



УДК 528(88+92):004.9
DOI 10.52575/2712-7443-2024-48-4-565-577

Картографирование сельскохозяйственных угодий Белгородской области на основе данных дистанционного зондирования

Артемьева О.В., Алифанов Н.А.

Санкт-Петербургский государственный университет,
Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9
E-mail: o.artemieva@spbu.ru, nikita.alifanov@inbox.ru

Аннотация. Развитие сельского хозяйства Российской Федерации в настоящее время определяется внешнеполитическими и экономическими условиями, сформировавшимися внутри и за пределами страны. Статья рассматривает алгоритм обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ) с итогом в виде электронной карты земельных угодий Белгородской области. Для территорий, сопоставимых по площади с субъектом РФ, необходим особый подход к процедуре дешифрирования и степени обобщения площадных контуров на растре и на карте. Впервые в картографировании сельскохозяйственных угодий применяются условные знаки, несущие информацию одновременно о его современном и существовавшем в прошлом состоянии. Дополнительно составлена карта распределения угодий по муниципальным образованиям региона. Предложенный алгоритм работы с ДДЗ, а также итоговые карты могут непосредственно применяться как для анализа и планирования размещения сельскохозяйственного производства области, так и в качестве примера технологического алгоритма для иных крупных регионов Российской Федерации.

Ключевые слова: данные дистанционного зондирования, картографирование сельскохозяйственных угодий, алгоритм дешифрирования, тематическое картографирование, Белгородская область, электронные карты

Для цитирования: Артемьева О.В., Алифанов Н.А. 2024. Картографирование сельскохозяйственных угодий Белгородской области на основе данных дистанционного зондирования. Региональные геосистемы, 48(4): 565–577. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-4-565-577

Compiling of Agricultural Lands in the Belgorod Region Based on Remote Sensing Data

Olga V. Artemeva, Nikita A. Alifanov

St. Petersburg State University,
7–9 Universitetskaya emb., St. Petersburg 199034, Russia
E-mail: o.artemieva@spbu.ru, nikita.alifanov@inbox.ru

Abstract. The new foreign policy and economic conditions faced by Russia determine the need to apply scientific and applied research in the development of agriculture. The article examines an algorithm for processing remote sensing data of a large area which can be used in agribusiness. The result of the study is represented with a digital map of lands of the Belgorod region. For territories comparable in area to a constituent entity of the Russian Federation, there is a need to apply a special approach to the deciphering procedure and to the degree of generalization of area contours on a raster and on a map. For the first time in agricultural land mapping, conventional symbols were used that simultaneously convey information about its current and past state. In addition, the authors offer a map of agricultural land distribution among municipalities in the region. The algorithm for working with remote sensing data proposed by the authors,



as well as the resulting maps, can be directly used both for analyzing and planning the location of agribusiness facilities in the region, and as an example of a technological algorithm for other large regions of the Russian Federation.

Keywords: remote sensing data, agricultural lands compiling, interpretation algorithm, thematic mapping, Belgorod region, digital maps

For citation: Artemeva O.V., Alifanov N.A. 2024. Compiling of Agricultural Lands in the Belgorod Region Based on Remote Sensing Data. *Regional Geosystems*, 48(4): 565–577. DOI: 10.52575/2712-7443-2024-48-4-565-577

Введение

Сельское хозяйство является одной из важнейших отраслей российской экономики. В числе регионов, занимающих ведущие позиции в производстве сельскохозяйственной продукции, выделяется Белгородская область: в Российской Федерации по состоянию на 2018 год она занимала первое место по производству продукции отрасли на душу населения и второе – по стоимости валовой продукции сельского хозяйства [Белгородская область ..., 2024]. Тем не менее, в этом регионе в настоящее время наблюдается общая для страны тенденция сокращения площади сельскохозяйственных угодий [Белгородская область в цифрах, 2023; Площади сельскохозяйственных угодий..., 2024]. В условиях начавшегося несколько лет назад повышения темпов и объемов производства отрасли [Чекмарев, 2014], ставшего необходимым в силу политических и социально-экономических процессов последних лет, а также возможного благодаря государственной поддержке предпринимателей, сведения о современном и существовавшем в прошлом состоянии угодий могут стать полезным инструментом для прогнозирования и упрощения принятия решений по эксплуатации земель фермерами и иными сельскохозяйственными предпринимателями, занимающимися освоением не используемых ранее территорий.

Представленные в открытом доступе источники информации о земельных угодьях недостаточно информативны. Статистические сборники и построенные на основе представленных в них данных картограммы и картодиаграммы, являющиеся элементом содержания тематических карт, не позволяют выявить динамику изменений сельскохозяйственных угодий, поскольку показывают расположение земельных угодий определенной территории и их трансформацию по годам только в рамках XXI века. Решить эти проблемы возможно в ходе обращения к материалам дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) в ретроспективе. В современном научном мире уже существуют примеры крупномасштабного дешифрирования сельскохозяйственных территорий. В частности, таковыми являются картографические слои, созданные на основе данных спутниковых съемок в среде существующих ГИС [Единая федеральная ..., 2024; Атлас «Природные ресурсы ...», 2024]. Используемые алгоритмы обработки растра достаточно известны в профессиональном сообществе, однако сами по себе они применимы были только в задачах крупномасштабного картографирования. Авторы предлагают алгоритмы для визуального отображения территорий, сопоставимых по площади с субъектом Российской Федерации, где необходима иная степень обобщения площадных контуров. В результате обработки данных дистанционного зондирования Земли получены электронные карты с полигонами земель, в обозначение которых заложена информация о современном и существовавшем в прошлом виде угодий. Предложенная классификация до сих пор не использовалась в научных исследованиях. Исходя из этого практической целью исследования стал алгоритм обработки ДДЗ и создание по их материалам карт сельскохозяйственных угодий Белгородской области, показывающих эволюцию земельных угодий региона в период с 1988 по 2023 год.

