the fields is the southwestern and northeastern direction, the smallest area is occupied by fields with a southeastern orientation. The largest field area is located in areas with surface slopes up to 1.5°. The maximum slope is 4°. Based on the results of the work, maps-schemes of the exposition and the steepness of the slopes of the fields in the Mikhailovsky district were compiled. The used mapping method based on the interpretation of high-resolution satellite images showed high accuracy. The data obtained can be used as a basis for more detailed studies of arable land in the Mikhailovsky district, as well as for planning land reclamation measures.

Key words: agrolandscape, arable swamps, interpretation, morphometric analysis, Mikhailovsky district, GIS.

Citation. Melikhova A. V. Morphometric Analysis of Agricultural Landscapes in the Transitional Zone of South Chernozem and Dark Chestnut Soils in Volgograd Region. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 4, pp. 26-33. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.4.3>

УДК 631.4:528(470.45)

ББК 40.35(2P-4Bor)

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ АГРОЛАНДШАФТОВ ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ ЮЖНЫХ ЧЕРНОЗЕМОВ И ТЕМНО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ¹

Алина Владимировна Мелихова

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН,
г. Волгоград, Российская Федерация;
Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. В настоящей статье представлены результаты геоинформационного камерального картографирования и морфометрического анализа одного из типов агроландшафта – пахотных земель на территории

Михайловского района Волгоградской области. Актуальность исследования обусловлена недостаточностью статистических данных, касающихся площадей и конфигурации отдельных полей, а также стремительным развитием областей применения геоинформационных систем и данных дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве. Для картографирования применялся метод визуального экспертного дешифрирования мультиспектральных данных дистанционного зондирования Земли высокого (спутниковые снимки «Sentinel» за 2021 год) и среднего (спутниковые снимки «Landsat» за 1986 год) пространственного разрешения. Для проведения морфометрического анализа использована цифровая модель рельефа «SRTM» с высотным разрешением 10 м. Все операции с растровыми и векторными материалами проводились в геоинформационной среде «QGIS», статистическая обработка полученных данных проводилась в «MS Excel». Картографировано 2 248 полей, являющихся пашней и залежами, общей площадью 229,8 тыс. га. Выявлено, что преобладающая пространственная ориентация полей – юго-западное и северо-восточное направление, наименьшую площадь занимают поля с юго-восточной ориентацией. Наибольшая площадь полей располагается на территориях с уклонами поверхности до 1,5°. Максимальный уклон составляет 4°. По результатам работы составлены карты-схемы экспозиции и крутизны уклонов полей на территории Михайловского района. Применявшийся метод картографирования на основе дешифрирования космических снимков высокого разрешения показал высокую точность. Полученные данные могут быть использованы как основа для более подробных исследований пашни в Михайловском районе, а также для планирования мелиоративных мероприятий.

Ключевые слова: агроландшафт, пахотные замели, дешифрирование, морфометрический анализ, Михайловский район, ГИС.

Цитирование. Мелихова А. В. Морфометрический анализ агроландшафтов переходной зоны южных черноземов и темно-каштановых почв Волгоградской области // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 4. – С. 26–33. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.4.3>

В последние годы геоинформационные технологии все активнее применяются в сельском хозяйстве, в том числе, для картографирования угодий различных типов, ретроспективного анализа их используемости и продуктивности, планирования и сопровождения работ. В связи с этим точность электронного карт пашни как основной тематической составляющей геоинформационных систем (ГИС) может оказывать прямое влияние на рациональность использования угодий [2]. Развитие качества таких ГИС и увеличение оперативности картографирования и обновления имеющихся данных о распаханых участках и их морфометрических характеристиках является одной из приоритетных задач современного сельского хозяйства. Данные о морфометрии каждого отдельного поля позволяют более точно планировать мелиоративные мероприятия и оценивать риск деградации и эрозии почвы.