Объекты и методы исследования

Карты земельных угодий, создаваемые с высоким уровнем географической детализации, являются одними из базовых карт сельского хозяйства. Наряду с картами, показывающими формы собственности в сельском хозяйстве, картами общих экономических показателей (объёма продукции, интенсивности производства и др.) карты земельных угодий относятся к группе карт общей характеристики сельскохозяйственного производства [Евтеев, 1999]. Значимым дополнением к карте угодий может стать карта, изображающая долю каждого типа угодий от общего их числа и их суммарные площади. Перечень изображаемых угодий устанавливается с опорой на соответствующие акты земельного законодательства.

В соответствии с пунктом 1 статьи 79 Земельного кодекса РФ [2001] такие угодья подразделяются на пашни, сенокосы, пастбища, залежи и земли, занятые многолетними насаждениями; самостоятельным видом являются особо ценные продуктивные угодья, такие как опытные поля научных организаций и учебных заведений.

На отдельном снимке по спектральным характеристикам составляющих его пикселей возможно дешифровать пашни и кормовые угодья, включающие сенокосы и пастбища: так, в комбинации каналов *NIR-Red-Green* территории, занятые травянистой растительностью, отображаются светло-оранжевыми оттенками, открытая почва, в данном исследовании приравниваемая к пашне, имеет на снимке цвета от светло-зеленого до коричневого (рис. 1). В ходе настоящего исследования в силу специфики используемых материалов – данных дистанционного зондирования – возможно получить достоверные сведения о фактическом использовании земель и культур, произрастаемых на них; по этой причине пашни, занятые многолетними травами, были отнесены к сенокосам (в основном многолетние травы являются кормовыми культурами), в то время как залежи не выделялись в отдельную категорию земель, а приравнивались к естественным кормовым угодьям или лесам в зависимости от характера растительного покрова на них. Для достоверного дешифрирования залежей необходимо использовать несколько разновременных снимков сверхвысокого (до 1 м) пространственного разрешения, которое позволит определить сохраняющиеся продолжительное время борозды пропашки [Стыценко, 2017]. При выделении многолетних насаждений среди других типов угодий большее значение имеет рисунок посадок, прослеживаемый на изображении: так, сады и плодпитомники отличает в плане правильная прямоугольная форма и регулярная сетчатая структура внутри контура [Шихов и др., 2020].

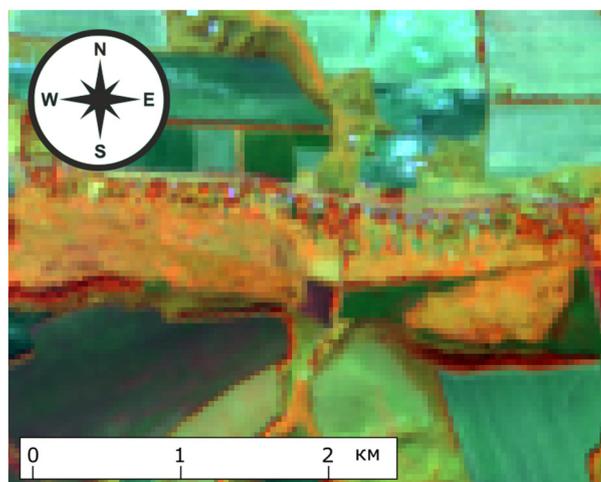


Рис. 1. Пойменный луг в окружении пашни на снимке *Landsat-9* (синтез каналов *NIR-Red-Green*)
Fig. 1. Floodplain meadow surrounded by arable land in the *Landsat-9* image
(synthesis of *NIR-Red-Green* channels)



Знание совокупности характеристик почвы земельного участка и растительности, находящейся на нём, позволяет определить его принадлежность к тому или иному виду сельскохозяйственных угодий посредством анализа многоканального спутникового снимка.

Для составления карт Белгородской области в масштабе 1: 1 000 000 были использованы снимки миссий *Landsat 9, 8, 5, 4*; пространственное разрешение этих снимков, находящихся в открытом доступе, позволяет использовать их в задачах мелкомасштабного картографирования [Khanal, Fulton, 2017]. По причине присутствия на картах большого количества контуров малой площади было решено отказаться от классических приемов изображения динамики природных процессов и отобразить угодья двух периодов времени «на одном уровне»: традиционно развитие объекта или его переход из одной формы в другую показывается наложением обозначений, при котором одно просматривается под другим (например, процессы преобразования рисунка растительного покрова или ландшафта могут быть показаны с тем условием, что исчезающее явление будет отображено фоновой заливкой, а развивающееся – штриховкой, ареалами, значками и др.) [Заруцкая, 1966]. Первичная обработка снимков выполнялась в ПО *QGIS* версии 3.28, основные операции по созданию тематического слоя угодий производились в ГИС *ArcGIS* версии 10.4.1. Итоговое оформление карт осуществлялось в среде графического редактора *Inkscape* версии 1.3.2.

Территория Белгородской области была выбрана для картографирования по нескольким причинам. Расположенный на границе лесостепной и степной зон регион обладает выгодным географическим положением для ведения сельского хозяйства и «пользуется» преимуществами такой локализации: субъект Федерации является одним из лидеров по показателям аграрного производства в стране. Сравнительно мягкий климат Белгородской области обуславливает разнообразие возделываемых здесь культур, в том числе плодовых многолетних насаждений, обрабатываемых на больших площадях. В то же время экономика региона после распада СССР была перестроена, структура сельского хозяйства, несмотря на сохранение общих объемов производства отрасли, претерпела ряд изменений – таким образом, на основе рисунка угодий прошлого и настоящего возможно составить содержательную карту эволюции земель, подчеркивающую преимущества выбранных способов картографирования. Достоинством Белгородской области в контексте задачи составления карты по спутниковым снимкам является небольшая площадь территории субъекта: чем меньше снимков требуется для полного покрытия ими площади региона, тем выше шансы найти изображения, которые отличаются по дате съемки незначительно.

Результаты и их обсуждение

Координатная привязка растровой физической карты Белгородской области, в ходе которой было получено модифицированное изображение – подложка для векторизации по ней элементов общегеографического слоя карты (гидрографии, населенных пунктов, дорожной сети), во избежание несоответствия объектов, показанных на карте и отображенных на снимках, выполнялась перед первичной обработкой сцен *Landsat* за сентябрь 1988 года и 2023 года. Данный процесс заключался в создании синтезированных изображений (каналы *NIR* и *SWIR* были добавлены как наиболее подходящие для дешифрирования растительного покрова [Schowengerdt, 2007]) и проведении их контролируемой классификации в модуле *dzetsaka QGIS*. Для выполнения обработки полученных растров классификации были выбраны инструменты группы *Spatial Analyst* программного пакета *ArcGIS* [Ивлиева, Росяйкина, 2015]: после объединения растров в мозаики угодий 2023 года и 1988 года с помощью калькулятора растра было произведено их суммирование с последующей заменой пикселей, соответствующих облакам, на пиксели земель, которые оказались под облаками в другой период времени. Возможности инструментов группы «Генерализация» позволили произвести отбор и обобщение контуров угодий (для обеспечения читаемости

площадных объектов на карте масштаба 1 : 1 000 000 предварительно было осуществлено преобразование изображения в растр с большим размером пиксела на местности). Полученные в ходе конвертации растра векторные полигоны угодий в качестве тематического слоя карты природы были добавлены в проект *Inkscape* и согласованы с элементами общегеографического содержания традиционных для карт земельных угодий (рис. 2) [Атлас сельского ..., 1974; Нольфина, 2010; Национальный Атлас ..., 2011].

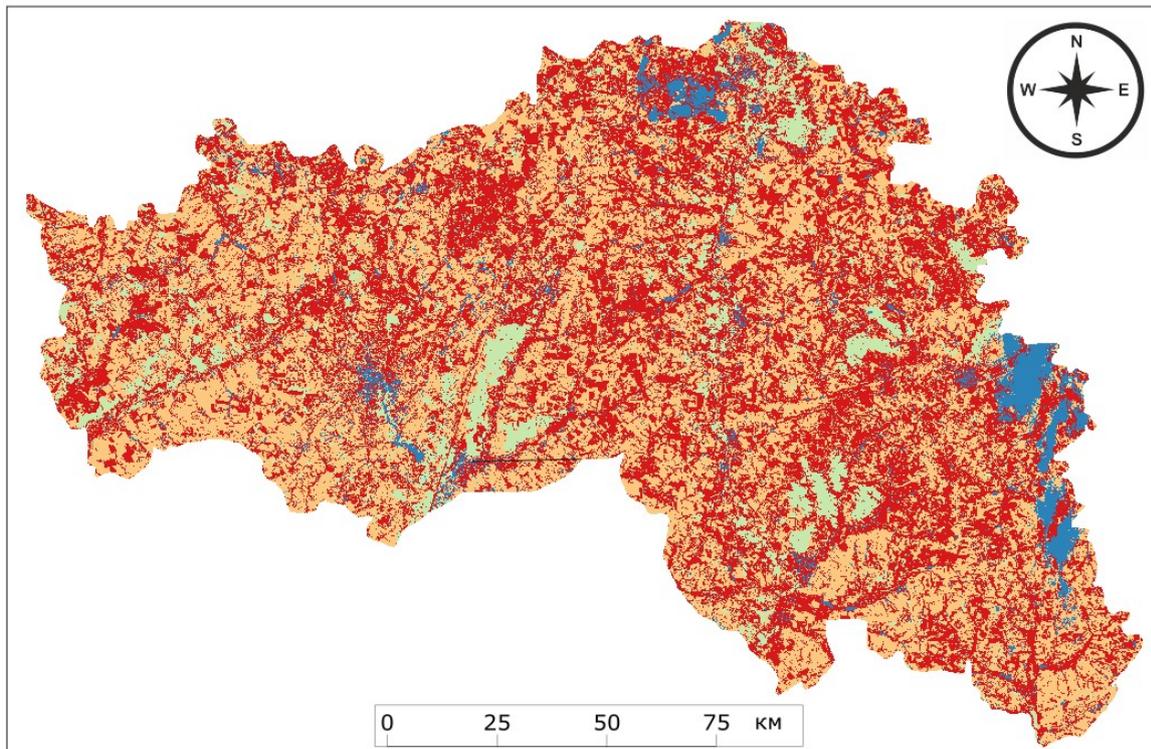


Рис. 2. Растровая мозаика угодий в 2023 году
Fig. 2. Raster mosaic of land in 2023

В ходе анализа растров, использовавшихся для составления карты природы [Artemeva et al., 2019], были получены данные для расчета некоторых абсолютных и относительных показателей, представленных впоследствии в виде картограмм и картодиаграмм на карте распределения земельных угодий. Для растров территорий муниципальных образований Белгородской области были сгенерированы таблицы атрибутов; на основе содержащихся в них значений числа пикселей каждого вида угодий [Price, 2015] были получены характеристики площади земель (в среде редактора таблиц *Excel*).