Цель работы заключалась в геоинформационном картографировании посевных площадей (как используемых, так и залежей) с использованием данных дистанционного зондирования Земли и проведении морфометрического анализа распаханых участков. Объект исследования – пашня на территории Михайловского района Волгоградской области

(см. рис. 1). Пашня является одним из видов агроландшафта. Площадь данного административного района составляет 3 660 км², он располагается в северо-западной части Волгоградской области и граничит с Алексеевским, Новоаннинским, Киквидзенским, Еланским, Даниловским, Фроловским, Серафимовичским и Кумылженским районами. Михайловский район имеет, преимущественно, растениеводческую сельскохозяйственную специализацию, почвы на данной территории представлены черноземами южными маломощными на севере и темно-каштановыми маломощными – на юге.

Большая часть исследуемой территории распахана, но существующие статистические и картографические данные не дают четкого представления о расположении и конфигурации каждого отдельного поля.

Материалы и методы

Для картографирования пашни применялись мультиспектральные спутниковые снимки высокого разрешения «Sentinel-2» (пространственное разрешение 10 м) за 2021 год. Картографирование проводилось методом визуального дешифрирования с использованием композитного изображения «естественные

цвета) (сочетание, красного, зеленого и синего спектральных каналов). Визуальное дешифрирование обеспечивает большую точность, чем применение автоматических или полуавтоматических методов [1].

Для отделения залежей применялось визуальное дешифрирование космических снимков «Landsat-5» (пространственное разрешение 30 м) за 1986 год. Поле считается залежью, если не используется более года, но ретроспективное картографирование за 35 лет позволяет оценить изменение структуры землепользования в районе. Наличие дополнительных статистических данных может позволить определить причины прекращения использования поля в качестве пашни и позволить сохранить современные используемые поля [5].

Выявленные в результате дешифрирования поля вносились в векторный слой с присвоением атрибутов, позволяющих при последующем анализе отделить пашню от залежей. Также была автоматически рассчитана площадь каждого полученного объекта. К пашне также был отнесен чистый пар в связи со сложностью выделения его в отдельный класс объектов с помощью только дистанционных методов картографирования.

Выявление морфометрических характеристик проводилось с использованием цифровой модели рельефа «SRTM3» (пространственное разрешение 1 секунда, высотное

разрешение 10 м). Присвоение каждому векторному объекту данных о средней крутизне поверхности проводилось с использованием инструмента «Зональная статистика» по условию «среднее», что позволило определить средний для поля уклон как среднее арифметическое для разницы высот соседних пикселей цифровой модели рельефа [3]. Уклон поверхности поля влияет на степень водной эрозии, поэтому выявление потенциально опасных участков является важной частью морфометрического анализа [6]. Присвоение объектам данных об экспозиции (ориентации относительно сторон света) проводилось с использованием инструмента «Зональная статистика» по условию «большинство», что позволяет определить ориентацию поля в пространстве по 8 румбам как пространственную ориентацию уклонов между соседними пикселями цифровой модели рельефа [4].

Для определения достоверности результатов дешифрирования и картографирования были получены статистические данные муниципальных образований (по состоянию на 2006 год) о площадях пашни и залежей [10].

Картографирование, обработка растровых материалов, оверлейные операции с векторными слоями и составление результирующих картографических материалов проводились в программной среде «QGIS». Статистическая обработка проводилась с использованием «MS Excel».



Рис. 1. Современное состояние пашни на территории Михайловского района (по состоянию на 08.08.2022; 50.1040 с.ш., 43.124 в.д.)

Результаты и обсуждение. В результате дешифрирования картографировано 2 248 объектов общей площадью 229 848,5 га, что составляет 62,5% от площади Михайловского района. Из них 228 827 га составляет площадь пашни, включающей 2 201 контур, 1 021,5 га – площадь залежей, включающая 47 объектов. Эти данные в достаточной степени соотносятся со статистическими данными по состоянию на 2006 год (табл. 1).