Необходимость создания карты субъекта Федерации в мелком масштабе мотивировала авторов исследования применить нетрадиционные способы обработки растра и оптимизировать использование некоторых инструментов *ArcGIS*.

Пиксеты растров классификации, соответствующие угодьям определенного типа, имели одинаковое целочисленное значение на обоих суммируемых изображениях; уникальный однозначный идентификатор был присвоен пашне, кормовым угодьям, лесам и прочим объектам местности: рекам, урбанизированным территориям, облакам. Процесс слияния проходил в несколько этапов:

- 1) значения пикселей растра земель 1988 года умножались на 10;
- 2) производилось сложение нового растра угодий прошлого и растра современных земель: по сравнению с изображениями-слагаемыми выходной растр имел вместо 4 однозначных числовых значений 16 двузначных, при этом первая цифра представляла собой идентификатор угодий прошлого, вторая – оказавшихся на их месте земель настоящего;

3) в силу практической невозможности отыскания на территорию региона нескольких снимков одного временного промежутка с отсутствующей на них облачностью и, следовательно, присутствия классифицированных облаков на мозаиках угодий, выполнялось присвоение областям, занятым облаками, значения того объекта местности, который находился на месте облаков на растре земель другого периода времени: замена значений пикселей осуществлялась с помощью условного оператора *Con*, в синтаксисе которого на первом месте после имени растра указывалось заменяемое значение пикселя, на втором – заменяющее (рис. 3). При условии наличия нескольких снимков одной территории подобный способ устранения облаков может давать более полную информацию о местности, чем использование масок облачности [Candra et al., 2016].

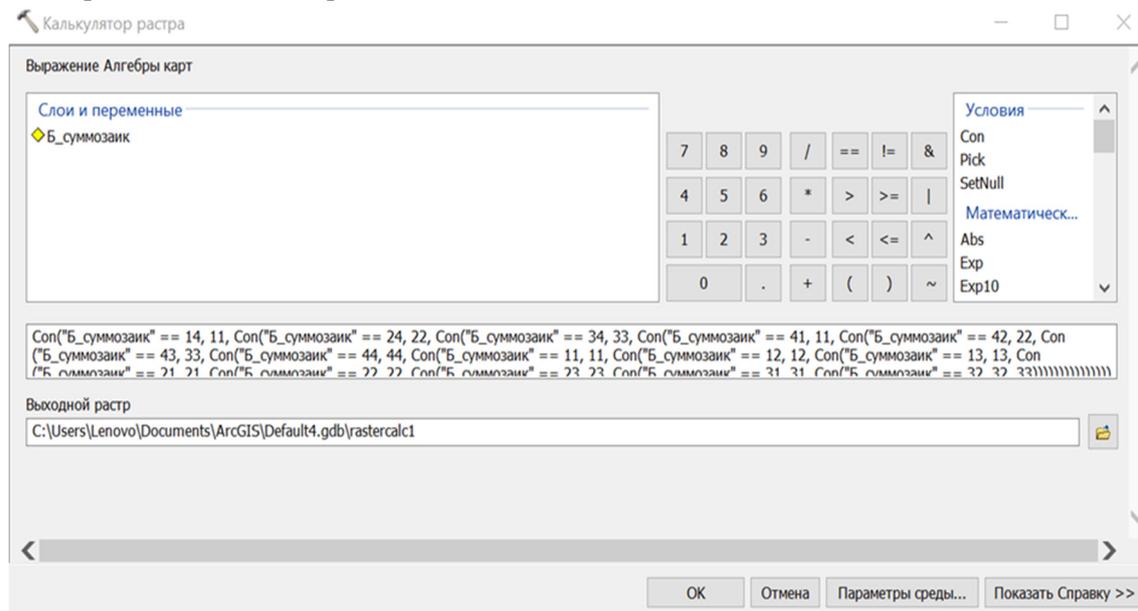


Рис. 3. Фрагмент условного выражения для замены пикселей облачности в калькуляторе растра: идентификатор облаков при классификации – 4

Fig. 3. Fragment of a conditional expression for replacing cloud pixels in the raster calculator: cloud identifier for classification – 4

Генерализация комбинированных мозаик проводилась в среде *ArcMap* по методике, изложенной в справочнике по инструментам геообработки от компании *ESRI* [Генерализация классифицированного ..., 2024]. При создании маски отсечения с помощью инструмента «Установить ноль» для определения порогового числа пикселей использовалась выведенная авторами исследования формула (1):

$$N = (M^2 \cdot s) / (1000000 \cdot L^2), \quad (1)$$

где M – знаменатель масштаба карты; s – установленная минимальная площадь объекта на карте (в мм²); L – длина стороны пикселя на местности (в м).

По приведенной формуле было определено, что маска для Белгородской области должна состоять из областей, где будет меньше 889 пикселей.

На основе генерализованного изображения был получен векторный слой (инструменты *ArcToolbox* – Конвертация – Из растра – Растр в полигоны, упрощение полигонов выключено). Производилось преобразование нового полигонального слоя обратно в растровый вид (рис. 4) с десятикратным увеличением размера ячейки: геометрические особенности векторов угодий, полученных по первоначально генерализованному изображению, не были бы читаемы в масштабе карты. Созданный в ходе преобразования полигонального слоя растр был генерализован по использовавшемуся ранее алгоритму; при этом в маску отсечения были включены области площадью менее 3 мм² (33 пикселя).

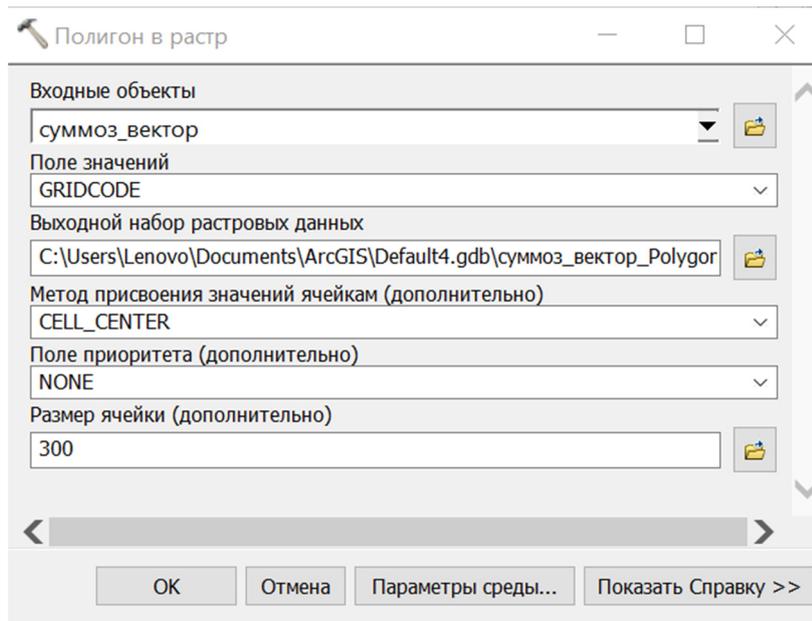


Рис. 4. Параметры окна инструмента «Полигон в растр»
Fig. 4. Parameters of the “Polygon to Raster” tool window

На снимках территории субъекта удалось посредством визуального дешифрирования определить несколько участков, занятых многолетними плодовыми насаждениями: в среде *QGIS* угоды были векторизованы по контурам. Наборы полигонов были экспортированы в файл с расширением *.svg* и в среде редактора *Inkscape* добавлены в документ карты в качестве тематического слоя. Оформление карты оканчивалось составлением легенды, в которой информация о современном и существовавшем ранее состоянии угоды, передаваемая цветом, была отображена в виде таблицы (рис. 5, 6).

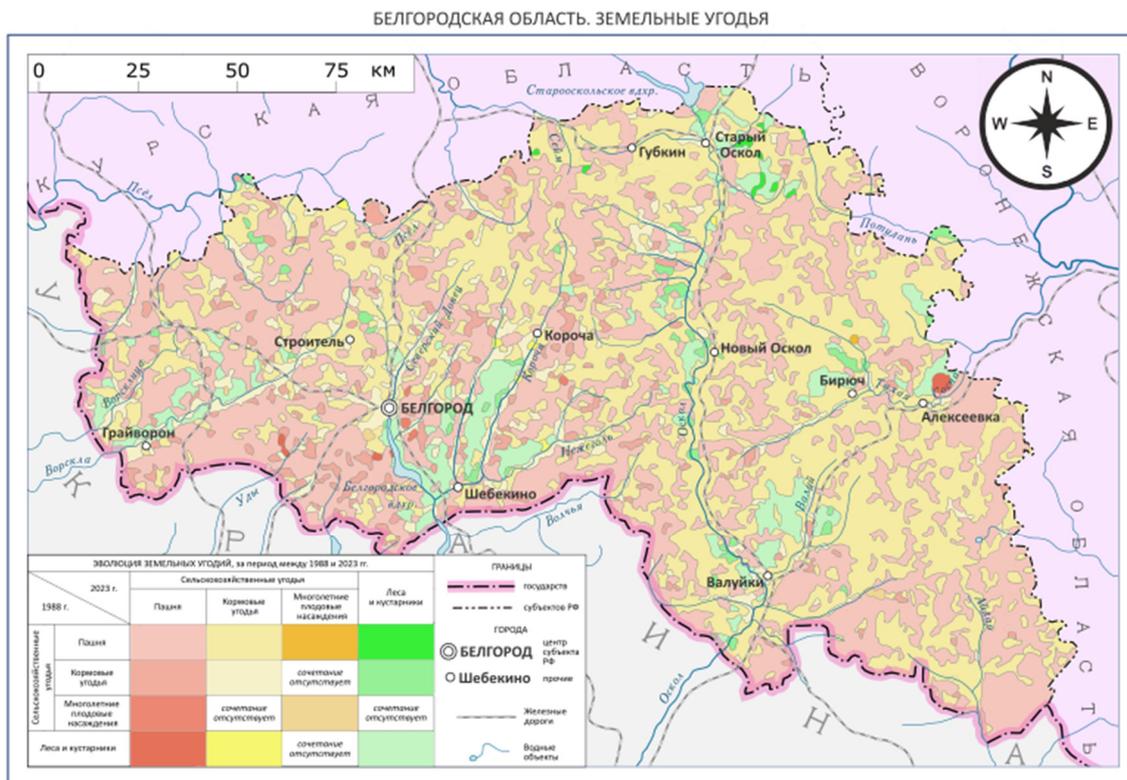


Рис. 5. Карта «Белгородская область. Земельные угоды»
Fig. 5. Map «Belgorod region. Land areas»