Таблица 1
Площади сельскохозяйственных угодий по данным статистики и дешифрирования

Год	Площадь пашни (га)	Площадь залежей (га)
2006	228 757	348
2021	228 827	1 021,5
Соотношение	100,03 %	293,4 %

Площадь пашни за 15 лет увеличилась незначительно, таким образом, различия между фактическими и статистическими данными почти отсутствуют, а динамика незначи-

тельна. Это свидетельствует о достаточной достоверности применяемой методики картографирования с использованием визуального дешифрирования материалов дистанционного зондирования Земли высокого разрешения [7]. Площадь полей, относящихся к залежам, увеличилась почти в 3 раза. Это свидетельствует о выходе пахотных земель из сельскохозяйственного оборота по каким-либо причинам, наиболее вероятно, связанным с деградацией или истощением почв [8].

Распределение полей по экспозиции и уклонам поверхности, внесенное в таблицу атрибутов, было использовано для создания карты-схемы (рис. 2–3).

Распределение полей по ориентации относительно сторон света неравномерное (табл. 2). Наибольшее количество объектов (22,4 %) представляют собой поля с западной экспозицией. Наибольшую площадь пашни занимают поля с юго-западной и северо-восточной экспозицией (19,1 % и 18,7 % соответственно). Наименьшее распространение в количественном отношении получили поля с се-

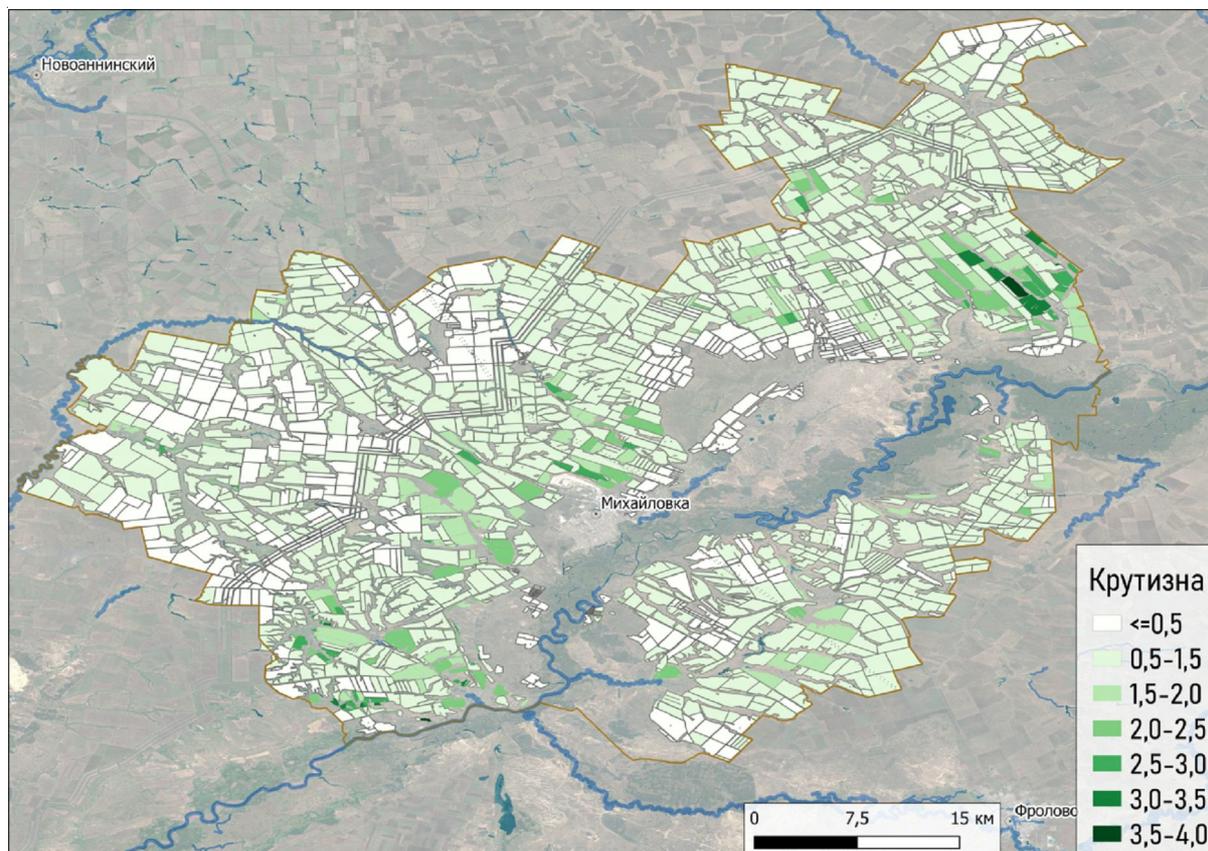


Рис. 2. Карта-схема крутизны полей на территории Михайловского района

верной ориентацией (2,8%), в площадном отношении – пашня с юго-восточной ориентацией (5,1%).