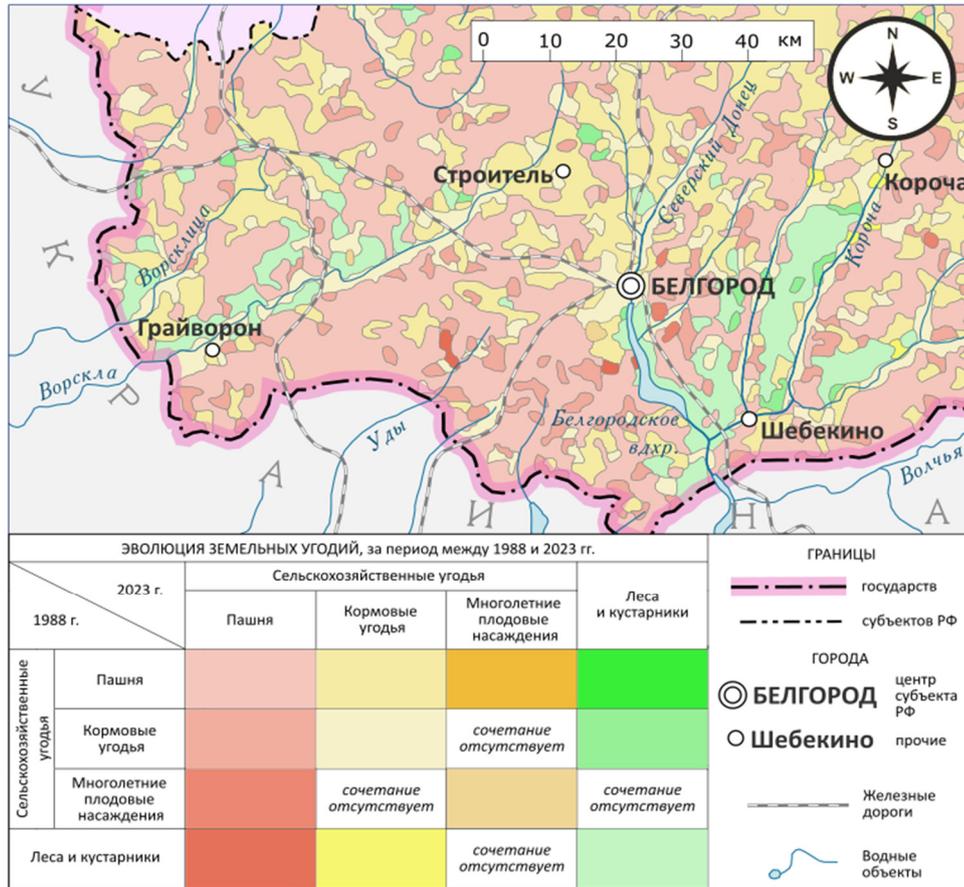


Рис. 6. Фрагмент карты «Белгородская область. Земельные угодья»
 Fig. 6. Fragment of the «Belgorod region. Land areas» map

Исходная комбинированная растровая мозаика на территорию Белгородской области была проанализирована (табл. 1) с последующим сопоставлением полученных данных с материалами статистического учета [Площади сельскохозяйственных угодий..., 2005; Сведения о наличии..., 2019] и использована для создания карты размещения земельных угодий. Абсолютное значение площади современных земель, выраженное в гектарах, было показано на картодиаграммах с помощью матрицы ячеек, построенных в соответствии с принципом «разменной монеты»: отображение больших площадей ячейками крупного размера позволило «облегчить» диаграммную фигуру и повысить читаемость карты. Показатели доли сельскохозяйственных угодий в общей площади муниципального образования, а также «физиологической» плотности населения, т. е. отношения населения территории к площади сельскохозяйственных земель в её пределах [Евтеев, 1999], были отображены на карте способом картограммы (рис. 7).

Таблица 1
 Table 1

Площадь сельскохозяйственных угодий (в том числе пашни) Белгородской области по данным различных источников, тыс. га
 Area of agricultural land (including arable land) in the Belgorod region according to various sources, thousand hectares

| Площадь по материалам статистического учета сельскохозяйственных угодий | | Площадь, рассчитанная в ходе анализа растра | | | | | |
|---|-------------|---|-------------|-----------------------------|-------------|-------------|-------------|
| | | пашни | | сельскохозяйственных угодий | | пашни | |
| на 1990 год | на 2019 год | на 1990 год | на 2019 год | на 1988 год | на 2023 год | на 1988 год | на 2023 год |
| 2149,5 | 2133,7 | 1665,7 | 1644,7 | 2153,2 | 2140,9 | 1708,5 | 1312,9 |



ставляет собой один из самых надежных и оперативных методов исследования территорий, отвечающих за продовольственную безопасность страны.

2. Использованные алгоритмы обработки растра достаточно известны в профессиональном сообществе, однако сами по себе они применимы только в задачах крупномасштабного картографирования. Для карт территорий, сопоставимых по площади с субъектом Российской Федерации, необходима иная степень обобщения площадных контуров. Такая степень генерализации достижима при увеличении размера пиксела изображения на местности; однако подобное преобразование исходного растра классификации может привести к слиянию в единое целое тех небольших по площади объектов, которые на местности разделены непреодолимым препятствием (например, рекой) и должны быть исключены, но не объединены. Вследствие этого уместно проводить генерализацию растра поэтапно, от крупно- к мелкомасштабному изображению, то есть увеличивать размер пиксела растра по мере возрастания степени обобщения.

3. Инструменты работы с растрами, существующие в географических информационных системах, позволяют получать готовый тематический слой карты без обращения в процессе его создания к операциям над векторными объектами (за редким исключением). Генерализация растра позволяет получить более точные и оперативные результаты, чем упрощение векторных примитивов.

4. В результате обработки данных дистанционного зондирования получены векторные полигоны земель, в обозначение которых заложена информация о современном и существовавшем в прошлом виде угодий, тематический слой векторных объектов объединен с набором элементов общегеографического содержания и оформлен в виде электронной карты земельных угодий Белгородской области. Способ отображения динамики процесса, при котором цвет объекта на карте несёт информацию одновременно о его современном и существовавшем в прошлом состоянии, является редким для картографии и на карте, показывающей локализацию земельных угодий, применяется впервые. Предложенная классификация до сих пор не использовалась в научных исследованиях. Основной формой компоновки для легенды карты выбрана табличная.

5. Дополнительно по материалам, используемым для карты природы Белгородской области, была составлена карта распределения угодий по муниципальным образованиям региона, на которой характеристики структуры земель были показаны способами картограммы и картодиаграммы.

6. Информация на созданных картах, коррелируя с данными некоторых статистических источников, иллюстрирует тенденцию сокращения и деградации сельскохозяйственных угодий, наблюдаемую с конца 80-х годов XX века.

7. Сведения о современном и существовавшем в прошлом состоянии угодий могут дать возможность проследить трансформацию насаждений, упростить принятие решений по эксплуатации земель фермерами и иными сельскохозяйственными предпринимателями, занимающимися освоением не используемых ранее территорий, и стать полезным инструментом для прогнозирования развития положительной и отрицательной динамики изменений объектов исследования.

8. Составленные карты, передающие информацию о точной локализации угодий разных видов, могут непосредственно применяться для решения различных экономических и производственных задач, в том числе для анализа и планирования размещения сельскохозяйственного производства.

Список источников

- Атлас «Природные ресурсы и экологическое состояние Белгородской области». Электронный ресурс. URL: <http://maps.bsuedu.ru/atlas/> (дата обращения 13.01.2024).
- Атлас сельского хозяйства Чувашской АССР. 1974. М., ГУГК, 68 с.
- Белгородская область. Большая российская энциклопедия 2004-2017. Электронный ресурс. URL:

- <https://old.bigenc.ru/geography/text/5676142> (дата обращения 02.04.2024).
- Белгородская область в цифрах. 2023: Краткий статистический сборник. Федеральная служба государственной статистики. Электронный ресурс. URL: https://31.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/0107_2023.pdf (дата обращения 14.04.2024).
- Генерализация классифицированного растрового снимка. ArcGIS Pro 3.3. Esri. Электронный ресурс. URL: <https://pro.arcgis.com/ru/pro-app/latest/tool-reference/spatial-analyst/generalization-of-classified-raster-imagery.htm> (дата обращения 14.02.2024).
- Евтеев О.А. 1999. Проектирование и составление социально-экономических карт. М., Издательство Московского университета, 223 с.
- Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения. Электронный ресурс. URL: <https://efis.mcsx.ru> (дата обращения 13.01.2024).
- Земельный кодекс Российской Федерации от 25.10.2001 N 136-ФЗ (ред. от 14.02.2024, с изм. от 11.06.2024) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.04.2024). Электронный ресурс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_33773/ (дата обращения 11.06.2024).
- Национальный Атлас почв Российской Федерации. 2011. М., Астрель, 632 с.
- Площади сельскохозяйственных угодий и пашни, используемые землепользователями, занимающимися сельскохозяйственным производством. Федеральная служба государственной статистики. Электронный ресурс. URL: https://rosstat.gov.ru/bgd/regl/b05_14p/isswww.exe/stg/d010/11-08.htm (дата обращения 17.04.2024).
- Сведения о наличии и распределении земель. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. Электронный ресурс. URL: <https://rosreestr.gov.ru/activity/gosudarstvennoe-upravlenie-v-sfere-ispolzovaniya-i-okhrany-zemel/gosudarstvennyu-monitoring-zemel/sostoyanie-zemel-rossii/gosudarstvennyu-natsionalnyu-doklad-o-sostoyanii-i-ispolzovanii-zemel-v-rossiyskoy-federatsii/> (дата обращения 16.04.2024).
- Шихов А.Н., Герасимов А.П., Пономарчук А.И., Перминова Е.С. 2020. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения. Пермь, Пермский государственный национальный исследовательский университет, 191 с.