Наибольшая площадь залежей относится к западной экспозиции (13,3% от общей площади залежей), наименьшую площадь занимают залежи с восточной экспозицией (2,6%).

Общее распределение полей по крутизне достаточно равномерное, рельеф местности относительно ровный, максимальный средний уклон поверхности поля составляет 4° (табл. 3).

Наиболее крутые участки находятся вблизи русла р. Медведица и у склонов балок.

В количественном отношении абсолютное большинство полей имеют уклон поверхности от 0,5 до 1,5° (58,9% от общего количества объектов). Наименьшее количество объектов имеет уклон поверхности от 3,5 до 4,0° (0,1%). Наибольшая площадь пашни располагается на полях со средним уклоном от 0,5 до 1,5° (66,3% от общей площади пашни), наименьшую площадь распаханых земель

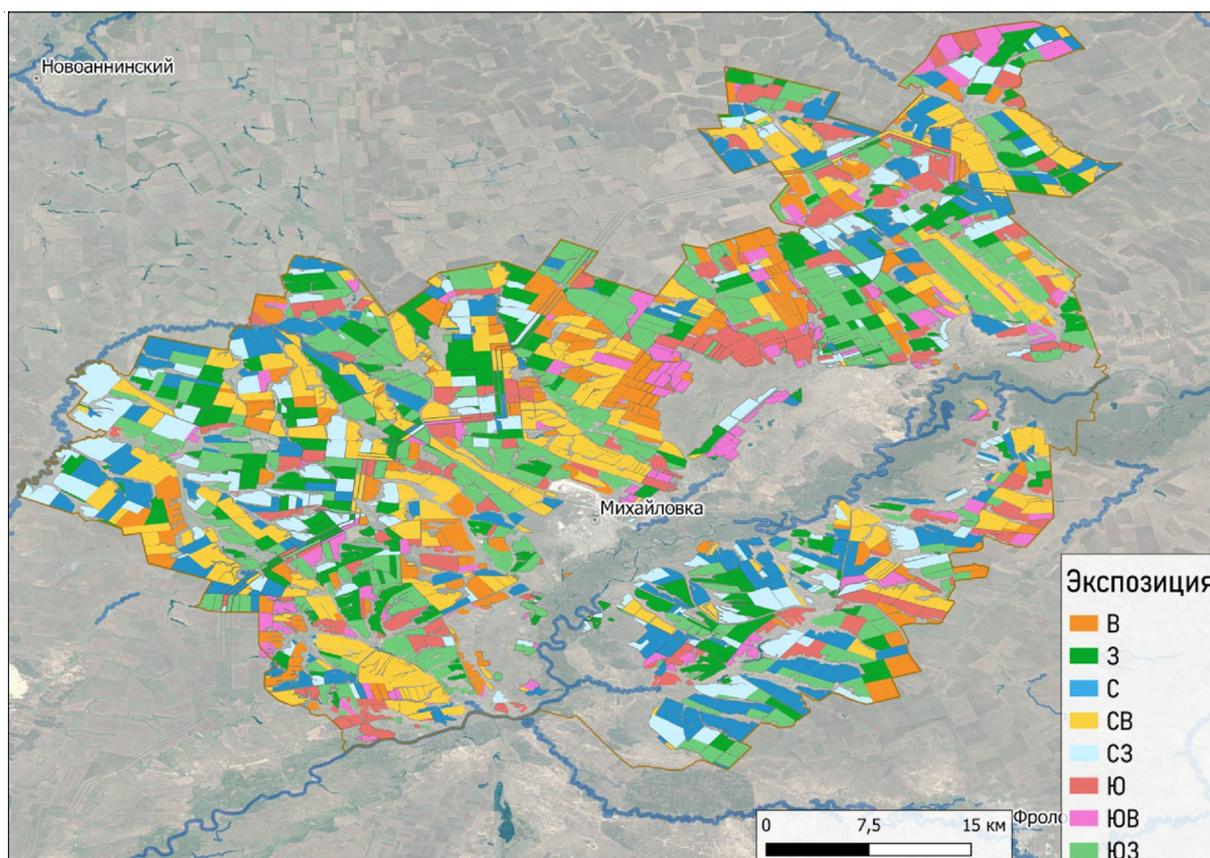


Рис. 3. Карта-схема экспозиции полей на территории Михайловского района

Таблица 2

Распределение полей по экспозиции

Экспозиция	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Кол-во объектов	63	427	327	159	258	423	503	158
Площадь пашни (га)	31 231	42 976	22 531	11 715	22 079	43 967	29 094	24 479
Площадь залежей (га)	93	106	27	106	25	131	136	112

Таблица 3

Распределение полей по крутизне уклонов поверхности

Крутизна (°)	до 0,5	0,5–1,5	1,5–2,0	2,0–2,5	2,5–3,0	3,0–3,5	3,5–4,0
Кол-во объектов	656	1 324	133	81	40	14	3
Площадь пашни (га)	55 050,7	151 672,4	11 361,8	6 881,6	1 972,9	865,9	222,3
Площадь залежей (га)	382,6	227,4	82,6	–	47,3	–	–

занимают поля с уклоном от 3,5 до 4,0° (0,1 %). Такое распределение связано с развитием опасности водной эрозии при распахивании крутых склонов, а также особенностями водно-эрозионной сети на территории Михайловского района, представляющей собой развитую сеть оврагов и балок [9].

Наибольшая площадь залежей находится на землях с уклоном до 0,5° (37,5 %), наименьшая – на полях со средним уклоном от 2,5 до 3,0° (4,6 %). На полях со средним уклоном от 2,0 до 2,5° и более 3,0° залежи отсутствуют.

Если принимать в расчет средний размер полей (как отношение общей площади категории к количеству вошедших в нее объектов), то поля наибольшего размера имеют северную экспозицию (средняя площадь объекта составляет 495,7 га). Самые мелкие поля располагаются на склонах с юго-восточной экспозицией (средняя площадь составляет 45,4 га). Также наиболее крупные поля располагаются на землях со средним уклоном от 0,5 до 1,5° (средняя площадь составляет 114,5 га), поля наименьшего размера занимают территории с уклоном от 2,5 до 3,0°.

Заключение

Использованная методика картографирования с применением визуального дешифрирования мультиспектральных космических снимков высокого разрешения показала достаточную точность. Она позволяет существенно сократить временные и трудовые затраты на картографирование пахотных земель, а также проводить ретроспективный анализ динамики площади распаханных земель и залежей. Полученная в результате работы электронная карта является достаточно точной, позволяет проводить оперативное обновление и присваивать контурам, отображающим конфигурацию границ полей, различные атрибуты.

Морфометрический анализ полей на основе данных дистанционного зондирования Земли показал, что пахотные земли на территории Михайловского района находятся, преимущественно, на участках с небольшим уклоном (до 1,5°) и с юго-западной и северо-восточной экспозицией.

Полученные данные могут стать основой для планирования агролесомелиоративных

мероприятий, в том числе, создания защитных лесных полос для полей, имеющих большие уклоны.

ПРИМЕЧАНИЕ

¹ Работа выполнена по темам НИР ФНЦ агроэкологии РАН № 122020100311-3, 122020100406-6 и 122020100405-9.

The work was carried out on the topics of research of the FSC of Agroecology RAS No. 122020100311-3, 122020100406-6 and 122020100405-9.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Берденгалиева, А. Н. Связь сезонной динамики озимой пшеницы и рельефа в подзоне южных черноземов Волгоградской области / А. Н. Берденгалиева, Р. Н. Берденгалиев // Научно-агрономический журнал. – 2022. – № 3 (118). – С. 49–56. – DOI: <https://doi.org/10.34736/FNC.2022.118.3.007.49-56>
2. Денисова, Е. В. Геоинформационное обеспечение проведения мониторинга земель сельскохозяйственного назначения в системе управления земельными ресурсами (на примере Волгоградской области) / Е. В. Денисова, В. А. Силова // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2021. – Т. 27, № 4. – С. 57–65. – DOI: <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-4-27-57-65>
3. Матвеев, Ш. Геоинформационное картографирование современного состояния сельскохозяйственных территорий Новоаннинского района Волгоградской области / Ш. Матвеев // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 36–42. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.5>
4. Геоинформационные технологии в обеспечении точного земледелия / А. С. Рулев [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2018. – № 4 (52). – С. 115–122. – DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2018-04-15>
5. Синельникова, К. П. Пространственный анализ деградации агроландшафтов Донской гряды / К. П. Синельникова // Научно-агрономический журнал. – 2021. – № 4 (115). – С. 30–34. – DOI: <https://doi.org/10.34736/FNC.2021.115.4.005>
6. Солодовников, Д. А. Опыт разработки геоинформационной системы пойменных земель Донского бассейна / Д. А. Солодовников, С. С. Шинкаренко, Н. М. Хаванская, Н. А. Кукушкина // Юг России: экология, развитие. – 2022. – Т. 17. – № 1 (62). – С. 151–161. – DOI: <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-1-151-161>
7. Хаванская, Н. М. Геоинформационно-картографические методы в исследовании эколого-хо-

зййственнoгo бaлaнсa тeрритoрии / Н. М. Хaвaнскaя, А. А. Вaсильчeнкo // Прирoднe систeмы и рeсурсy. – 2020. – Т. 10, № 2. – С. 33–41. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2020.2.4>

8. Шинкaрeнкo, С. С. Влияниe экспoзиции склoнoв нa сeзoннyю динaмикy вeгeтaциoннoгo индeксa NDVI пoсeвнyх плoщaдeй / С. С. Шинкaрeнкo, В. Н. Бoдрoвa, Н. В. Сидoрoвa // Извeстия Нижнeвoлжскoгo aгрoунивeрситeтскoгo кoмплeксa: Нaкa и высшee прoфeсиoнaльнoe oбрaзoвaниe. – 2019. – № 1 (53). – С. 96–105. – DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2019-01-12>

9. Гeoинфoрмaциoннe тeхнoлoгии в aгрoлe-сoмeлиoрaции / В. Г. Юфeрeв [и др.]. – Вoлгoгрaд: ВНИAЛМИ, 2010. – 102 с.

10. Usage Experience and Capabilities of the Vega-Science System / E. Loupian [et al.] // Remote Sensing. – 2022. – Vol. 14, no. 1. – DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14010077>

REFERENCES

1. Berdengalieva A.N. Svjaz' sezonnoj dinamiki ozimoj pshenicy i rel'efa v podzone juzhny chernozemov Volgogradskoj oblasti [Relationship Between the Seasonal Dynamics of Winter Wheat and the Relief in the Subzone of the Southern Chernozems of the Volgograd Region]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal* [Scientific and Agronomic Journal], 2022, no. 3 (118), pp. 49-56. DOI: <https://doi.org/10.34736/FNC.2022.118.3.007.49-56>

2. Denisova E.V. Geoinformacionnoe obespechenie provedeniya monitoringa zemel' sel'skohozjajstvennogo naznachenijav sisteme upravlenija zemel'nymi resursami (na primere Volgogradskoj oblasti) [Geoinformation Support for Monitoring Agricultural Land in the Land Management System (On the Example of the Volgograd Region)]. *InterKarto. InterGIS* [InterCarto. InterGIS], 2021, vol. 27, no. 4, pp. 57-65. DOI: <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-4-27-57-65>

3. Matveev Sh. Geoinformacionnoe kartografirovanie sovremennogo sostojanija sel'skohozjajstvennyh territorij Novoanninskogo rajona Volgogradskoj oblasti [Geoinformation Mapping of the Current State of Agricultural Territories of the Novoanninsky District of the Volgograd Region]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, pp. 36-42. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.5>

4. Rulev A.S., Shinkarenko S.S., Bodrova V.N., Sidorova N.V. Geoinformatsyonnye tekhnologii v obespechenii tochnogo zemledeliya [Geoinformation Technologies in Providing Precision Farming]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional], 2018, no. 4, pp. 115-122. DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2018-04-15>

5. Sinelnikova K.P. Geoinformatsyonni analiz sovremennogo sostoianiya agrolandshafta Donskoi griady [Geoinformation Analysis of the Current State of the Agricultural Landscape of the Don Ridge]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal* [Scientific and Agronomic Journal], 2021, no. 4 (115), pp. 30-34. DOI: <https://doi.org/10.34736/FNC.2021.115.4.005>

6. Solodovnikov D.A. Opyt razrabotki geoinformacionnoj sistemy pojmenykh zemel' Donskogo bassejna [Experience in Developing a Geographic Information System for Floodplain Lands of the Don Basin]. *Jug Rossii: jekologija, razvitie* [South of Russia: Ecology, Development], 2022, vol. 17, no. 1 (62), pp. 151-161. DOI: <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-1-151-161>

7. Khavanskaya N.M., Vasilchenko A.A. Geoinformatsionno-kartograficheskie metody v issledovanii ekologo-khoziaistvennogo balansa territorii [Geoinformation-Cartographic Methods in the Study of the Ecological and Economic Balance of the Territory]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2020, vol. 10, no. 2, pp. 33-41. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2020.2.4>

8. Shinkarenko, S. S. Vlijanie jekspozicii sklonov na sezonnuju dinamiku vegetacionnogo indeksa NDVI posevnyh ploshhadej [Influence of Slope Exposure on the Seasonal Dynamics of the Vegetation Index NDVI of Sown Areas]. *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Influence of Slope Exposure on the Seasonal Dynamics of the Vegetation Index NDVI of Sown Areas], 2019, no. 1 (53), pp. 96-105. DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2019-01-12>

9. Juferev V.G., Kulik K.N., Rulev A.S. et al. *Geoinformatsyonnye tehnologii v agrolesomeliorsy* [Geoinformation Technologies in Agroforestry]. Volgograd, VNIALMI Publ., 2010. 102 p.

10. Loupian E.A., Bourtsev M.A., Proshin A.A., et al. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System. *Remote Sensing*, 2022, vol. 14, no. 1, art. 77. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14010077>

зййственнoгo бaлaнсa тeрритoрии / Н. М. Хaвaнскaя, А. А. Вaсильчeнкo // Прирoднe систeмы и рeсурсy. – 2020. – Т. 10, № 2. – С. 33–41. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2020.2.4>

8. Шинкaрeнкo, С. С. Влияниe экспoзиции склoнoв нa сeзoннyю динaмикy вeгeтaциoннoгo индeксa NDVI пoсeвнyх плoщaдeй / С. С. Шинкaрeнкo, В. Н. Бoдрoвa, Н. В. Сидoрoвa // Извeстия Нижнeвoлжскoгo aгрoунивeрситeтскoгo кoмплeксa: Нaкa и высшee прoфeсиoнaльнoe oбрaзoвaниe. – 2019. – № 1 (53). – С. 96–105. – DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2019-01-12>

9. Гeoинфoрмaциoннe тeхнoлoгии в aгрoлe-сoмeлиoрaции / В. Г. Юфeрeв [и др.]. – Вoлгoгрaд: ВНИAЛМИ, 2010. – 102 с.

10. Usage Experience and Capabilities of the Vega-Science System / E. Loupian [et al.] // Remote Sensing. – 2022. – Vol. 14, no. 1. – DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14010077>

REFERENCES

1. Berdengalieva A.N. Svyaz' sezonnoj dinamiki ozimoy pshenicy i rel'efa v podzone juzhny chernozemov Volgogradskoj oblasti [Relationship Between the Seasonal Dynamics of Winter Wheat and the Relief in the Subzone of the Southern Chernozems of the Volgograd Region]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal* [Scientific and Agronomic Journal], 2022, no. 3 (118), pp. 49-56. DOI: <https://doi.org/10.34736/FNC.2022.118.3.007.49-56>

2. Denisova E.V. Geoinformacionnoe obespechenie provedeniya monitoringa zemel' sel'skohozjajstvennogo naznachenijav sisteme upravlenija zemel'nymi resursami (na primere Volgogradskoj oblasti) [Geoinformation Support for Monitoring Agricultural Land in the Land Management System (On the Example of the Volgograd Region)]. *InterKarto. InterGIS* [InterCarto. InterGIS], 2021, vol. 27, no. 4, pp. 57-65. DOI: <https://doi.org/10.35595/2414-9179-2021-4-27-57-65>

3. Matveev Sh. Geoinformacionnoe kartografirovaniye sovremennogo sostojanija sel'skohozjajstvennyh territorij Novoanninskogo rajona Volgogradskoj oblasti [Geoinformation Mapping of the Current State of Agricultural Territories of the Novoanninsky District of the Volgograd Region]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, pp. 36-42. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.5>

4. Rulev A.S., Shinkarenko S.S., Bodrova V.N., Sidorova N.V. Geoinformatsyonnye tekhnologii v obespechenii tochnogo zemledeliya [Geoinformation Technologies in Providing Precision Farming]. *Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Proceedings of the Nizhnevolzhsky Agro-University Complex: Science and Higher Professional], 2018, no. 4, pp. 115-122. DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2018-04-15>

5. Sinelnikova K.P. Geoinformatsyonnyi analiz sovremennogo sostoianiya agrolandshafta Donskoi griady [Geoinformation Analysis of the Current State of the Agricultural Landscape of the Don Ridge]. *Nauchno-agronomicheskij zhurnal* [Scientific and Agronomic Journal], 2021, no. 4 (115), pp. 30-34. DOI: <https://doi.org/10.34736/FNC.2021.115.4.005>

6. Solodovnikov D.A. Opyt razrabotki geoinformacionnoj sistemy pojmenykh zemel' Donskogo bassejna [Experience in Developing a Geographic Information System for Floodplain Lands of the Don Basin]. *Jug Rossii: jekologija, razvitie* [South of Russia: Ecology, Development], 2022, vol. 17, no. 1 (62), pp. 151-161. DOI: <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2022-1-151-161>

7. Khavanskaya N.M., Vasilchenko A.A. Geoinformatsionno-kartograficheskie metody v issledovanii ekologo-khoziaistvennogo balansa territorii [Geoinformation-Cartographic Methods in the Study of the Ecological and Economic Balance of the Territory]. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2020, vol. 10, no. 2, pp. 33-41. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2020.2.4>

8. Shinkarenko, S. S. Vlijaniye jekspozicii sklonov na sezonnuju dinamiku vegetacionnogo indeksa NDVI posevnyh ploshhadej [Influence of Slope Exposure on the Seasonal Dynamics of the Vegetation Index NDVI of Sown Areas]. *Izvestija Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie* [Influence of Slope Exposure on the Seasonal Dynamics of the Vegetation Index NDVI of Sown Areas], 2019, no. 1 (53), pp. 96-105. DOI: <https://doi.org/10.32786/2071-9485-2019-01-12>

9. Juferev V.G., Kulik K.N., Rulev A.S. et al. *Geoinformatsyonnye tehnologii v agrolesome-lioratsyi* [Geoinformation Technologies in Agroforestry]. Volgograd, VNIALMI Publ., 2010. 102 p.

10. Loupian E.A., Bourtsev M.A., Proshin A.A., et al. Usage Experience and Capabilities of the VEGA-Science System. *Remote Sensing*, 2022, vol. 14, no. 1, art. 77. DOI: <https://doi.org/10.3390/rs14010077>