Список литературы

- Заруцкая И.П. 1966. Составление специальных карт природы. М., Издательство Московского университета, 232 с.
- Ивлиева Н.Г., Росаякина Е.А. 2015. Обработка данных дистанционного зондирования Земли в ГИС-пакете ArcGIS. Огарёв-Online, 4(45): 5.
- Карцева Л.В. 2010. История развития российского сельскохозяйственного производства от первых аграрных реформ при царизме до наших дней. Вестник Казанского государственного университета культуры и искусств, 3: 4–13.
- Нольфина М.А. 2010. О сельскохозяйственных атласах на примере их изданий 1974–1989 гг. Гео-Сибирь, 1(2): 93–95.
- Пацала С.В., Горошко Н.В. 2021. Сельское хозяйство России: глобальные позиции, структурные пропорции и тенденции развития. Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки, 6(1(19)): 96–108. <https://doi.org/10.21603/2500-3372-2021-6-1-96-108>
- Стыщенко Е.А. 2017. Возможности распознавания сельскохозяйственных угодий с использованием методики совместной автоматизированной обработки разносезонных многозональных космических изображений. Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 14(5): 172–183. <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2017-14-5-172-183>
- Чекмарев О.П. 2014. Развитие сельского хозяйства в России от имперских времен до наших дней: краткий обзор. Вестник Ленинградского государственного университета им. А.С. Пушкина, 6(4): 72–88.
- Artemeva O.V., Zareie S., Elhaei Y., Pozdnyakova N.A., Vasilev N.D. 2019. Using Remote Sensing Data to Create Maps of Vegetation and Relief for Natural Resource Management of a large Administrative Region. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-4/W18: 103–109. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W18-103-2019>.



- Candra D.S., Phinn S., Scarth P. 2016. Cloud and Cloud Shadow Masking Using Multi-Temporal Cloud Masking Algorithm in Tropical Environmental. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLI-B2: 95–100. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLI-B2-95-2016>.
- Khanal S., Fulton J. 2017. An Overview of Current and Potential Applications of Thermal Remote Sensing in Precision Agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 139: 22–32. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.05.001>
- Price M. 2015. Mastering ArcGIS Pro. McGraw Hill, 436 p.
- Schowengerdt R.A. 2007. Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. Amsterdam, Elsevier; Burlington, Academic Press, 515 p.

References

- Zarutskaya I.P. 1966. Sostavleniye spetsialnykh kart prirody [Compilation of Special Maps of Nature]. Moscow, Publ. Moscow University, 232 p.
- Ivlieva N.G., Rosyaykina E.A. 2015. Processing of Remotely Sensed Data by Means of Arcgis-Software. Ogarev-Online, 4(45): 5 (in Russian).
- Kartseva L.V. 2010. The History of Development of Agricultural Manufacturing from the First Agricultural Reforms in Tzar Days to the Present Time. Bulletin of Kazan State University of Culture and Arts, 3: 4–13 (in Russian).
- Nolfina M.A. 2010. Agriculture Atlases by the Example of 1974-1989 Editions. Geo-Siberia, 1(2): 93–95 (in Russian).
- Patsala S.V., Goroshko N.V. 2021. Russian Agriculture: Global Positions, Structural Proportions, and Development Trends. Bulletin of Kemerovo State University. Series: Political, Sociological and Economic Sciences, 6(1(19)): 96–108 (in Russian). <https://doi.org/10.21603/2500-3372-2021-6-1-96-108>
- Stytsenko E.A. 2017. Evaluation of the Possibilities to Classify Agricultural Lands Using Multi-Seasonal Satellite Data Processing. Current Problems in Remote Sensing of the Earth From Space, 14(5): 172–183 (in Russian). <https://doi.org/10.21046/2070-7401-2017-14-5-172-183>
- Chekmarev O.P. 2014. Development of Agriculture in Russia from the Imperial Times Up to Now: a Brief Review. Bulletin of Leningrad State University named after A.S. Pushkin, 6(4): 72–88 (in Russian).
- Artemeva O.V., Zareie S., Elhaei Y., Pozdnyakova N.A., Vasilev N.D. 2019. Using Remote Sensing Data to Create Maps of Vegetation and Relief for Natural Resource Management of a large Administrative Region. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLII-4/W18: 103–109. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-4-W18-103-2019>.
- Candra D.S., Phinn S., Scarth P. 2016. Cloud and Cloud Shadow Masking Using Multi-Temporal Cloud Masking Algorithm in Tropical Environmental. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLI-B2: 95–100. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLI-B2-95-2016>.
- Khanal S., Fulton J. 2017. An Overview of Current and Potential Applications of Thermal Remote Sensing in Precision Agriculture. Computers and Electronics in Agriculture, 139: 22–32. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.05.001>
- Price M. 2015. Mastering ArcGIS Pro. McGraw Hill, 436 p.
- Schowengerdt R.A. 2007. Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. Amsterdam, Elsevier; Burlington, Academic Press, 515 p.

*Поступила в редакцию 27.07.2024;
поступила после рецензирования 14.09.2024;
принята к публикации 13.10.2024*

*Received July 27, 2024;
Revised September 14, 2024;
Accepted October 13, 2024*

Конфликт интересов: о потенциальном конфликте интересов не сообщалось.
Conflict of interest: no potential conflict of interest related to this article was reported.



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Артемьева Ольга Владимировна, кандидат географических наук, доцент кафедры картографии и геоинформатики Института наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

Алифанов Никита Александрович, студент кафедры картографии и геоинформатики Института наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Olga V. Artemeva, PhD in Geography, Associate Professor of the Department of Cartography and Geoinformatics, Institute of Earth Sciences, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Nikita A. Alifanov, Student of the Department of Cartography and Geoinformatics, Institute of Earth Sciences, Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia