



eISSN 2311-2468
Том 12, № 10. 2024
Vol. 12, no. 10. 2024

электронное периодическое издание
для студентов и аспирантов

Огарёв-онлайн Ogarev-online

<https://journal.mrsu.ru>



КУЛИЧЕНКО Е. И., ПРИМАЧЕНКО Е. И.
РАЗРАБОТКА СОДЕРЖАНИЯ И ОФОРМЛЕНИЯ
КАРТЫ «МУЗЕИ МОРДОВИИ»

Аннотация. В настоящее время наиболее распространенным видом туризма является культурно-познавательный. Для успешного развития этого направления очень важны музеи – место для построения эффективного и прочного партнерства между туристами и принимающими их городами и странами. В статье рассматриваются современные методы создания карты, которая дает наглядное представление о расположении и видах музеев Мордовии и может использоваться в туристической деятельности.

Ключевые слова: туризм, Мордовия, Саранск, маршрут, музеи, картографическая база данных, условные знаки.

KULICHENKO E. I., PRIMACHENKO E. I.
DEVELOPMENT OF CONTENT AND DESIGN
OF THE MAP "MUSEUMS OF MORDOVIA"

Abstract. Currently, cultural and educational tourism is the most popular type of tourism. For the successful development of this area, museums are very important as places to build an effective and lasting partnership between tourists and their host cities and countries. The article considers modern methods of making a map that provides a visual representation of the location and types of museums in Mordovia. This map can be used in the tourism industry of the region.

Keyword: tourism, Mordovia, Saransk, route, museum, cartographic database, map symbols.

Важное место в культурной жизни общества занимают музеи. Понятие «музей» трактуется как «учреждение, занимающееся собиранием, изучением, хранением и экспонированием предметов – памятников естественной истории, материальной и духовной культуры, а также просветительской и популяризаторской деятельностью» [4]. Музеи служат ценным ресурсом для изучения объектов культурного и исторического значения различных городов и стран. Это особенно верно для небольших исторических музеев, которые можно найти повсюду, служащие проводником в историю определенной эпохи или области. Эти музеи помогают туристам быстро сориентироваться, демонстрируя исторические ценности местной культуры.

Музеи необходимы для развития культурно-познавательного туризма. Они могут служить туристическими достопримечательностями, путеводителями по истории и географии, а также экономическим стимулом развития региона.

Музеи могут помочь сохранить культурное наследие для будущих поколений. Они собирают и выставляют артефакты и произведения искусства, предоставляют услуги по их сохранению и реставрации. Музеи ведут большую научно-исследовательскую и культурно-просветительную работу. Организуют чтение лекций, проведение экскурсий, устройство выставок, распространение специальной литературы не только в своих стенах, но и на предприятиях. Кроме того, они могут быть важным инструментом в обучении детей.

Сотрудничество между музеями и туризмом основано на формировании системы исторических, культурных и природных территорий. Перед туристическими организаторами музея стоит ряд специфических задач: определение туристической специализации музея и формирование постоянного потока туристов, разработка туристической программы и маршрута, формирование набора рекламных продуктов, поиск новых источников финансирования [9].

Музеи Мордовии представляют собой важный ресурс культурно-познавательного туризма в регионе. Они являются хранилищем исторических, культурных и эстетических ценностей, которые являются неотъемлемой частью мордовской культуры. В музеях Мордовии можно познакомиться с историей, культурой и бытом мордовского народа, узнать об уникальных природных ресурсах региона, а также о видах народных промыслов и декоративно-прикладного искусства. Музеи регулярно проводят выставки, концерты, лекции и другие мероприятия, которые привлекают туристов и жителей региона. Кроме того, музеи организуют экскурсии, которые позволяют познакомиться с историей и культурой Мордовии более глубоко и интересно.

Музеи Мордовии также являются важным инструментом сохранения и передачи наследия и культурных традиций региона следующим поколениям. Они играют важную роль в формировании гражданской идентичности и укреплении культурных связей между разными народами и культурами. Достаточно большое количество музеев представлено в городах Саранск и Рузаевка. Основу музейной сети республики составляют Мордовский республиканский объединенный краеведческий музей им. И. Д. Воронина, Мордовский республиканский музей изобразительных искусств им. С. Д. Эрьзи, Мемориальный музей военного и трудового подвига 1941-1945 гг., Музей мордовской народной культуры [2].

В соответствии с классификацией [9] музеи Мордовии представлены следующими видами:

- художественные (Мордовский республиканский музей изобразительных искусств им. С. Д. Эрьзи);
- литературные (музей им. А. И. Полежаева);
- мемориальные (Дом-музей Ф. В. Сычкова в с. Кочелаете Ковылкинского района;

Дом-музей Л. И. Воинова в Темникове; Дом-музей М. П. Девятаева в п. Торбеево Торбеевского района; Мемориальный музей военного и трудового подвига 1941-1945 гг.);

– комплексные музеи, большинство из которых краеведческие.

Особую значимость имеют центры национальной культуры, которые сохраняют и приумножают традиции и культуру коренных народов. Например, центры мордовской культуры в селах Старая Теризморга Старошайговского и Подлесная Тавла Кочкуровского районов. Экспозиции этих центров состоят из традиционной одежды, артефактов, изображающих сельскую жизнь, и образцов народного творчества. Здесь туристы могут познакомиться с историческим прошлым мордовского народа, продегустировать блюда мордовской кухни, поучаствовать в мордовских обрядах и играх, приобрести сувениры [2].

Музеи являются неотъемлемой частью многих экскурсионных программ и маршрутов. Знание расположения этих музеев в Мордовии может помочь в определении направления туристского маршрута, выявить создаваемые ими культурно-просветительские пространства. Таким образом, музеи Мордовии составляют каркас развития культурно-познавательного туризма и служат главным средством удовлетворения культурных и познавательных интересов жителей республики и гостей.

Одной из важнейших задач для картографа является отображение собранной тематической информации в картографической форме. При изготовлении карт используются различные специализированные и некартографические программы. Выбор программного обеспечения определяет содержание производственного процесса с учетом таких факторов, как качество, производительность и другие важные факторы. Оно должно отвечать всем требованиям и обладать необходимыми возможностями и функционалом [3].

Для создания карты «Музеи Мордовии» было выбрано программное обеспечение ArcGIS. С помощью инструментов и различных модулей можно осуществлять анализ и обработку данных, проводить картографическую генерализацию, строить производные карты. ArcGIS представляет пространственную информацию как набор слоев и прочих элементов в приложении ArcMap. При создании тематического слоя с объектами, одновременно создается атрибутивная таблица с качественной или количественной информацией об объектах. Благодаря современности, многофункциональности, широкого спектра инструментов, возможности создания, преобразования и управления базами данных для работы было выбрано именно это программное обеспечение.

Для художественного оформления карты использовался графический пакет CorelDraw. Он позволяет создавать проекты любой сложности: рисовать и редактировать векторную графику, использовать дополнительные инструменты для выбора цветового оформления и управления шрифтами. Программа предоставляет полный набор инструментов

и является оптимальным графическим решением при создании картографических произведений [5; 6].

Основным источником для создания картографической базы данных карты «Музеи Мордовии» послужил набор векторных данных с сайта Всероссийского научно-исследовательского геологического института им. А. П. Карпинского ВСЕГЕИ [1]. Слои имеют формат shp-файлов, поэтому могут быть использованы в большинстве видов картографических программных продуктов. Так же использовались векторные тематические слои открытой веб-системы OpenStreetMap (OSM) [11], база векторных и растровых данных NaturalEarthData [10].

Применение набора векторных данных значительно облегчает решение многих задач при картографировании, но для создания картографической базы данных (КБД) необходимы и другие источники (литературные, статистические). Например, данные из соответствующего реестра [7], где содержатся сведения об объектах культурного наследия: их местоположение и категория значимости объекта. В качестве дополнительных источников использовались литературные источники [2; 3], информация с сайтов музеев.

Для создания КБД музеи Мордовии были разделены на следующие виды: исторические, художественные, литературные, дома-музеи, мемориальные музеи военного и трудового подвига, краеведческие музеи, естественнонаучные, технические, отраслевые.

В атрибутивной таблице программы указывалась следующая информация: местоположение населенных пунктов, название музеев, их вид (см. рис. 1).

FID	REAL_NAME	muzei	vid
677	Подлесная Тавла	Этнографический музей «Этно-кудо» им. В.И. Ромашкина	2
182	Паракино	МКЦ "Дом традиций"	5
576	Кочелaeво	Дом-музей Ф.В. Сычкова	2
158	Чамзинка	Чамзинский историко-краеведческий музей	5
991	Старая Теризморга	Центр наициональной культуры	5
871	Ромоданово	Ромодановский ИКМ	5
537	Паево	Паевский краеведческий музей	5
3	Баево	Музей С.Д. Эрзи	2
203	Большое Игнатово	Музей боевой славы	4
243	Кочкурово	Музей боевого и трудового подвига 1941–1945 гг.	2
1087	Темников	Мемориальный дом-музей композитора Л.И. Воинова; Темниковский ИКМ им. Ф.Ф. Ушакова	5
356	Зубова Поляна	Краеведческий музей Зубово-Полянского МР	5
712	Краснослободск	Краеведческий музей	5
1263	Ковылкино	Ковылкинский краеведческий музей	5
488	Кемля	Ичалковский краеведческий музей	5
436	Инсар	Инсарский историко-краеведческий музей	5
276	Ельники	Ельниковский ИКМ	5

Рис. 1. Фрагмент атрибутивной таблицы «Музеи».

После заполнения атрибутивной таблицы осуществлялась привязка данных. Для этого в ArcGIS с помощью инструмента «Соединение данных» необходимо к слою, содержащему информацию о местоположении населенных пунктов Мордовии (nasp_mord), присоединить

данные из атрибутивной таблицы «Музеи».

Результатом выполнения работы является КБД музеев Мордовии. Следующий этап состоял в создании географической основы для разрабатываемой карты, элементами которой являются объекты гидрографии, населенные пункты, железные и автомобильные дороги, границы. Для того, чтобы избежать чрезмерной графической нагрузки карты и сохранить ее читаемость, была выполнена генерализация элементов карты. Создание географической основы карты производилось в ПО ArcGIS, дальнейшее оформление карт осуществлялось в графическом редакторе CorelDraw [3].

Гидрографическая сеть является важной частью создаваемой карты. При изображении рек должна быть передана степень их извилистости. Направление течения рек необходимо отобразить постепенным утолщением линии от истока к устью с учетом впадения крупных притоков. Для этого реки были поделены на отрезки и классифицированы с учетом толщины линий. Каждому классу было присвоено определенное значение: 1 – 0,2 мм; 2 – 0,3 мм; 3 – 0,5 мм; 4 – 0,7 мм; 5 – 1 мм. Все объекты гидрографической сети изображены синим цветом.

При отображении населенных пунктов учитывались определенные факторы. Отбор населенных пунктов проводился в соответствии с их значимостью, наличием музея и количеством жителей. Таким образом, на карте отображаются населенные пункты, в которых расположены музеи, и центры административных районов Республики Мордовия. Для надписей населенных пунктов использовался инструмент «Определить классы объектов и надписать каждый класс отдельно». Для каждого класса объекта был выбран определенный размер и вид шрифта [8].

Пути сообщения включают автомобильные и железные дороги – являются одним из главных элементов карты, поскольку они предоставляют важную информацию о доступности и связности районов республики. При изображении путей сообщения важно показать, как они связаны с гидрографией и населенными пунктами, так же необходимо следить за правильным положением и корректным отображением особенностей их размещения. Для этого на карте «Музеи Мордовии» были выделены железные и автомобильные (федеральные и прочие дороги). Каждому типу дороги присвоен определенный цвет и толщина линии: железные дороги показаны линиями черного цвета, автомобильные дороги – линиями красного цвета.

Границы на карте отображаются в зависимости от их типа и значения – границы Республики Мордовия изображены пунктирной линией с розовым фоном, границы административных районов изображены пунктирной линией серого цвета (см. рис. 2).

Для отображения видов музеев использовались наглядные значки – графические символы, очень похожие на реальный объект, который они изображают. Они часто

применяются для наглядного и легко узнаваемого визуального представления различных типов объектов.

Данные условные знаки были разработаны в графическом редакторе CorelDraw.

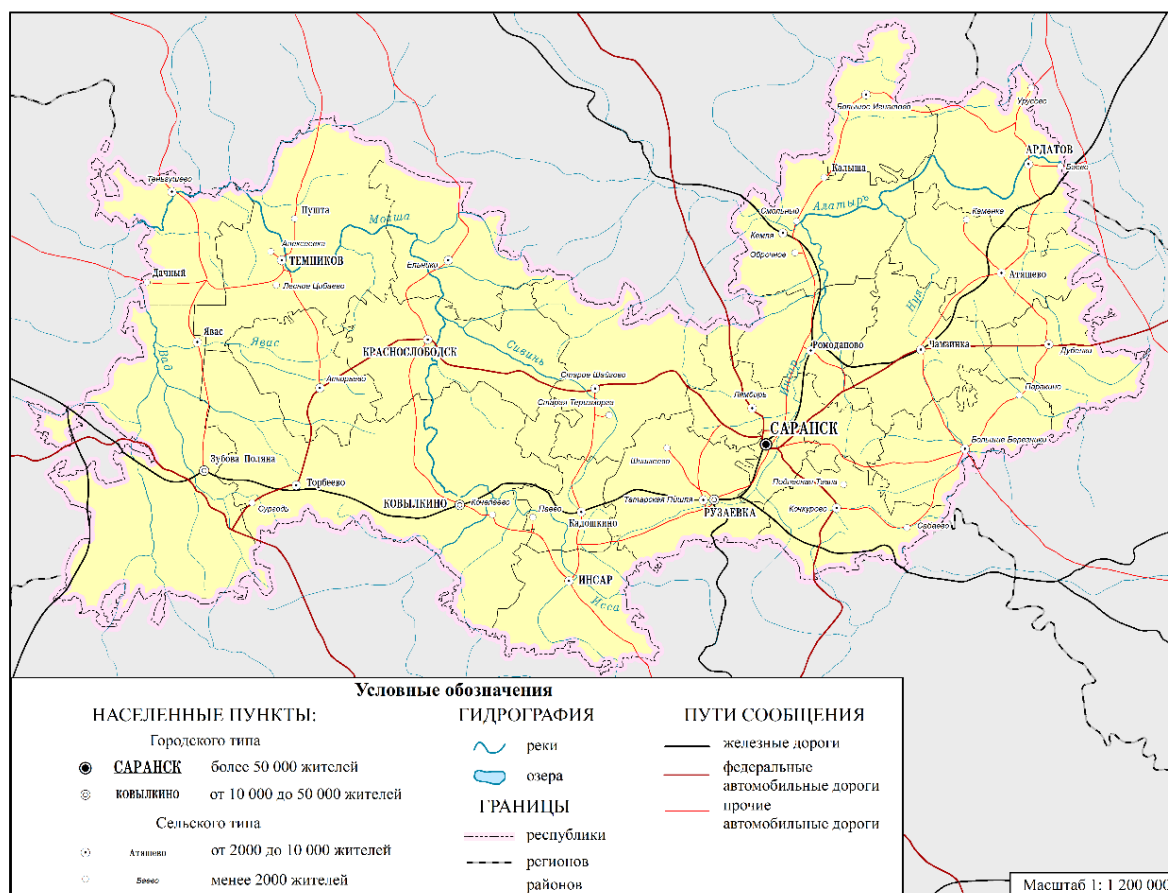


Рис. 2. Географическая основа карты.

В качестве основы использовались фотографии и эмблемы музеев: необходимый рисунок импортировался в графический редактор и оцифровывался с помощью инструмента «Перо», а затем дорабатывался. В процессе разработки условных знаков были выполнены экспериментальные работы по определению формы, цвета, фона. Дальнейшая работа заключалась в группировке определенных условных знаков в соответствии с классификацией музеев. Применяя разнообразные графические приемы, были созданы условные обозначения для каждой классификационной группы. Преимущество созданных условных знаков заключается в том, что они помогают туристам ориентироваться при изучении музеев Мордовии. Эти символы разработаны таким образом, чтобы их можно было легко распознать и визуально отличить, что является полезным инструментом для туристов, которые могут быть незнакомы с местным языком или культурным контентом. Кроме того, эти условные знаки можно использовать на картах, брошюрах и других материалах, что делает их эффективным инструментом для рекламы музеев (см. рис. 3).

Затем в графическом редакторе CorelDraw, на созданную ранее географическую основу, были размещены условные знаки музеев, выполнены необходимые подписи географических объектов, а также оформлена легенда карты (см. рис. 4).

ВИДЫ МУЗЕЕВ

	Краеведческие		Художественные
	Военного и трудового подвига		Технические
	Дома-музеи		Естественно-научные
	Отраслевые		Комплексные
	Литературные		

Рис. 3. Фрагмент легенды карты «Музеи Мордовии».

Легенда является важным компонентом любой карты, поскольку она дает четкое представление о том, что означает каждый графический символ. Важно, чтобы легенда была хорошо организована и легко читалась, с определенными пояснениями к каждому условному знаку. Расположение легенды относительно картографического изображения также следует тщательно продумать, чтобы она не мешала читаемости карты.

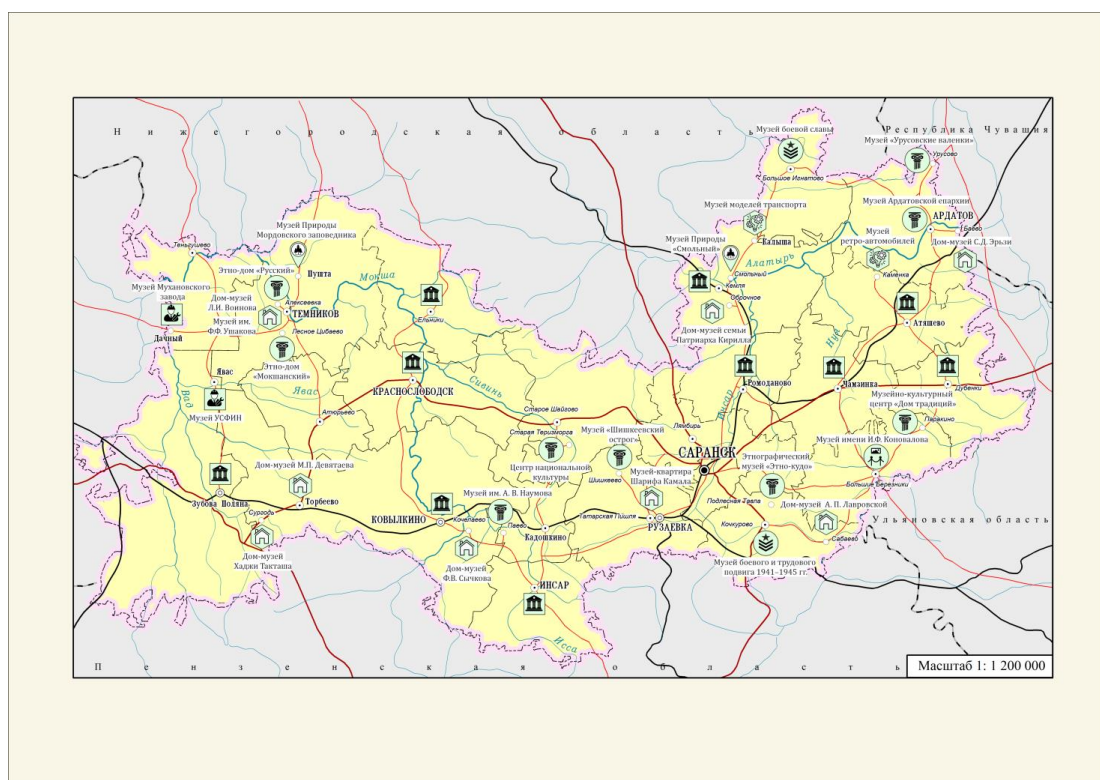


Рис. 4. Карта «Музеи Мордовии».

Важно также помнить об общей композиции, чтобы убедиться, что карта визуально привлекательна и удобна в использовании. Компонировка является важнейшим процессом при

проектировании и составлении карт. Она объединяет содержательную часть карты и ее внешние признаки (картографируемая территория, рамка, название карты). В большинстве случаев, компоновка картографируемой территории обозначена прямоугольной рамкой. Исходя из особенностей территории Республики Мордовия, выбрана следующая компоновка: на листе формата А3 альбомной ориентации карта масштаба 1:1 200 000 занимает большую часть страницы, преимущественно левую часть. Название расположено в верхней части над картографическим изображением. Масштаб занимает правый нижний угол карты. Кроме картографического изображения пространственного размещения музеев, на листе размещены карты-врезки городов Саранска и Рузаевки с отображением местоположения музеев, а также общая легенда (см. рис. 5).

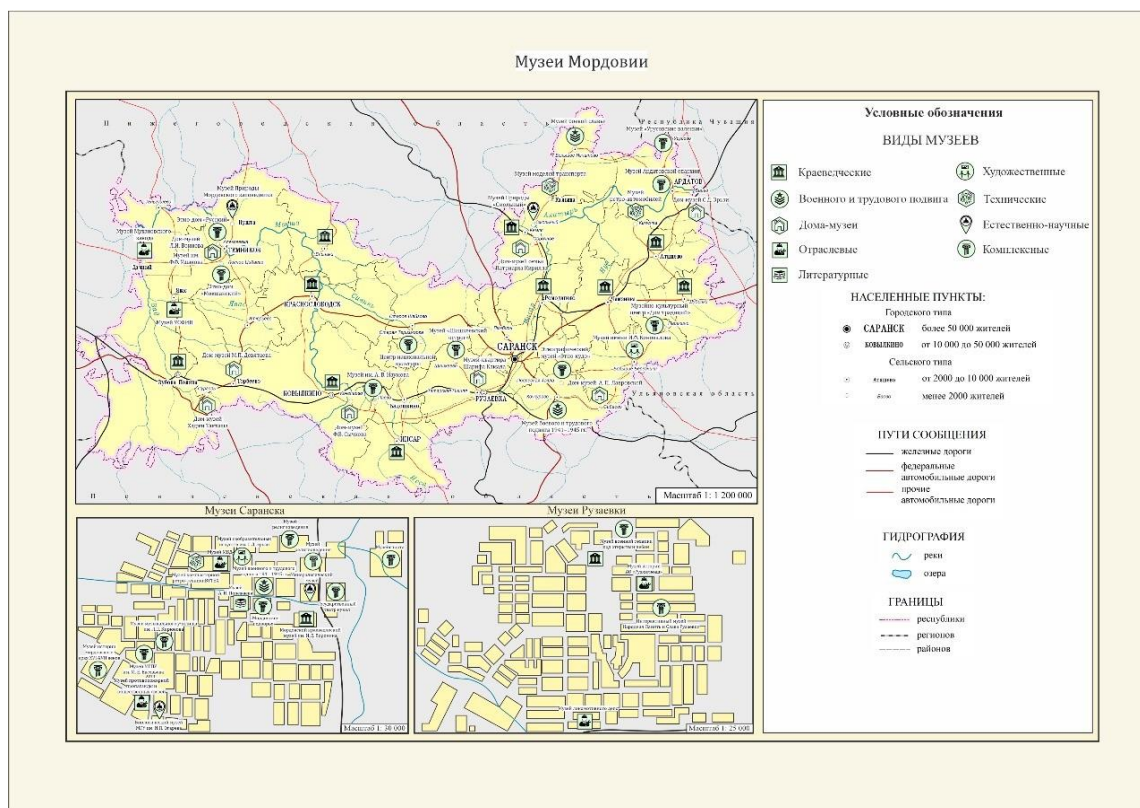


Рис. 5. Компоновка карты «Музеи Мордовии».

Созданная карта «Музеи Мордовии» может быть полезным инструментом для туристов в путешествии, при изучении культурных достопримечательностей в республике. Ее также можно использовать в качестве рекламного материала для туристических организаций или местных предприятий. Кроме того, она может служить образовательным ресурсом для школ, университетов или музеев, чтобы рассказывать об истории и культуре Республики Мордовия, а также может найти множество применений в индустрии туризма и культуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vsegei.ru/ru/> (дата обращения: 18.11.2023).
2. Емельянова Н. А., Жулина М. А., Карасев А. С. [и др.]. Территориальная организация туризма в Республике Мордовия: монография. – Саранск: Издательство Мордовского университета, 2017. – 82 с.
3. Зими́на Д. С., Тесленок С. А. Методика создания карт мемориальных памятников территории Республики Мордовия // Теория и практика гармонизации взаимодействия природных, социальных и производственных систем региона. Материалы Международной научно-практической конференции: в 2-х томах. – Т. 2. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2017. – С. 176–179.
4. Ожегов С. И., Шведова Н. Ю. Толковый словарь русского языка [Электронный ресурс] // ОжеговИнфо. – М., 2023. – Режим доступа: <https://ozhegov.info/slovar> (дата обращения: 02.06.2023).
5. Примаченко Е. И. Использование современных методов картографического дизайна при разработке туристских карт // Вестник Мордов. ун-та. – 2008. – № 1. – С. 108–111.
6. Примаченко Е. И., Ивлиева Н. Г., Калашникова Л. Г. [и др.]. Разработка содержания и оформления «Карты достопримечательных мест Республики Мордовия» // Картография – туризму: мат-лы науч.-практ. конф., г. Санкт-Петербург, 21-24 сент. 2008 г. – СПб, 2008. – С. 128–132.
7. Реестр объектов культурного наследия Республики Мордовия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mktrm.ru/site-folder/files/2023.xls> (дата обращения: 25.04.2022).
8. Руководство по созданию общегеографических карт. Серия: «Общегеографические атласы России» – Омск: ГКИНП (ОНТА), 2001. – Режим доступа: <https://files.stroyinf.ru/Index2/1/4293786/4293786573.htm> (дата обращения: 18.11.2023).
9. Современная типология и классификация музеев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iskusstvoed.ru/2018/08/19/sovremennaja-tipologija-i-klassifikac/> (дата обращения: 16.05.2023).
10. NaturalEarthData: база векторных и растровых данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.naturalearthdata.com> (дата обращения: 18.11.2023).
11. OpenStreetMap [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.openstreetmap.org/#map=8/56.609/88.698> (дата обращения: 18.11.2023).

ВАРФОЛОМЕЕВ А. Ф., ВИНЯЕВ Д. А.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ РАССТОЯНИЙ
ТАХЕОМЕТРОМ LEICA TS02 ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УГЛА ПОВОРОТА
ПРИЗМЕННОГО И ПЛЕНОЧНОГО ОТРАЖАТЕЛЕЙ**

Аннотация. В данной статье рассматривается насколько изменяется результат измерения тахеометром расстояния на отражающую пленку и призмный отражатель при их повороте на 20° и 40°. Определена зависимость точности измерений расстояний при повороте угла отражающих поверхностей с помощью тахеометра Leica TS02, призмы Vega SP03T и пленочного отражателя Geobox. Результаты измерений были определены на отрезках длиной 50, 100, 150, 200 м, полученные данные проанализированы.

Ключевые слова: тахеометр, пленочный отражатель, призмный отражатель, погрешность измерений, угол поворота, среднее значение.

VARFOLOMEEV A. F., VINYAEV D. A.

**ACCURACY TEST OF MEASURING DISTANCES
WITH LEICA TS02 TOTAL STATION WHEN CHANGING
THE ANGLE OF ROTATION OF THE PRISM AND FILM REFLECTORS**

Abstract. The article examines variability of the result of distance measuring with a total station on a reflective film and a prism reflector when they are rotated by 20° and 40°. The dependence of the accuracy of distance measurements when the angle of reflecting surfaces is rotated using the Leica TS02 total station, Vega SP03T prism and Geobox film reflector is determined. The results were measured on segments of 50, 100, 150, 200 meters in length and the data obtained were analyzed.

Keywords: total station, film reflector, prism, measurement error, rotation angle, average value.

В настоящее время в современной практике проведения топографо- и инженерно-геодезических работ на смену классическим приборам и технологиям уже давно приходят и широко используются новые [2; 7]. Так, для измерения расстояний вместо рулеток и инварных проволок используют электронные тахеометры [6], позволяющие измерить расстояние между пунктами дистанционно. Измерение расстояний тахеометром происходит посредством лазерного дальномера, встроенного в прибор, и направленного на отражатель. В качестве отражателей используются призмы и отражающие пленки [1; 3].

Также современные тахеометры имеют возможность измерить расстояние на

обычный предмет в безотражательном режиме [4]. Следует отметить, что наиболее точным методом является измерение расстояния на призму.

В данной статье рассматривается важный вопрос изучения точности измерений расстояния на призму и пленочный отражатель при их повороте на определенный угол относительно линии створа, так как в практике геодезических работ удержать створ линии относительно тахеометра не всегда представляется возможным.

В ходе выполнения работы были использованы тахеометр Leica TS02, имеющий заявленную точность определения расстояний на призму $\pm 1,5 \text{ мм} + 2 \cdot 10^{-6} \cdot L$, на пленку $\pm 2 \text{ мм} + 2 \cdot 10^{-6} \cdot L$ (где L – длина линии); призма Vega SP03T и пленка Geobox размером 5*5 см.

На начальном этапе работ были выполнены поверки тахеометра [5; 8–10]. Далее был выбран участок местности в поле, вдали от автомобильных дорог, городских парков и прочих мест, которые могут создавать вибрации и ухудшать результаты измерений.

На участке были взяты отрезки по створу линии длинами 50, 100, 150, 200 м. На данных расстояниях от отражателя, закрепленного на штативе, был установлен тахеометр.

Прибор был приведен в рабочее положение [10], а также в настройках прибора были внесены поправки за внешние условия окружающей среды (температура, атмосферное давление, влажность) (см. рис. 1).



Рис. 1. Тахеометр Leica TS02 в рабочем положении.

При выполнении измерений поворачивали отражатель относительно центра оси на 0° , 20° , 40° (рис. 2).

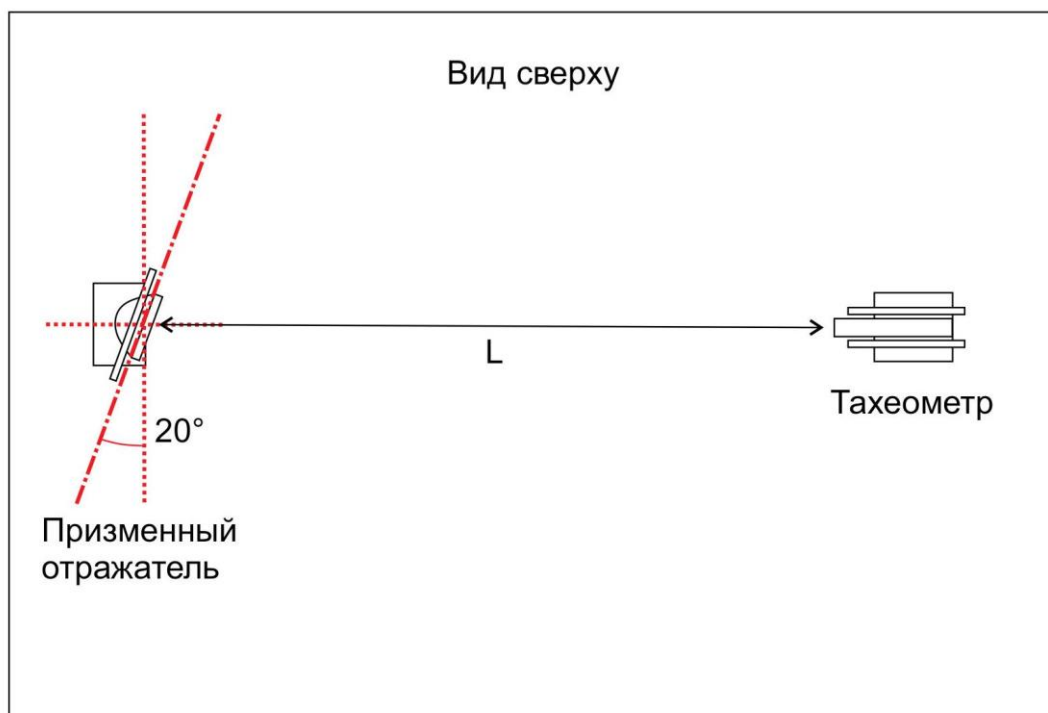


Рис. 2. Схема измерения расстояний на призмный отражатель при угле поворота в 20° .

Было выявлено, что при угле поворота в 40° тахеометр не может измерить расстояние на призму и на пленку при длине линии в 150 и 200 м. Результаты измерений представлены в таблицах 1–4.

Таблица 1

Измерение расстояний на призму и пленочный отражатель (50 м)

№ измерения	Расстояние на призму, м		Расстояние на пленку, м		
	угол поворота		угол поворота		
	0°	20°	0°	20°	40°
1	49,9249	49,9248	49,9242	49,9259	49,9299
2	49,9252	49,9248	49,9243	49,9261	49,9300
3	49,9251	49,9250	49,9245	49,9260	49,9301
4	49,9251	49,9249	49,9245	49,9262	49,9296
5	49,9251	49,9249	49,9245	49,9259	49,9300
6	49,9253	49,9249	49,9247	49,9259	49,9300
7	49,9252	49,9248	49,9245	49,9263	49,9302
8	49,9253	49,9248	49,9245	49,9260	49,9301
9	49,9252	49,9248	49,9243	49,9258	49,9300
10	49,9253	49,9249	49,9248	49,9259	49,9300
Среднее значение	49,9252	49,9249	49,9245	49,9260	49,9300
Отклонение ср. значений от 0° призмного отражателя	0,0000	0,0003	0,0007	-0,0008	-0,0048

Таблица 2

Измерение расстояний на призму и пленочный отражатель (100 м)

№ измерения	Расстояние на призму, м		Расстояние на пленку, м		
	угол поворота		угол поворота		
	0°	20°	0°	20°	40°
1	99,9144	99,9146	99,9122	99,9165	99,9201
2	99,9144	99,9149	99,9123	99,9164	99,9200
3	99,9145	99,9148	99,9123	99,9165	99,9198
4	99,9143	99,9148	99,9125	99,9166	99,9198
5	99,9145	99,9150	99,9122	99,9166	99,9200
6	99,9143	99,9147	99,9122	99,9165	99,9198
7	99,9144	99,9150	99,9122	99,9165	99,9203
8	99,9144	99,9149	99,9124	99,9166	99,9202
9	99,9145	99,9150	99,9124	99,9169	99,9196
10	99,9144	99,9152	99,9121	99,9166	99,9196
Среднее значение	99,9144	99,9149	99,9123	99,9166	99,9199
Отклонение ср. значений от 0° призмного отражателя	0,0000	–0,0005	0,0021	–0,0022	–0,0055

Таблица 3

Измерение расстояний на призму и пленочный отражатель (150 м)

№ измерения	Расстояние на призму, м		Расстояние на пленку, м	
	угол поворота		угол поворота	
	0°	20°	0°	20°
1	150,0298	150,3010	150,0283	150,0306
2	150,0299	150,3010	150,0279	150,0306
3	150,0299	150,3050	150,0278	150,0306
4	150,0300	150,0301	150,0277	150,0310
5	150,0299	150,0302	150,0278	150,0304
6	150,0299	150,0299	150,0280	150,0305
7	150,0299	150,0299	150,0276	150,0303
8	150,0299	150,0302	150,0282	150,0306
9	150,0297	150,0301	150,0277	150,0303
10	150,0297	150,0302	150,0277	150,0303
Среднее значение	150,0299	150,0301	150,0279	150,0305
Отклонение ср. значений от 0° призмного отражателя	0,0000	–0,0003	0,0020	–0,0007

Сравнивая показатели средних значений измерений, можно сделать выводы о расхождениях данных показателей. При угле поворота в 20° у призмного отражателя разница показателей средних значений незначительная (от 0,0003м до –0,0005м) (см. табл. 1–4). Эти результаты входят в допустимую погрешность прибора.

Измерение расстояний на призму и пленочный отражатель (200 м)

№ измерения	Расстояние на призму, м		Расстояние на пленку, м	
	угол поворота		угол поворота	
	0°	20°	0°	20°
1	200,0472	200,0477	200,0459	200,0492
2	200,0474	200,0477	200,0458	200,0497
3	200,0473	200,0477	200,0460	200,0489
4	200,0471	200,0476	200,0462	200,0490
5	200,0472	200,0475	200,0461	200,0496
6	200,0472	200,0476	200,0461	200,0490
7	200,0473	200,0476	200,0457	200,0486
8	200,0472	200,0474	200,0458	200,0491
9	200,0472	200,0477	200,0463	200,0486
10	200,0472	200,0475	200,0462	200,0485
Среднее значение	200,0472	200,0476	200,0460	200,0490
Отклонение ср. значений от 0° призмного отражателя	0,0000	–0,0004	0,0012	–0,0018

У пленочного отражателя при увеличении угла поворота до 20° расхождение средних значений составляют от –0,0015 м до –0,0043 м (табл. 1, 2) и от –0,0027 м до –0,003 м (табл. 3, 4). Эти показатели не соответствуют заявленным характеристикам прибора кроме результата –0,0015 м (табл. 1). При увеличении угла поворота до 40° расхождение средних значений составляет –0,0055 м (табл. 1) и –0,0076 м (табл. 2), что также не соответствует заявленным характеристикам прибора.

В таблицах 1–4 указаны отклонения средних значений от 0° призмы. Для более наглядного представления данных показателей представлен график отклонения средних значений измерений (см. рис. 3).

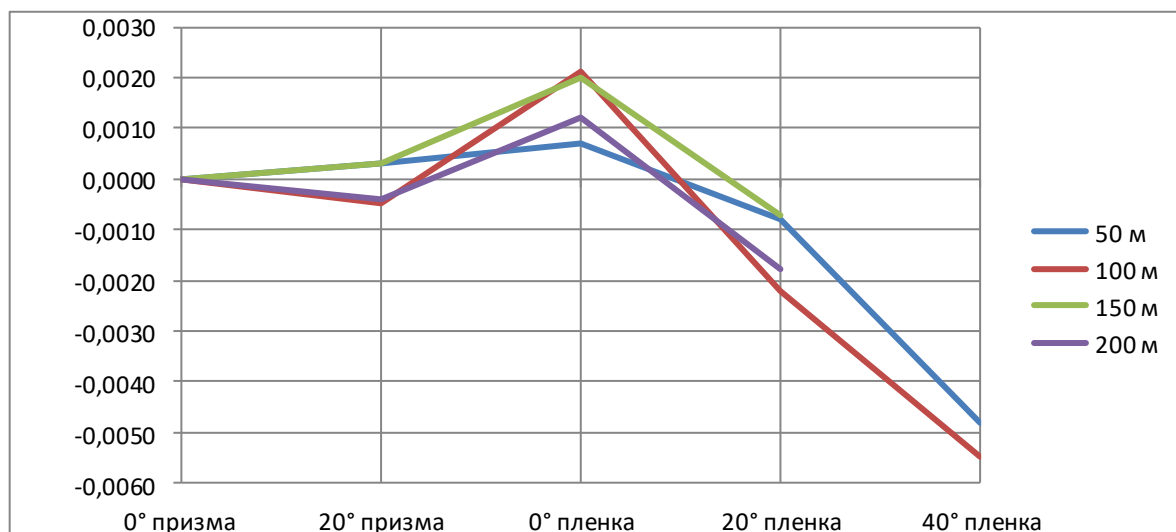


Рис. 3. График отклонения средних значений.

Как видно по данным, приведенным в таблицах 1–4 и на графике (см. рис. 3), результаты отклонений средних значений по призмённому отражателю при угле поворота в 20° незначительны (от 0,0003 м до –0,0005 м). Результаты отклонений по пленочному отражателю при углах поворота в 0° , 20° и 40° более велики (от 0,0007 м до –0,0055 м).

Также следует отметить, что отклонения в положительную или отрицательную сторону при повороте угла относительно 0° призмённого отражателя могут зависеть от ряда внешних факторов (погодных условий, рефракции и т. п.) [8].

Таким образом, можно сделать вывод, что метод измерения расстояний на отражающую пленку является менее точным, чем измерение на призмённый отражатель. Итоги исследования показывают, что при выполнении геодезических работ следует учитывать поворот угла призмённого и пленочного отражателей относительно тахеометра и по возможности сводить его к нулю.

При проведении геодезических работ следует выбирать призмённый отражатель в качестве основного для измерения расстояний. Для топографических же работ, где точность измерения более низкая, можно использовать и пленочный отражатель. Кроме того, следует отметить, что данный результат можно улучшить, используя более точные пленочные, призмённые отражатели и тахеометры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афонин Д. А. Построение геодезической разбивочной сети, закрепляемой пленочными отражателями // Записки Горного института. – 2012. – Т. 199. – С. 301–308.
2. Варфоломеев А. Ф., Коваленко А. К., Коваленко Е. А., Тесленок К. С., Тесленок С. А. Геоинформационные технологии в определении зон покрытия территории поправками от постоянно действующих станций ГЛОНАСС/GPS // Материалы Международ. конф. «ИнтерКарто/ИнтерГИС». – 2015. – Т. 21 (1). – С. 522–528.
3. Кочетова Э. Ф., Акрицкая И. И., Тюльникова Л. Р., Гордеев А. Б. Инженерная геодезия: учебное пособие. – Нижний Новгород: ННГАСУ, 2017. – 158 с.
4. Никонов А. В. Исследование точности измерения расстояний электронными тахеометрами в безотражательном режиме // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Т. 29, № 1. – С. 43–53.
5. Никонов А. В. К вопросу об определении постоянной поправки дальномера электронного тахеометра // Вестник СГУГиТ. – 2015. – Т. 29, № 1. – С. 54–61.
6. Сафронова Д. А. Анализ применения электронного тахеометра // Научные

известия. – 2022. – № 29. – С. 112–114.

7. Тесленок С. А., Романов А. В. Новые технологии в производстве топографо-геодезических работ // Общество. – 2014. – № 2 (2). – С. 78–81.

8. Ямбаев Х. К. Геодезическое инструментоведение. Практикум: учебник для вузов. – М.: Академический Проект, 2020. – 583 с.

9. Ямбаев Х. К. Инженерно-геодезические инструменты и системы: учебное пособие для вузов. – М.: Изд-во МИИГАиК, 2012. – 462 с.

10. Ямбаев Х. К., Голыгин Н. Х. Геодезическое инструментоведение. Практикум: учебное пособие для вузов. – М.: ЮКИС, 2005. – 312 с.

ИРИСОВ В. С., КАЛАЕВ В. П., КИСЛЯКОВА Ю. Г., НОВИКОВ М. Ю.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
АНТЕННО-МАЧТОВОГО СООРУЖЕНИЯ СПОСОБОМ НАПРАВЛЕНИЙ

Аннотация. В работе перечислены методы определения крена высотных сооружений. Обоснована важность проведения мероприятий по определению геометрических параметров антенно-мачтовых сооружений. В частности, исследован и определен крен башни высотой 60 м, расположенной в с. Юкаменское Удмуртской Республики.

Ключевые слова: крен, антенно-мачтовое сооружение, деформация, устойчивость конструкции, теодолит, тахеометр.

IRISOV V. S., KALAEV V. P., KISLYAKOVA YU. G., NOVIKOV M. YU.
DETERMINING GEOMETRIC PARAMETERS
OF ANTENNA-MAST STRUCTURE BY THE METHOD OF DIRECTIONS

Abstract. The article considers the methods for measuring the roll of high-rise structures. The importance of carrying out measures to determine the geometric parameters of antenna-mast structures is substantiated. Particularly, the roll of 60 m tower located in the village of Yukamenskoye of the Udmurt Republic was measured and determined.

Keywords: roll, antenna-mast structure, deformation, structural stability, theodolite, total station.

Из года в год ученые активно трудятся над усовершенствованием существующих и созданием новых технологий не только в производстве топографо-геодезических работ [7], но и в области мобильных технологий, чтобы связь была максимально быстрой и качественной. Начиная с 2000-ых годов, в России интенсивно развивается система сотовой радиотелефонной связи. В нынешних реалиях XXI века уже невозможно представить жизнь современного человека без сотовой связи и мобильного интернета. А в свете последних событий, когда активно развивается дистанционный формат работы и обучения, спрос на услуги связи только вырос, укрепив ее значимость на рынке [6].

Одним из главных составляющих данной отрасли является поступательное развитие сети, сопровождаемое как строительством новых вышек, так и модернизацией уже существующих базовых станций. В первом случае операторам и строительным компаниям оказывается поддержка со стороны государства по федеральной программе «Устранение цифрового неравенства», рассчитанной на обеспечение доступом к мобильной связи и высокоскоростному интернету жителей отдаленных и малонаселенных территорий страны [1]. Во втором случае решается проблема устранения устаревших технологий связи

за счет совершенствования установленного на них оборудования, что влечет за собой, в большинстве случаев, увеличение его количества и, как следствие, ветровой нагрузки и общего веса на конструкцию антенно-мачтового сооружения. Это, в свою очередь, может приводить к изменению положения башенного сооружения в пространстве с превышением установленного допуска.

Однако причиной деформации могут быть не только увеличение веса и ветровой нагрузки, но и другие факторы, часть из них могут меняться во времени. К ним можно отнести форму, размеры, жесткость фундамента, подвижки земной поверхности, оползни, обвалы, просадки, изменение гидротермических условий, влажность, уровень грунтовых вод и др. [5].

Крен является наиболее характерным показателем совместной деформации сооружения башенного типа и его основания. В таких конструкциях крен может еще больше увеличить момент, что может поставить под угрозу устойчивость конструкции.

Поэтому в проектах башенных сооружений предусматриваются не только наблюдения за осадками оснований и фундаментов, но и измерение кренов как в процессе нового строительства, так и в процессе эксплуатации [4]. По результатам таких измерений, при необходимости, могут разрабатываться профилактические меры для устранения увеличения крена и сохранения пригодности сооружения.

Существует огромное количество способов определения крена башенных сооружений: способ координат; способ направлений (горизонтальных углов); способ малых углов; способ вертикального проектирования; способ зенитных расстояний; способ высокоточного нивелирования; способ направления с одного пункта; стереофотограмметрический способ. С появлением ГЛОНАСС/GPS стали появляться способы определения крена с помощью GPS-приемников и электронных тахеометров [8]. При этом важное значение имеет определение зон покрытия территории поправками от постоянно действующих станций ГЛОНАСС/GPS [2].

В данном исследовании расчет значения крена башенного сооружения был выполнен способом направлений, изложенным в [9]. На полевом этапе выполнения данной работы применялся теодолит VEGA Тео-5В.

В качестве исходных данных для проведения исследования были использованы результаты геодезических работ, выполненных 16 декабря 2021 г. при проверке проектного положения ствола башни высотой 60,0 м, расположенной с. Юкаменское Удмуртской Республики.

Существующая башня представляет собой пространственную четырехгранную стержневую конструкцию, пирамидальную – с отметки 0,00 до отметки 40,00 м,

призматическую – с отметки 40,00 м до отметки 60,00 м, состоящую из ствола, площадок, лестниц и вертикального кабельного моста – кабельроста. Ствол башни поделен на 7 секций по 8 м и одну – длиной 4 м. Радиобашня в плане представляет с собой квадратное сечение.

Погода во время проведения геодезических работ была пасмурная, без сильного ветра. Определение крена башенного сооружения с помощью теодолита осуществлялось с двух примерно перпендикулярных друг к другу станций 1 и 2 (ст. 1 и ст. 2), удаленных от центра башенного сооружения на расстоянии не менее ее высоты (см. рис. 1).

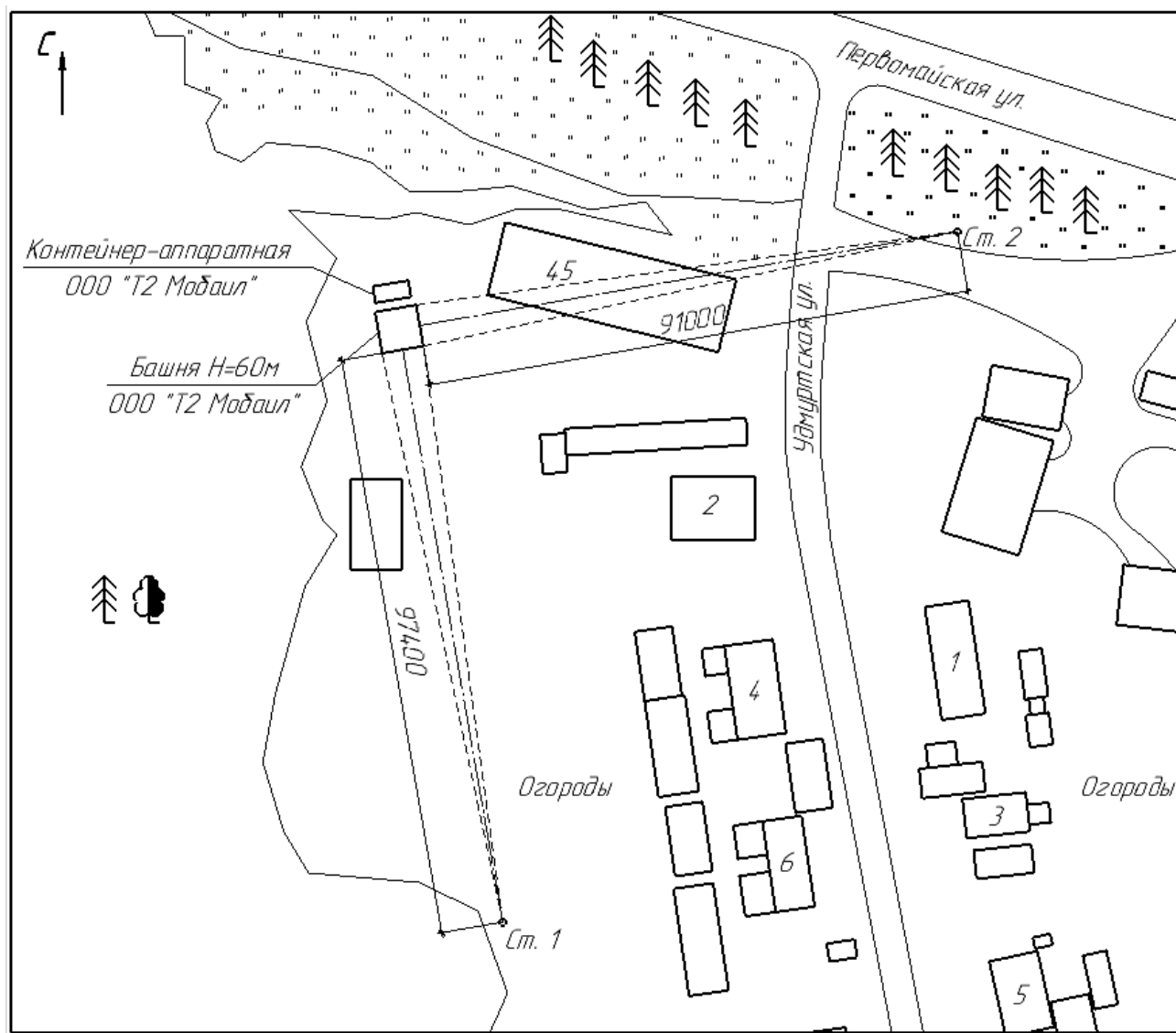


Рис. 1. План геодезических работ.

В результате проведенных угловых измерений были получены значения отклонений от вертикальной оси ствола башни на разных уровнях отметках. В таблице 1 представлены значения относительно станции 1, а в таблице 2 – относительно станции 2.

Таблица 1

Журнал угловых измерений со станции 1 и расчет отклонений ствола башни от вертикальной оси

Отметка стыка секций, м	Круг теод.	Угол левый пояс				Угол правый пояс				γ ось, °	Откл., °	Откл., рад	Откл. ст. №1, мм	Абс. откл., мм
		°	'	"	γ1, °	°	'	"	γ2, °					
61,70	лев.	122	34	21	122,57	123	41	9	123,69	123,13	0,34	0,006	585	593
	прав.	302	34	44	302,58	303	41	46	303,70	303,14	0,35	0,006		
48,00	лев.	122	28	48	122,48	123	36	47	123,61	123,05	0,26	0,005	445	453
	прав.	302	29	23	302,49	303	37	15	303,62	303,06	0,26	0,005		
40,00	лев.	122	25	14	122,42	123	32	37	123,54	122,98	0,19	0,003	333	339
	прав.	302	25	32	302,43	303	33	6	303,55	302,99	0,20	0,003		
32,60	лев.	122	8	13	122,14	123	44	27	123,74	122,94	0,15	0,003	260	262
	прав.	302	8	2	302,13	303	45	22	303,76	302,95	0,15	0,003		
24,60	лев.	121	48	25	121,81	123	57	37	123,96	122,88	0,10	0,002	163	164
	прав.	301	48	26	301,81	303	57	56	303,97	302,89	0,10	0,002		
16,60	лев.	121	29	4	121,48	124	11	12	124,19	122,84	0,05	0,001	85	85
	прав.	301	29	16	301,49	304	11	50	304,20	302,84	0,05	0,001		
8,60	лев.	121	9	49	121,16	124	24	42	124,41	122,79	0,00	0,000	0	0
	прав.	301	9	56	301,17	304	24	57	304,42	302,79	0,00	0,000		
0,00	лев.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	прав.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Таблица 2

Журнал угловых измерений со станции 2 и расчет отклонений от вертикальной оси ствола башни

Отметка стыка секций, м	Круг теод.	Угол левый пояс				Угол правый пояс				γ ось, °	Откл., °	Откл., рад	Откл. ст. №2, мм	Абс. откл., мм
		°	'	"	γ1, °	°	'	"	γ2, °					
61,70	лев.	125	21	26	125,36	126	33	27	126,56	125,96	0,06	0,001	96	593
	прав.	305	22	1	305,37	306	33	4	306,55	305,96	0,06	0,001		
48,00	лев.	125	20	55	125,35	126	33	5	126,55	125,95	0,05	0,001	86	453
	прав.	305	21	7	305,35	306	33	21	306,56	305,95	0,05	0,001		
40,00	лев.	125	19	46	125,33	126	32	25	126,54	125,93	0,04	0,001	60	339
	прав.	305	19	47	305,33	306	32	36	306,54	305,94	0,04	0,001		
32,60	лев.	125	3	16	125,05	126	46	48	126,78	125,92	0,02	0,000	33	262
	прав.	305	3	24	305,06	306	46	56	306,78	305,92	0,02	0,000		
24,60	лев.	124	45	8	124,75	127	3	55	127,07	125,91	0,01	0,000	20	164
	прав.	304	45	15	304,75	307	4	9	307,07	305,91	0,01	0,000		
16,60	лев.	124	27	17	124,45	127	20	19	127,34	125,90	0,00	0,000	0	85
	прав.	304	27	10	304,45	307	20	43	307,35	305,90	0,00	0,000		
8,60	лев.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	прав.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
0,00	лев.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0	0
	прав.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

Анализируя журналы угловых измерений, можно установить, что значения отклонений от вертикальной оси ствола башни не соответствуют допустимым значениям, и самое большое значение абсолютного отклонения составляет 593 мм на отметке + 61,7 м.

Далее на основании полученных данных были составлены схемы вертикальности ствола башни относительно станции 1, станции 2 и общее (абсолютное) отклонение. По горизонтальной оси были отложены значения отклонений в мм, а по вертикальной – значения высот в метрах (см. рис. 2–3).

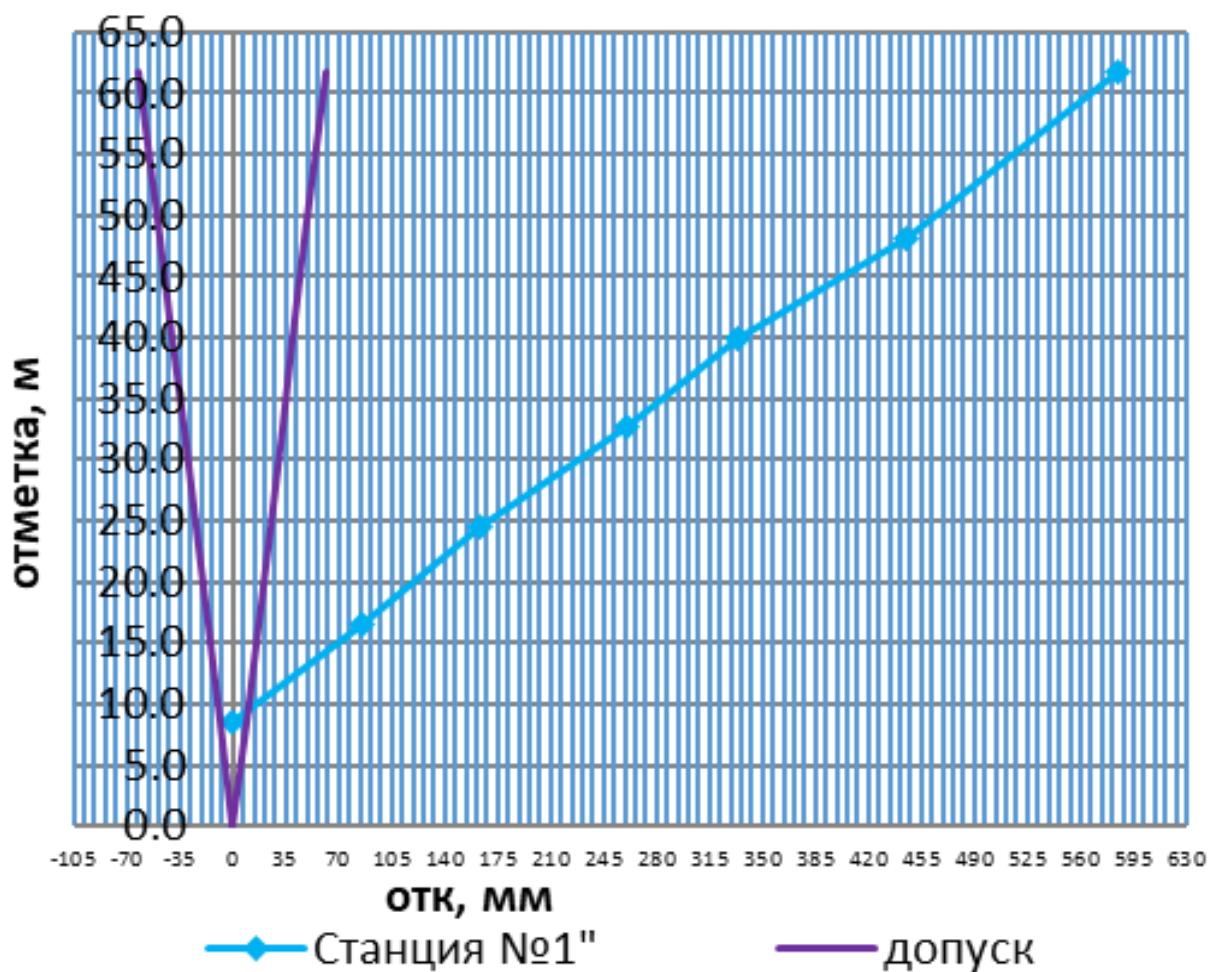


Рис. 2. Схема вертикальности ствола башни относительно станции 1.

Приведенные схемы вертикальности (см. рис. 2-3) дают наглядную картину отклонения ствола башни от допустимых значений.

Результаты, полученные в ходе выполнения геодезических работ, дают возможность оценить безопасность дальнейшей эксплуатации высотного сооружения, служат информационной базой для составления расчетной схемы в вычислительных комплексах на несущую способность, а в дальнейшем могут использоваться при разработке проекта по усилению конструкции.

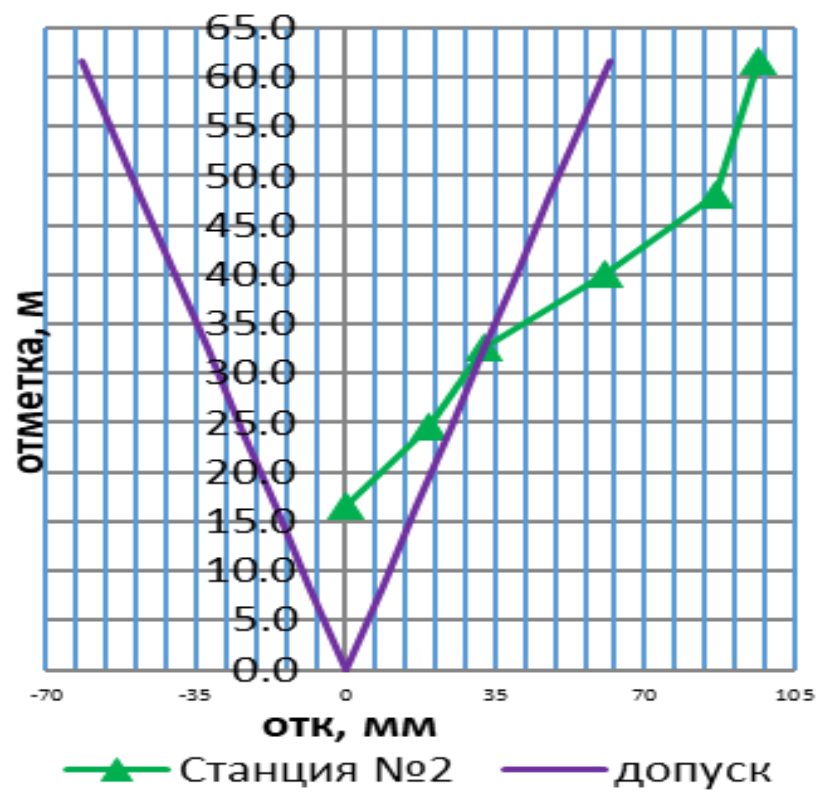


Рис. 3. Схема вертикальности ствола башни относительно станции 2.

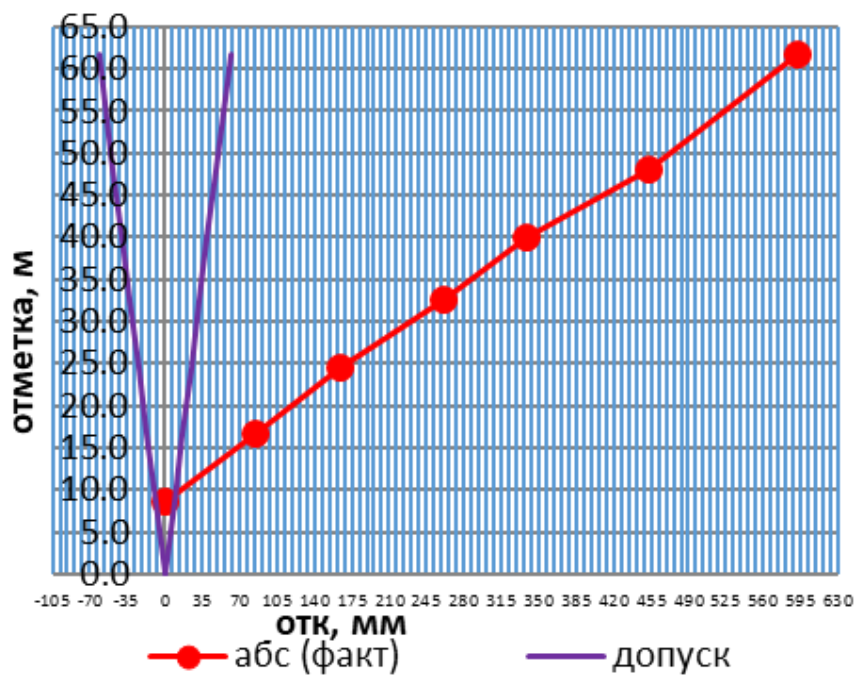


Рис. 4. Схема вертикальности ствола башни.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В России начался второй этап устранения цифрового неравенства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digital.gov.ru/ru/events/40814/> (дата обращения: 18.02.2024).
2. Варфоломеев А. Ф., Коваленко А. К., Коваленко Е. А., Тесленок К. С., Тесленок С. А. Геоинформационные технологии в // Материалы Международ. конф. «ИнтерКарто/ИнтерГИС». – 2015. – Т. 21 (1). – С. 522–528.
3. Варфоломеев А. Ф., Шадрин К. А. Геодезический контроль геометрических параметров антенно-мачтовых сооружений [Электронный ресурс] // Огарев-online. – 2015. – № 24. – Режим доступа: <https://journal.mrsu.ru/arts/geodezicheskij-kontrol-geometricheskix-parametrov-antennno-machtovyx-sooruzhenij> (дата обращения: 18.02.2024).
4. Манухов В. Ф. Совершенствование методов топографических съемок и инженерно-геодезических работ с использованием современных технологий // Вестник Мордов. университета. – 2008. – № 1. – С. 105–108.
5. Марфенко С. В. Геодезические работы по наблюдению за деформациями сооружений: учеб. пособие. – М.: МИИГАиК, 2004. – 36 с.
6. Новиков М. Ю., Канаков И. Д., Тарануха Н. Л. Механизм взаимодействия государства и предпринимательских структур в области строительства антенно-мачтовых сооружений сотовой связи на малонаселенных территориях с целью устранения цифрового неравенства // Экономика и управление: тенденции и перспективы: материалы III Межвузовской ежегодной научно-практической конференции (Санкт-Петербург, 1-2 марта 2022 г.). – СПб.: СПбГАСУ, 2022. – С. 257–265.
7. Тесленок С. А., Романов А. В. Новые технологии в производстве топографо-геодезических работ // Общество. – 2014. – № 2 (2). – С. 78–81.
8. Уставич Г. А. Определение крена сооружений башенного типа GPS-приемниками и тахеометрами // Геодезия и картография. – 2003. – № 9. – С. 15–18.
9. Шеховцов Г. А., Шеховцова Р. П. Современные геодезические методы определения деформаций инженерных сооружений: монография. – Нижний Новгород: Нижегород. гос. архит.-строит. университет, 2014. – 256 с.

ВАСИЛЬКИНА Д. Н., МЕДВИЖЕНКОВА А. А., ПОПОВА Е. А.
АГРОЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗЕМЕЛЬ БАССЕЙНА РЕКИ НУЯ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. Агроэкологическую оценку земель можно проводить с использованием ГИС-технологий, которые дают большие возможности для геоинформационного анализа. В связи с этим целью данной статьи является проведение агроэкологической оценки земель на примере бассейна р. Нуя с применением геоинформационных технологий.

Ключевые слова: агроландшафт, агроэкологическая оценка, ГИС-технологии, сельскохозяйственные угодья, уклон, цифровая модель рельефа, экспозиция, эрозия.

VASILKINA D. N., MEDVIZHENKOVA A. A., POPOVA E. A.
AGROECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE LANDS
OF THE NUYA RIVER BASIN USING GIS TECHNOLOGIES

Abstract. Agroecological assessment of lands can be carried out using GIS technologies, which have great potential for geoinformation analysis. The purpose of the study is to conduct an agroecological assessment of lands on the example of the Nuya River basin using GIS technologies.

Keywords: agricultural landscape, agroecological assessment GIS technologies, agricultural lands, slope, digital relief model, exposure, erosion.

Река Нуя – правый приток р. Алатырь. Ее длина составляет 74 км. Относится к классу малых рек [5; 10; 11]. Площадь ее водосборного бассейна (см. рис. 1) составляет 1 039 км². Исток реки расположен на Приволжской возвышенности в Чамзинском районе Республики Мордовия, в 6 км к востоку от районного центра посёлка Чамзинка. Верхнее течение реки проходит в Чамзинском районе, среднее – в Атяшевском, нижнее – в Ичалковском районе Мордовии. Генеральное направление течения – на северо-запад. На реке находится посёлок городского типа Комсомольский, сёла Киржеманы, Апраксино, Знаменское (Чамзинский район); Ахматово, Киржеманы, Низовка (Атяшевский район); Инелей и Селищи (Ичалковский район).

Впадает Нуя в р. Алатырь в районе с. Тарханово. Ширина реки у ее устья — 10-15 м. Речным суббассейном реки является река Сура. Основным речным бассейном является река Волга. Река Нуя имеет 23 притока 1 порядка, 14 из которых являются левыми, а остальные – правыми притоками. К правым притокам р. Нуя относятся: Перпелейка, Вечерлейка, Вежня, Инелей и другие водотоки; к левым: Бутырлейка, Инелей, Нушлейка, Мочалище и другие. Практически все они относятся к категории самых малых рек.

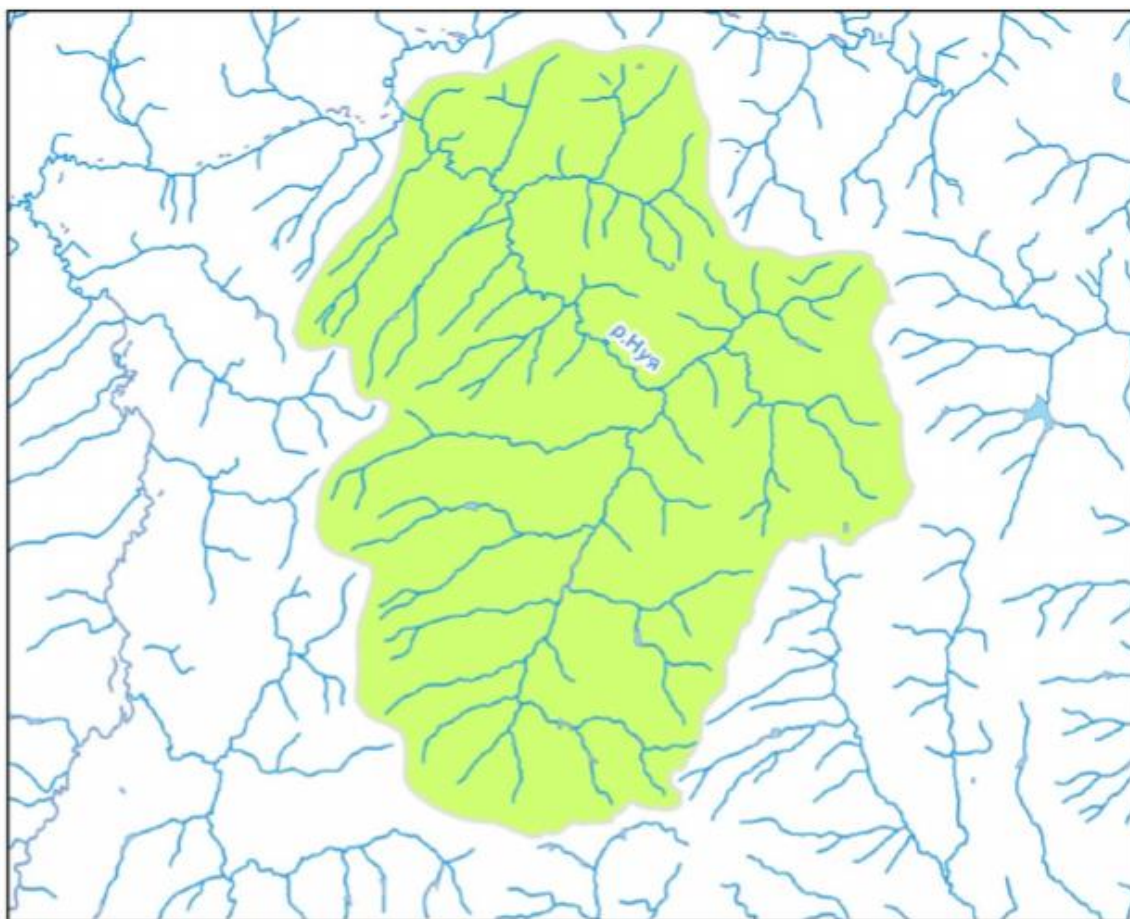


Рис. 1. Водосбор р. Нуя (изображен зеленым цветом).

Агроэкологическая оценка [1; 2] земель бассейна р. Нуя была проведена с использованием ГИС-технологий, на базе созданного геоинформационного проекта [9] с использованием возможностей полнофункциональной ГИС ArcGIS версии 10.0. В данной работе использованы методы геоинформационного моделирования [9–12]. Объект исследования – территория бассейна р. Нуя.

В работе мы проводили агроэкологическую оценку земель территории на основании ранее созданной цифровой модели рельефа [1; 12] на территорию Республики Мордовия [10; 11], а также на основании схемы агроэкологической оценки земель (рис. 2) и с учетом имеющегося опыта [1–4; 6–8; 10].

По результатам оценки выявлено, что в пределах водосборного бассейна по левому берегу р. Нуя преобладают склоны восточной составляющей, по правому – западной (см. рис. 3). При визуальном сравнении модели направлений стока (см. рис. 4) с топографической картой (см. рис. 5) по левому и правому берегам р. Инелей (левый приток р. Нуя) преобладают склоны южной и юго-восточной составляющей. По топографической карте видно, что на этом участке развиты эрозионные процессы (см. рис. 5).



Рис. 2. Схема проведения агроэкологической оценки земель.

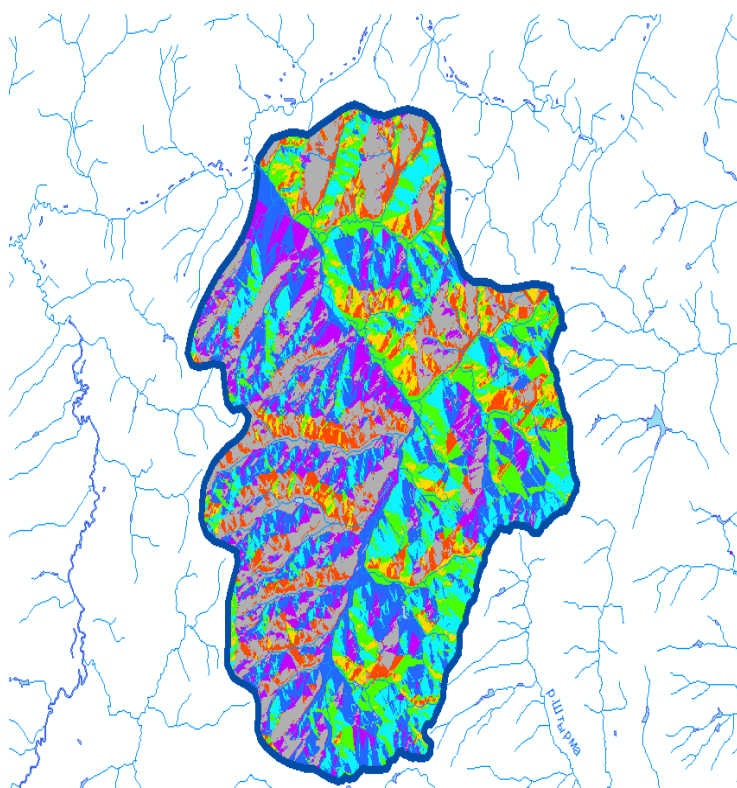


Рис. 3. Модель направлений поверхностного стока водосборного бассейна реки Нуя.

Средний уклон поверхности водосборного бассейна р. Нуя составляет не более 3° , и это – слабонаклонные равнины (см. рис. 6-8).

Значение индекса эрозии для данного водосборного бассейна оценивается как высокое (см. рис. 9). Значение индекса увлажненности для данного бассейна оценивается как низкое (см. рис. 10).

Что касается почв, представленных в данном водосборном бассейне, то это черноземы выщелоченные и серые лесные.

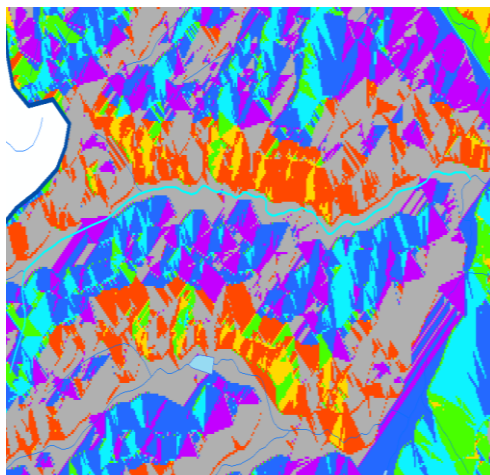


Рис. 4. Фрагмент модели направлений поверхностного стока водосборного бассейна р. Нуя
(р. Инелей – левый приток р. Нуя).

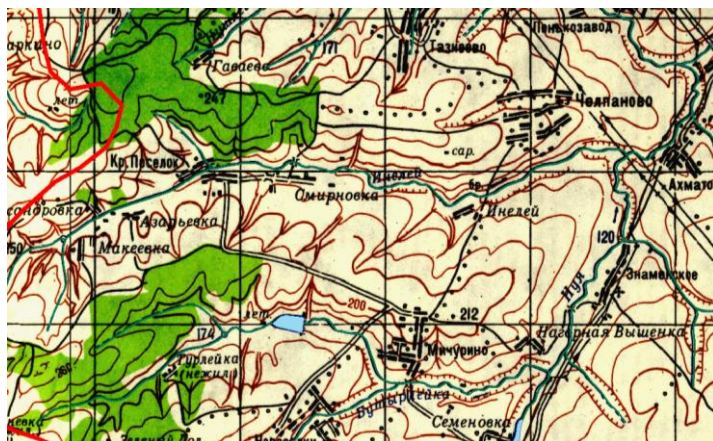


Рис. 5. Фрагмент топографической карты на водосборный бассейн р. Нуя.

Согласно методике М. И. Лопырева [7], устойчивость агроландшафтов достигается при условии, что преобразованными ландшафтами (пашнями, землями населенных пунктов, промышленности и иного специального назначения) занято 30%, а естественными (лесами, лугами, многолетними травами, землями под водой) – 70%.

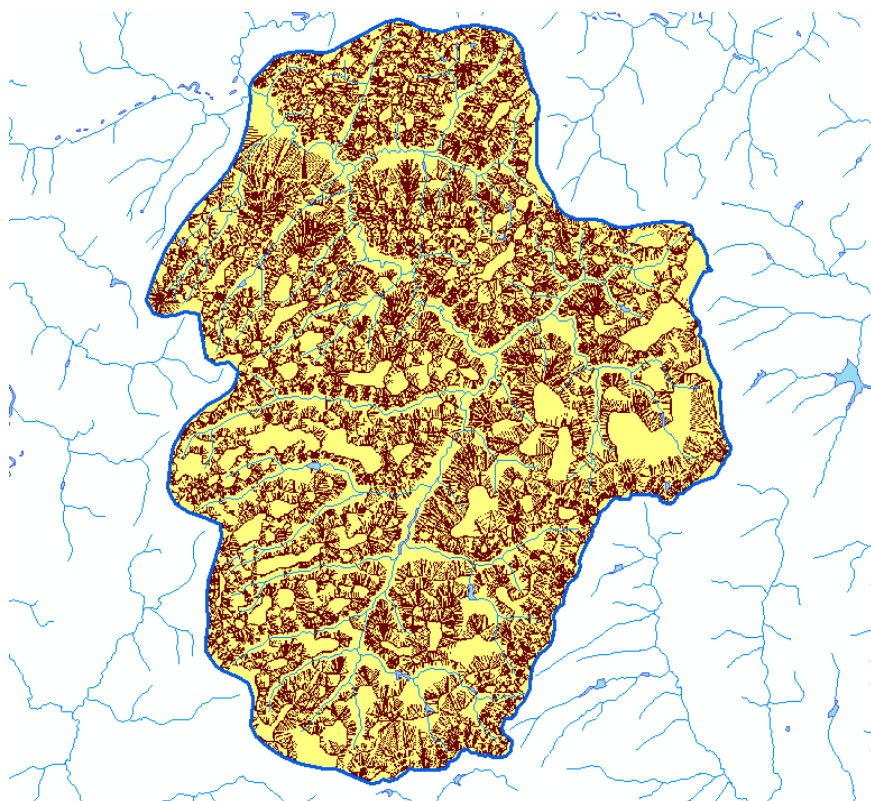


Рис. 6. Чередование участков разной кривизны в пределах водосборного бассейна р. Нуя.

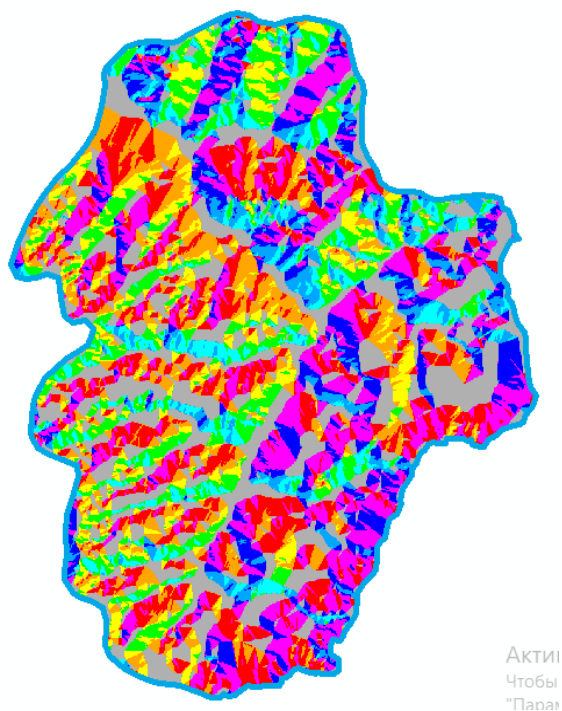


Рис. 7. Экспозиция склонов в пределах водосборного бассейна реки Нуя.

Наиболее благоприятное соотношение угодий в агроландшафте наблюдается тогда, когда оно приближается к природному, естественному ландшафту, и в этом случае агроландшафт можно считать устойчивыми. Сравнение полученных результатов представлено в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Распределение земельного фонда по категориям земель

Категории и виды земель	Показатели, полученные при дешифрировании данных ДДЗ, в %	
	в среднем по Мордовии на 01.01.2016 г.	бассейн р. Нуя
Земли сельскохозяйственного назначения, включая населенные пункты	69,4	72,6
Промышленность, транспорт	1,8	1,9
Лесной фонд	25,2	24,9
Земли государственного запаса, заповедников, национальных парков, регулируемых рекреационных зон, водных объектов	3,6	0,6

Таблица 2

Сравнение устойчивости ландшафтов

Угодья	Показатели, полученные при дешифрировании данных ДДЗ, в %	
	устойчивые, применительно к территории Мордовии	бассейн р. Нуя
Пашня, земли населенных пунктов, промышленности и иного специального назначения	30,0	74,5
Леса, луга, многолетние травы, земли под водой	70,0	25,5



Рис. 8. Схема уклонов местности в пределах водосборного бассейна р. Нуя.

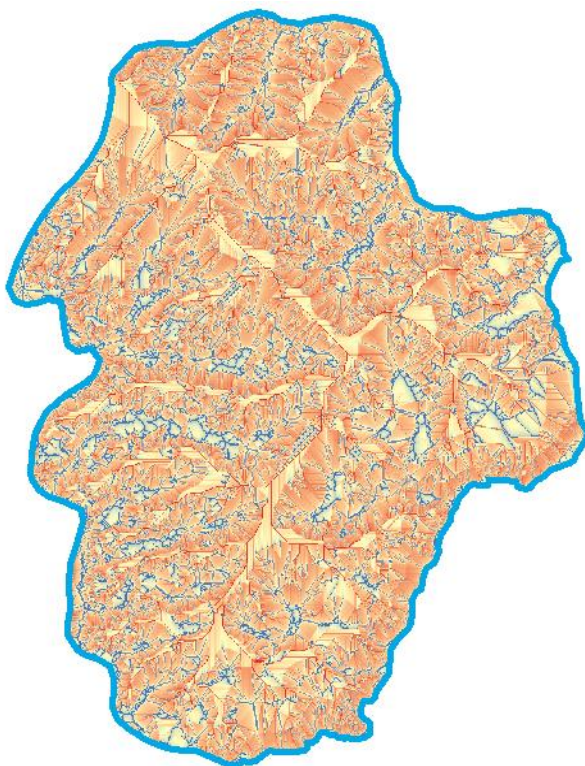


Рис. 9. Схема индекса предрасположенности к развитию линейной эрозии в пределах водосборного бассейна р. Нуя.

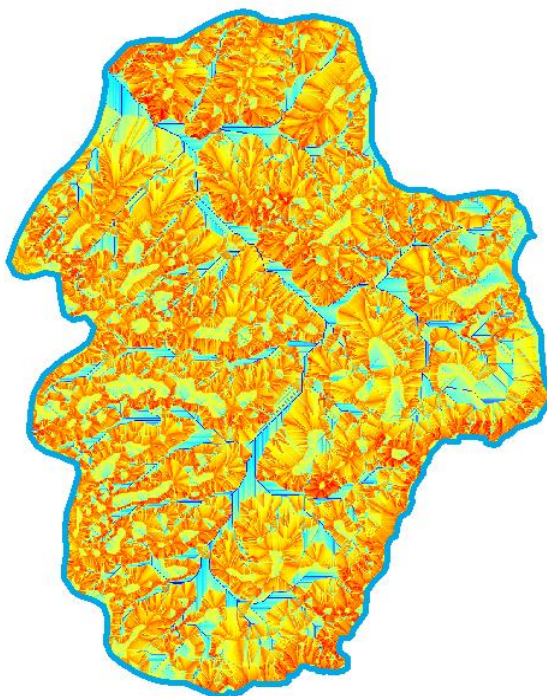


Рис. 10. Схема топографического индекса влажности.

Современное состояние агроландшафтов по исследуемым водосборным бассейнам в целом оценивается как неустойчивое [7], поскольку преобразованные экосистемы занимают

в среднем более 50% угодий (см. рис. 11). Приведенный космический снимок территории водосборного бассейна реки Нуя подтверждает соотношение угодий в агроландшафте (см. рис. 11).



Рис. 11. Космический снимок в пределах водосборного бассейна реки Нуя.

Таким образом, при экологическом планировании устойчивости агроландшафтов в данном водосборном бассейне необходимо приведение соотношения видов земель в соответствие с данными таблицы 2. Такими мероприятиями являются залужение 100% площади ложбин и водотоков на пашне, а также увеличение доли лесной растительности в водоохранных зонах. Пахотные земли, которые расположены на склонах крутизной более 5° , являющиеся малопродуктивными и в основном деградированными, необходимо залужить и перевести в кормовые угодья. Именно данное соотношение угодий, способствует созданию экологически сбалансированного и устойчивого каркаса агроландшафта.

Использование ГИС-технологий дает возможность формировать информационную основу агроэкологической оценки. Проведенная агроэкологическая оценка земель в пределах территории бассейна р. Нуя показывает, что территория имеет плакорный и склоновый типы местности, которые изрезаны линейными эрозионными формами. Преобладают уклоны от 0 до 3° (88%), на склоны крутизной $3-5^\circ$ приходится 10% исследуемой территории. Прямолинейное расположение участков полевого севооборота вдоль склона нецелесообразно, так как это может привести к усилению процессов водной эрозии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аграрный ресурсный потенциал Украинской ССР / Отв. ред. П. Ф. Веденичев. – Киев: Наук. думка, 1988. – 311 с.
2. Агроприродное и сельскохозяйственное районирование Нечерноземной зоны РСФСР / Под. ред. Н. А. Гвоздецкого, К. В. Зворыкина. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 269 с.
3. Бобылев С. Н. Эффективность использования природно-сырьевых ресурсов агропромышленного комплекса. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 232 с.
4. Варламов А. А. Организация территории сельскохозяйственных земледелий и землепользований на эколого-ландшафтной основе. – М.: ГУЗ, 1993. – 114 с.
5. Варфоломеев А. Ф., Коваленко А. К., Яськин С. А. Создание базы данных для территории Республики Мордовия. Электронное издание. – Вып. 1/2. – 2007. – 8 с.
6. Варфоломеев А.Ф., Варфоломеева Н. А., Манухов В.Ф. Определение структуры землепользования по данным космической съемки на примере территории Zubovo-Полянского района Республики Мордовия // Межвузовский сборник науч. трудов. – Вып. VII. Естественно-научные исследования: теория, методы, практика. – Саранск. 2009. – С. 19–22.
7. Жученко А. А. Адаптивная стратегия в интенсивном растениеводстве // Природа. – 1982. – № 12. – С. 100–104.
8. Кирюшин В. И. Методика разработки адаптивно-ландшафтных систем земледелия и технологий сельскохозяйственных культур. – М.: ТЕХА, 1995. – 81 с.
9. Тесленок К. С. Создание геоинформационного проекта и его использование в целях развития хозяйственных систем // Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции (Воронеж, 10-12 декабря 2015 г.). – Воронеж: Научная книга, 2015. – С. 134–138.
10. Тесленок К. С., Муштайкин А. П., Тесленок С. А. Изучение особенностей сельскохозяйственных угодий с использованием цифровых моделей рельефа // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. М.: Издательство Московского университета, 2020. – Т. 26. – Ч. 3. – С. 221–228.
11. Тесленок С. А., Манухов В. Ф., Тесленок К. С. Цифровое моделирование рельефа Республики Мордовия // Геодезия и картография. – 2019. – № 7. – С. 30–38.
12. Хромых В. В., Хромых О. В. Цифровые модели рельефа: Учеб. пособие. – Томск: Издательство «ТМЛ-Пресс», 2007. – 178 с.

ВАРФОЛОМЕЕВ А. Ф., ВИНЯЕВ Д. А., КИСЛЯКОВА Н. А.
ДЕШИФРИРОВАНИЕ ОБЪЕКТОВ ГОРОДСКИХ ТЕРРИТОРИЙ
ПО СНИМКАМ ВЫСОКОГО И СРЕДНЕГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО
РАЗРЕШЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ Г. О. САРАНСК

Аннотация. В данной статье рассматриваются методы автоматизированного дешифрирования космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения для застроенной территории. Выявлены особенности выбора эталонных участков. На примере анализа результатов дешифрирования отображена структура тестового участка застройки.

Ключевые слова: дешифрирование, дешифрование населенных пунктов, космические снимки, пространственное разрешение, контролируемая классификация, Google Earth.

VARFOLOMEEV A. F., VINYAEV D. A., KISLYAKOVA N. A.
INTERPRETING URBAN OBJECTS FROM HIGH AND MEDIUM RESOLUTION
IMAGES: A STUDY OF SARANSK CITY DISTRICT

Abstract. The article considers methods for automated interpretation of medium and high resolution satellite images of built-up areas. The features of reference areas selection are revealed. The structure of a test development site is shown through the analysis of image interpretation.

Keywords: image interpretation, image interpretation settlements, satellite images, spatial resolution, supervised classification, Google Earth.

В современном быстро развивающемся мире данные дистанционного зондирования (ДДЗ) стали неотъемлемой частью создания и обновления разного рода геоинформационно-картографической продукции, которая, в свою очередь, используется практически повсеместно: для создания топографических планов и обновления карт, для мониторинга и принятия решений в чрезвычайных ситуациях, для территориального планирования и в градостроительстве, для создания проектов межевания территорий, для контроля строительных объектов и процессов, для расчета навигационных маршрутов, в рекреации и исследовании территориальных изменений в использовании земель, в образовании и т. п. [2; 8–11; 14–16].

Формирование крупных городов и миграция населения из сельской местности в города – это тенденция современного мира. Расширение городских территорий является серьезной проблемой, которая требует адекватного решения. Все это сильно меняет облик

городской территории. Таким образом, карты быстро устаревают и нуждаются в более частых обновлениях. Среди различных методов мониторинга строительства объектов важен такой вид наблюдения и контроля, как космический мониторинг. Этот метод позволяет вести всестороннее наблюдение за продвижением работ, осуществлять своевременное реагирование на возможные задержки и мониторинг соблюдения экологических требований на основе анализа ДДЗ.

Объектом исследования в данной работе является территория г. о. Саранск.

Предметом исследования является алгоритм контролируемой классификации для дешифрирования многозональных космических снимков и выявления по ним структуры застроенных территорий.

Целью работы является изучение возможности автоматизации процесса распознавания объектов городских территорий.

Дешифрирование снимков застроенных территорий – процесс обнаружения, распознавания и изображения в специальных условных знаках видимых объектов города (построек, земельных угодий, водных объектов, зеленых насаждений) [9].

При дешифрировании снимков сверхвысокого разрешения, для которых характерна подробная детализация изображения, можно эффективно применять метод визуального дешифрирования по эталонам. В качестве эталонов в таких случаях выступают тестовые фрагменты снимков [3; 16; 17].

Строения и сооружения в большинстве случаев определяются по геометрически правильной форме. Здания показываются разными оттенками – от серого до практически белоснежного тона. Цвет крыши строения нередко может указывать на назначение самого здания. Например, крыши синего цвета чаще всего встречаются у промышленных объектов, а небольшие здания с красной крышей вполне могут быть объектами торговли. Кварталы образуют ячеистую правильную структуру. Форма жилых домов, как правило, геометрически правильная. Гаражную застройку можно распознать по размеру строений и их кучности расположения (см. рис. 1).

Главными дешифровочными признаками инженерных и спортивных сооружений являются форма и структура объекта.

Обнаружение начинается с анализа всего снимка, затем изображение разделяется на все более мелкие компоненты, а затем выделяются элементарные единицы (объекты и их элементы) [8; 16; 17].

Дешифрирование снимков выполняется по прямым и косвенным дешифровочным признакам и, как правило, с привлечением дополнительных картографических материалов.

Для решения задач изучения застроенных территорий и выявления городских объектов были использованы космические снимки проекта Google Earth [19].



Рис. 1. Вид зданий на космическом снимке.

Google Earth – проект компании Google, в рамках которого в сети Интернет представлены спутниковые изображения всей земной поверхности. Основными поставщиками фотографий земной поверхности из космоса являются две американские компании: низкого разрешения – Terra Metrics, высокого – Digital Globe [14; 16].

В настоящей работе поставлена задача рассмотреть возможности снимков среднего и высокого пространственного разрешения для выявления застроенной территории и особенностей её структуры. Google Earth полностью подходит под заданные параметры, так как получить соответствующие изображения можно изменив высоту камеры наблюдения.

Изображения для территории г. о. Саранска позволяют определять не только контуры города и структуру застройки, но и с большой вероятностью распознавать отдельные объекты, такие как жилые дома, административные здания, спортивные объекты, промышленные объекты (см. рис. 2).

Изображения территории г. о. Саранска в проекте Google Earth датированы 22 августа 2019 г. Таким образом, они являются источником вполне актуальной информации и могут отобразить современную структуру застройки города.

Дешифрирование застроенной территории было решено проводить в два этапа. На первом этапе была выявлена общая застроенная территория по снимкам среднего пространственного разрешения. На втором этапе был выбран тестовый участок для подробного дешифрирования типов застройки.

Для достижения поставленной цели космические изображения необходимо

разместить в распространенной в нашей стране прямоугольной системе координат 1942 г. (СК-42).



Рис. 2. Центральная часть г.о. Саранск на космическом снимке, размещенном в Google Earth [19].

Это необходимо также для того, чтобы была возможность представить результат исследования в виде карты структуры застроенной территории. Для этого необходимо было перейти от системы координат WGS-84, в которой размещены космические снимки в Google Earth к СК-42.

Пересчет координат осуществлялся при помощи координатного калькулятора (Coordinate Calculator), встроенного в программу ERDAS IMAGINE [18]. Далее была проведена координатная привязка снимков с последующим объединением их в мозаику изображений (см. рис. 3).

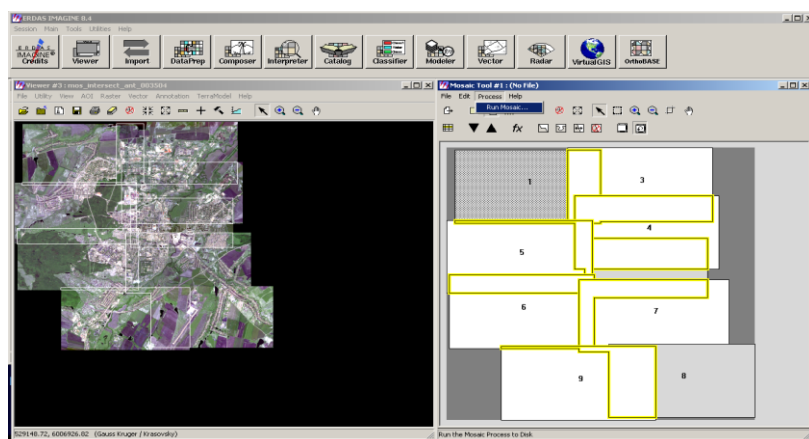


Рис. 3. Процесс создания мозаики изображений на территорию г. Саранска в ERDAS IMAGINE 8.4. [18].

Таким образом, была создана мозаика изображений на территорию г. о. Саранска, состоящая из 9 снимков среднего пространственного разрешения – 11 м на пиксель, а также

мозаика изображений из четырех снимков на тестовый участок. Пространственное разрешение полученного изображения составило 0,57 м на пиксель.

Программное обеспечение ERDAS IMAGINE 8.4 [18] содержит множество функций, позволяющих проводить аналитическую обработку космических данных. В их число входит и такой способ обработки снимков, как автоматизированная классификация. Она, в свою очередь, представлена несколькими методами:

- автономная (неконтролируемая) классификация;
- классификация с обучением (контролируемая);
- гибридная классификация.

На мозаике снимков нашли свое отражение множество объектов. Соответственно, были составлены эталоны для следующих групп объектов: древесные насаждения (парки); травянистая луговая растительность; водные поверхности; искусственные поверхности (застройка); искусственные поверхности (асфальтированные покрытия); поля распаханые; поля свежееубранные; поля со зрелыми культурами.

Для выявления объектов по значениям спектральной яркости при проведении гибридной классификации использовался способ максимального правдоподобия. Этот способ предполагает нормальное распределение значений яркости в пределах каждого класса объектов во всех спектральных зонах съемки изображения.

Поскольку цель исследования заключалась в распознавании именно застроенной территории, было решено отобразить городскую застройку отдельным цветом на изображении, полученном в результате проведения гибридной классификации (рис. 4).

На рисунке 4 можно увидеть, что основная структура городской застройки проявилась достаточно четко. Также можно заметить, что асфальтированные дороги отображены вместе с застроенными территориями. Связано это с тем, что строения и асфальтовое покрытие очень близки по своим яркостным характеристикам и имеют высокий уровень отражательной способности. Несмотря на попытку разбить эти объекты на разные классы, автоматический алгоритм не смог отделить их друг от друга.

На следующем этапе изучения возможностей космических снимков для выявления структуры застроенных территорий были использованы снимки высокого пространственного разрешения. Для этого был определен тестовый участок, расположенный в Пролетарском районе г. о. Саранска. Этот участок был выбран потому, что здесь, прежде всего, расположены различные типы застройки, а также строения отличаются еще и своей этажностью.

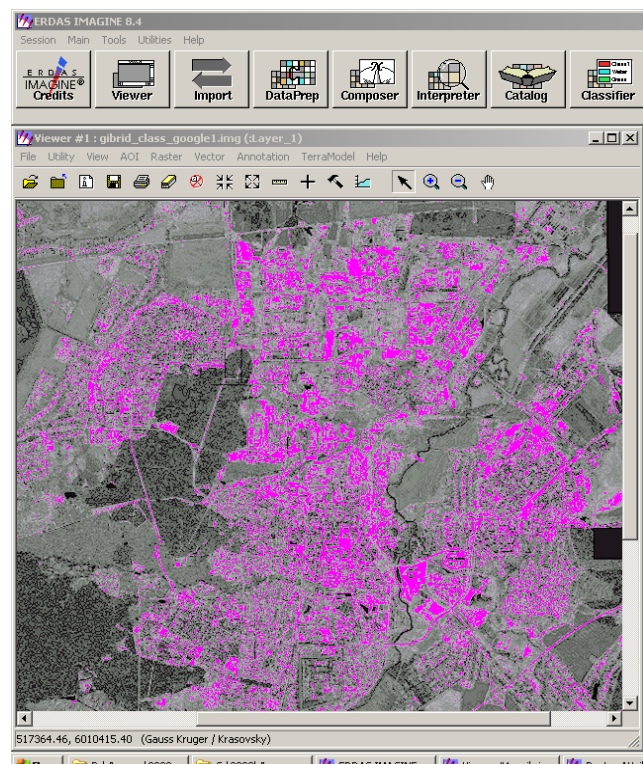


Рис. 4. Отображение застроенной территории по итогам гибридной классификации.

Далее была проведена гибридная классификация. Результат классификации представлен на рисунке 5. На этот раз асфальтовые покрытия удалось выделить в отдельный класс. Частично разграничилась и растительность. Классификация зафиксировала различными пикселями деревья и газоны.

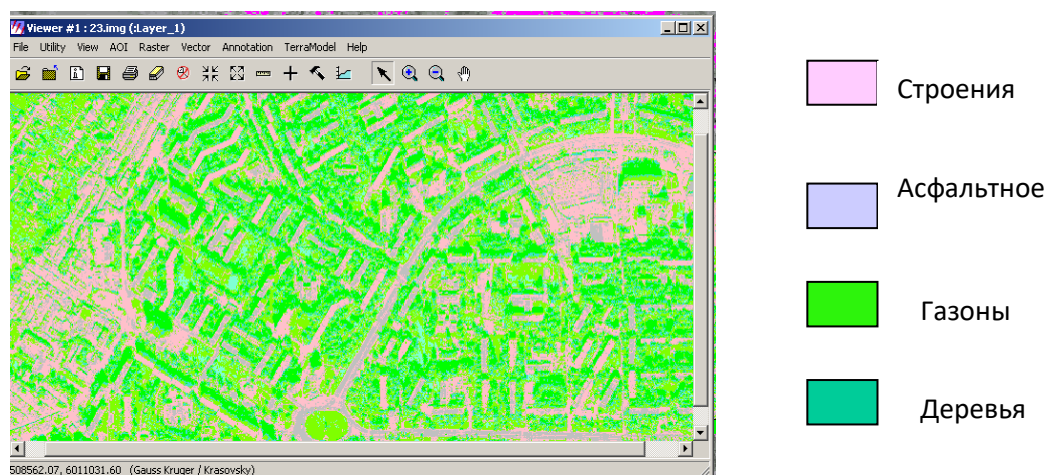


Рис. 5. Результат гибридной классификации мозаики изображения тестового участка.

Несмотря на заранее подготовленные эталоны, некоторые пиксели участков застройки все же были отнесены алгоритмом гибридной классификации в класс асфальтированных покрытий.

Кроме того, в представляемой работе была проведена автоматическая гибридная классификация двух мозаик изображения. Они были склеены из снимков разного пространственного разрешения. Мозаика на территорию г. Саранск была создана из снимков среднего пространственного разрешения, а мозаика на тестовый участок – из снимков высокого разрешения.

Исследование показало, что автоматический процесс дешифрирования позволяет распознать объекты населенного пункта разного характера. Прежде всего, это такие, как застроенная территория, другие искусственные поверхности, разные виды озеленения, водные поверхности.

На результат дешифрирования существенное влияние оказывает качество исходного изображения. Так на снимках среднего пространственного разрешения при помощи гибридной классификации хорошо проявляются природные объекты, такие как реки и растительность. А вот искусственные поверхности по результатам классификации попадают в один класс объектов. Даже попытки заранее разделить эти объекты путем создания для каждого из них отдельного эталона не увенчались успехом.

Гибридная классификация изображений высокого разрешения показала в этом плане лучший результат. Так, прежде всего, в отдельный класс удалось выделить дороги.

Следующим этапом в работе стало создание карты структуры застроенной территории на примере тестового участка.

Созданные мозаики снимков и результаты классификаций для удобства дальнейшей работы были объединены в единую геоинформационную среду в ГИС ArcView 3.1.

Для составления легенды создаваемой карты структуры застройки использовалась классификация типов застройки В. В. Беленко [2].

Классификация выполнена с учетом требований Градостроительного кодекса России [6] и Свода правил «Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» [13].

В представленной работе для отображения объектов тестового участка частично были выбраны подтипы застройки. В легенду создаваемой карты не вошли почти все объекты нежилого типа, кроме застройки объектами коммунального и складского назначения. Кроме зданий и сооружений в легенду карты вошли такие объекты, как скверы, древесная растительность, дороги (см. рис. 6).

Все представленные на карте дополнительные сведения были получены с публичной кадастровой карты и описаний объектов по их адресам [12].

По результатам выполненной работы можно сделать вывод о том, что

автоматизированное дешифрирование застроенных территорий все еще сталкивается с определенными трудностями, в частности, – главным из них – недостаточным качеством снимков, находящихся в открытом доступе.



Рис. 6. Карта структуры застройки тестового участка в Пролетарском районе г. о. Саранск.

Тем не менее, они с успехом могут быть применены для дешифрирования разных типов застройки, результаты которого, в свою очередь, могут быть использованы для мониторинга объектов и процесса строительства и расширения застраиваемых территорий.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антошук С. Г., Сербина Н. А. Система распознавания текстурных изображений при экологическом мониторинге // Искусственный интеллект. – 2012. – № 4. – С. 406–412.
2. Беленко В. В. Экспериментальные исследования типов и динамики застройки по космическим снимкам для картографирования застраиваемых территорий // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2018. – Т. 62. – № 1. – С. 52–62.
3. Бирюков В. С., Даргель А. В., Новоселов Д. И. О методах автоматизации топографического дешифрирования // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 1. – С. 134–140.

4. Волков А. В. Методика автоматизированного дешифрирования изображений топографических объектов // Геодезия и картография. – 2012. – № 10. – С. 53–56.
5. Генеральный план городского округа Саранск [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.adm-saransk.ru/plan-razvitia/genpl.php> (дата обращения: 18.02.2024).
6. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 №190-ФЗ (ред. от 25.12.2023) [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (дата обращения: 18.02.2024).
7. Земельный кодекс Российской Федерации: Федеральный закон от 25 октября 2001 г. №136-ФЗ [Электронный ресурс] // Консультант Плюс. – Режим доступа: <http://consultant.ru> (дата обращения: 18.02.2024).
8. Кислякова Н. А., Колесникова А. А. Разработка каталога космических изображений природных и антропогенных объектов и их дешифровочных признаков на примере территории Республики Мордовия [Электронный ресурс] // Огарев-online. – 2022. – № 4. – Режим доступа: <https://journal.mrsu.ru/arts/razrabotka-kataloga-kosmicheskix-izobrazhenij-prirodnix-i-antropogennyx-obektov-i-ix-deshifrovocnyx-priznakov-na-primere-territorii-respubliki-mordoviya> (дата обращения: 18.02.2024).
9. Книжников Ю. Ф., Кравцова В. И., Тутубалина О. В. Аэрокосмические методы географических исследований. – М.: Академия, 2014. – 336 с.
10. Манухов В. Ф., Кислякова Н. А., Варфоломеев А. Ф. Информационные технологии в аэрокосмической подготовке выпускников-картографов // Педагогическая информатика. – 2013. – № 2. – С. 27–33.
11. Марчуков В. С., Чеман Д. А. Оценка измерений застроенных территорий и растительного покрова Ирака по многозональным космическим снимкам // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2012. – № 5. – С. 41–44.
12. Публичная кадастровая карта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pkk.rosreestr.ru/> (дата обращения: 18.02.2024).
13. СП 42.13330.2016 «СНиП 2.07.01-89* Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений» (Приказ Минстроя России от 30 декабря 2016 г. №1034/пр) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/14465/> (дата обращения: 18.02.2024).

14. Чинаев С. С., Тесленок К. С. Использование результатов топографической съемки для создания проектов межевания территории // «Молодежь и наука–2019». Материалы VI международной студенческой научно-практической конференции «Молодежь и наука–2019», посвященной «Jastar july». – Т. 5. – Петропавловск, 2019. – С. 223–228.
15. Чинаев С. С., Тесленок К. С., Тесленок С. А. Создание топографического плана рекреационного комплекса // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Сер. Науки о Земле. – 2020. – № 2 (18) – С. 5–15.
16. Чинаев С. С., Тесленок С. А. Использование карт и данных дистанционного зондирования при изучении территориальных изменений в использовании земель [Электронный ресурс] // Структура, динамика и функционирование природно-социально-производственных систем: наука и практика: межвуз. сб. науч. тр. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2018. – С. 111–119. – Режим доступа: http://openedo.mrsu.ru/catalog/Estestvennie/2018/struktura_dinamika_i_funkcionirovanie_prirodno-socialno-proizvodstvennyh_sistem.pdf (дата обращения: 18.02.2021).
17. Шовенгердт Р. А. Дистанционное зондирование. Методы и модели обработки изображений. – М.: Техносфера. 2010. – 560 с.
18. Erdas Imagine: руководство пользователя / пер. с англ. – М.: Дата +, 2006. – 360 с.
19. Google Earth: виртуальный глобус [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.google.ru/intl/ru/earth/> (дата обращения: 18.02.2024).

БАЛАЕВ А. В., БОГДАШКИНА О. Ф., КАЛАШНИКОВА Л. Г., КОВАЛЕНКО А. К.

АНАЛИЗ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

ТЕРРИТОРИИ Г. САРАНСКА С ПОМОЩЬЮ КОСМОСНИМКОВ

Аннотация. Описана методика и приведен пример использования космических снимков для выявления некоторых параметров поверхности Земли без использования полевых измерений. С использованием ГИС QGIS проведен анализ результатов исследования температуры земной поверхности на территории г. Саранска.

Ключевые слова: температура земной поверхности, космические снимки, снимки Landsat, геоинформационная система, ГИС, QGIS, г. Саранск.

BALAEV A. V., BOGDASHKINA O. F., KALASHNIKOVA L. G., KOVALENKO A. K.

ANALYSIS OF THE LAND SURFACE TEMPERATURE

OF THE CITY OF SARANSK USING SATELLITE IMAGES

Abstract. The technique is described and an example of using satellite images to identify some parameters of the land surface without using field measurements is given. Using the QGIS GIS, the analysis of the land surface temperature on the territory of Saransk city was carried out.

Keywords: temperature of land surface, satellite images, Landsat images, geoinformation system, GIS, QGIS, Saransk city.

В исследованиях и мониторинге окружающей природной среды, обеспечении экологической безопасности, при создании различных оперативных карт широко используются новые технологии и результаты дистанционного зондирования Земли [3; 6–8]. Множество соответствующих возможностей предоставляется посетителям специализированных сайтов и сервисов – источников дистанционного зондирования Земли в разных странах, включая выбор из фонда различных космических снимков с разным пространственным разрешением снимков, разным набором файлов, разными возможностями их дальнейшего использования.

Так, на сайте геологической службы США [10] можно скачать космоснимки, среди которых есть отдельная группа снимков Ландсат (Landsat), содержащие и информацию о температуре приземного слоя (см. рис. 1). Такие снимки помечены префиксом ST («Surface temperature»).

Температура воздуха играет важную роль в географических исследованиях и практической деятельности. Она влияет на климат, распределение растительности, животных, а также на жизнедеятельность человека. Точные данные о температуре помогают ученым прогнозировать погоду, выявлять изменения в климате и принимать необходимые

меры для защиты окружающей среды и обеспечения комфортных условий для жизни [5; 8].

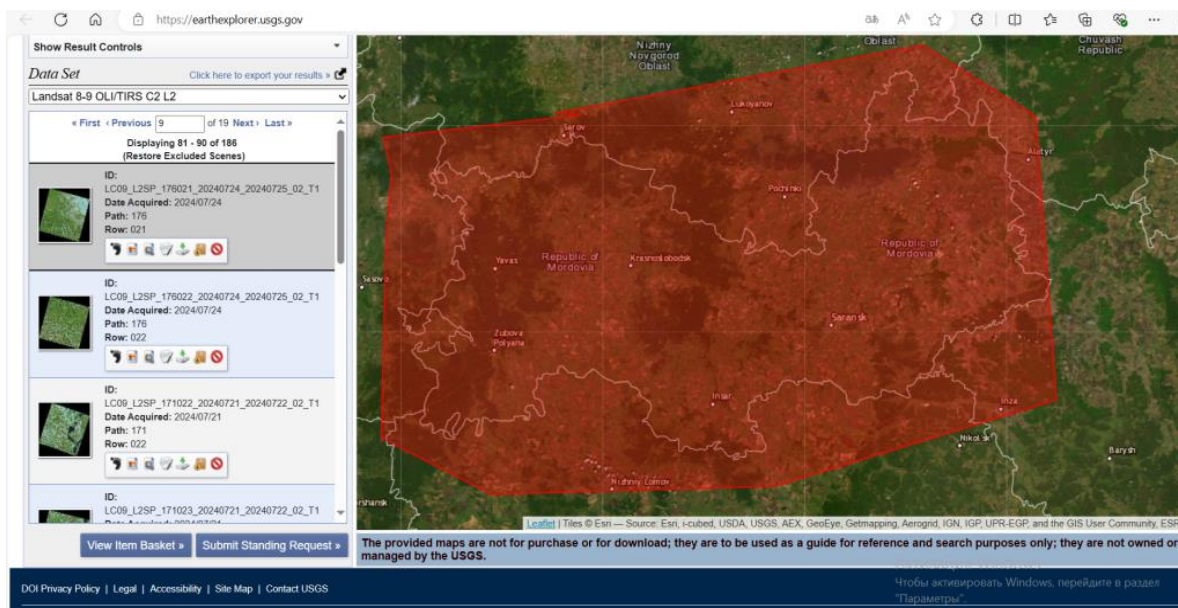


Рис. 1. Интерфейс сайта геологической службы США [10].

В соответствии с нашими задачами, на сайте геологической службы США [10] выбираем и скачиваем космоснимки Ландсат с префиксом ST, содержащие и информацию о температуре приземного слоя (см. рис. 2). Чтобы исследовать температуру земной поверхности, нам необходим файл с ST_B10. Но применить его напрямую нельзя, так как нам не подходят используемые единицы измерения температуры – в данном файле температура земной поверхности измеряется в кельвинах. Поэтому стоит задача преобразовать исходные данные в градусы Цельсия. Сделать это можно разными способами. Используем формулу, которая приводится в методике по определению температуры поверхности по космоснимкам [4].

В данной инструкции приведено теоретическое обоснование формулы для вычисления температуры земной поверхности по космоснимкам Ландсат:

$$\text{LST_rescaled} = \text{B_10_ST} * 0.00341802 + 149 - 273.15 \quad (1)$$

где: LST_rescaled – слой, представляющий температуру земной поверхности в градусах Цельсия.

B_10_ST – исходный слой представляющий космоснимок Ландсат.

0.00341802 – Multiplicative scale factor (MSF, мультипликативный масштабный фактор).

149 – Additive Offset (AO, аддитивное смещение) – специальное число, которое нужно добавить, чтобы получить температуру приземного слоя.

273.15 – коэффициент перехода от Кельвина к Цельсию.

Related Files - Level-2 Surface Temperature Bands



Select files from this File Group. Use "Add All Selected to Bulk" to add to a Bulk Order in your Item Basket. Use "Download All Selected Scenes Now" to download all selected files now. Go to [data set customization](#) and save your selection to make it permanent.

☐ ANG.txt

☐ MTL.txt

☐ MTL.xml

☐ QA_PIXEL.TIF

☐ QA_RADSAT.TIF

☐ ST_ATRAN.TIF

☒ ST_B10.TIF

☐ ST_CDIST.TIF

☐ ST_DRAD.TIF

☐ ST_EMIS.TIF

☐ ST_EMSD.TIF

☐ ST_QA.TIF

☐ ST_TRAD.TIF

☐ ST_URAD.TIF

Select All | Deselect All

Add All Selected to Bulk

Download All Selected Now

Close

Рис. 2. Выбор снимков, представляющих собой информацию о температуре приземного слоя.

Анализ температуры земной поверхности для территории г. Саранска был выполнен в ГИС QGIS [9] (см. рис. 3). Космический снимок Ландсат [10], выполненный 30 августа 2024 г., был использован как исходный для данного исследования. Слой, представляющий температуру земной поверхности, получен с использованием инструментария ГИС QGIS [9] (калькулятор растров) (см. рис. 4).

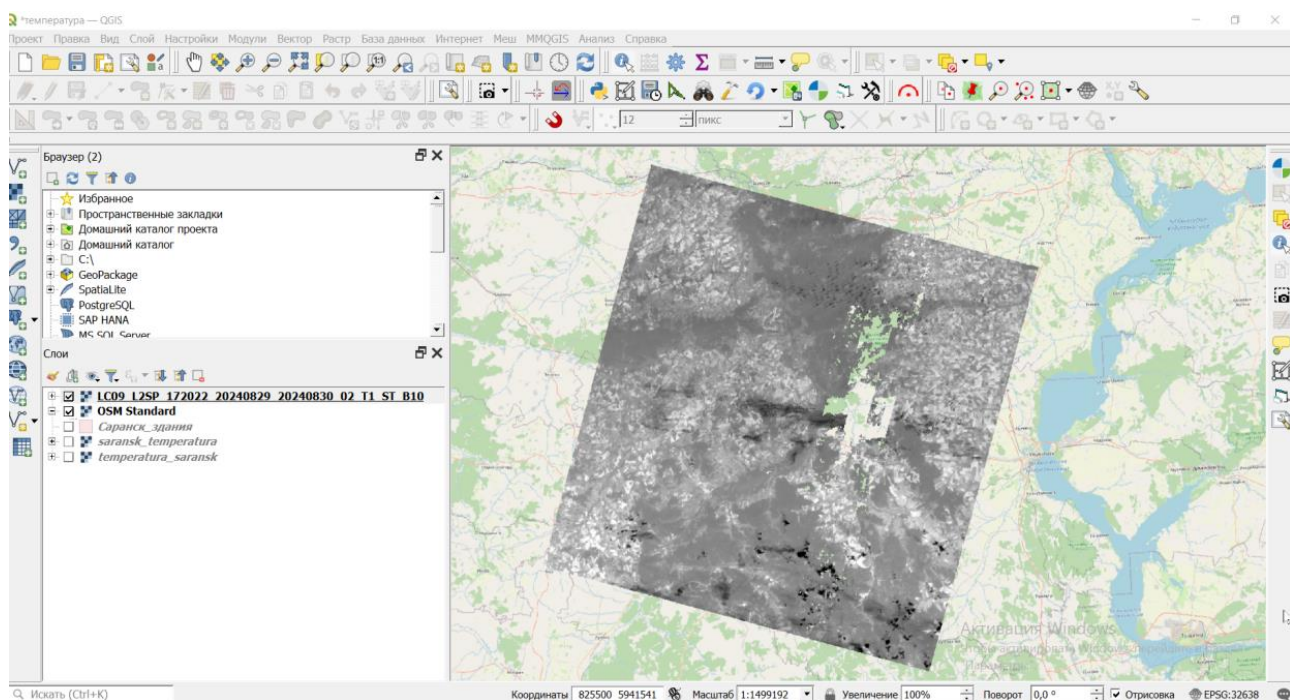


Рис. 3. Загрузка исходных снимков в ГИС QGIS.

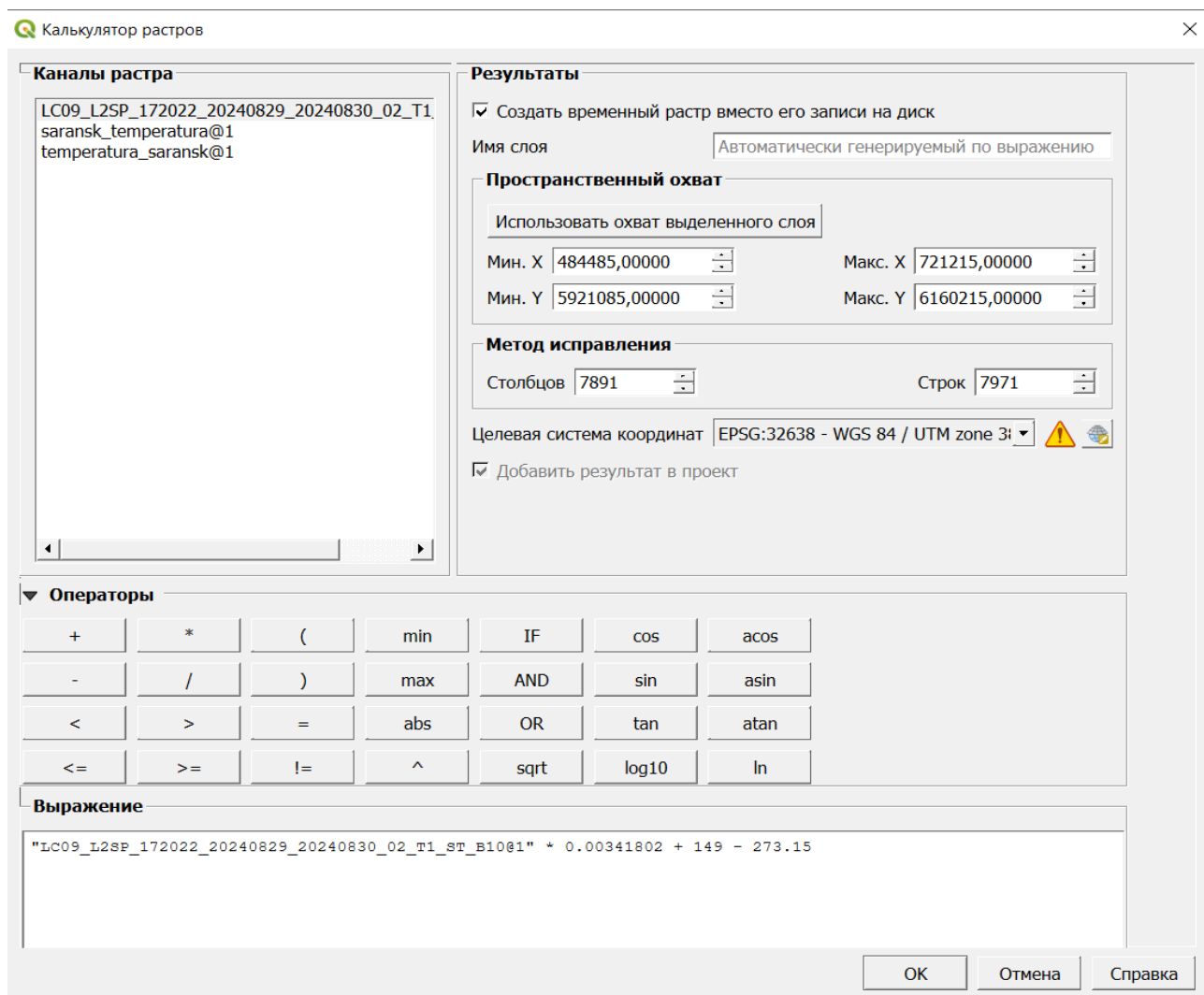


Рис. 4. Настройка калькулятора растров для расчета температуры земной поверхности.

После преобразования и совмещения полученного слоя температуры земной поверхности с другими тематическими слоями, представляющими территорию г. Саранска, получена определенная геоинформационная модель (рис. 5). Тематические слои в ГИС можно менять или добавлять другие, получая разнообразные модели для дальнейшего исследования и анализа [2; 8].

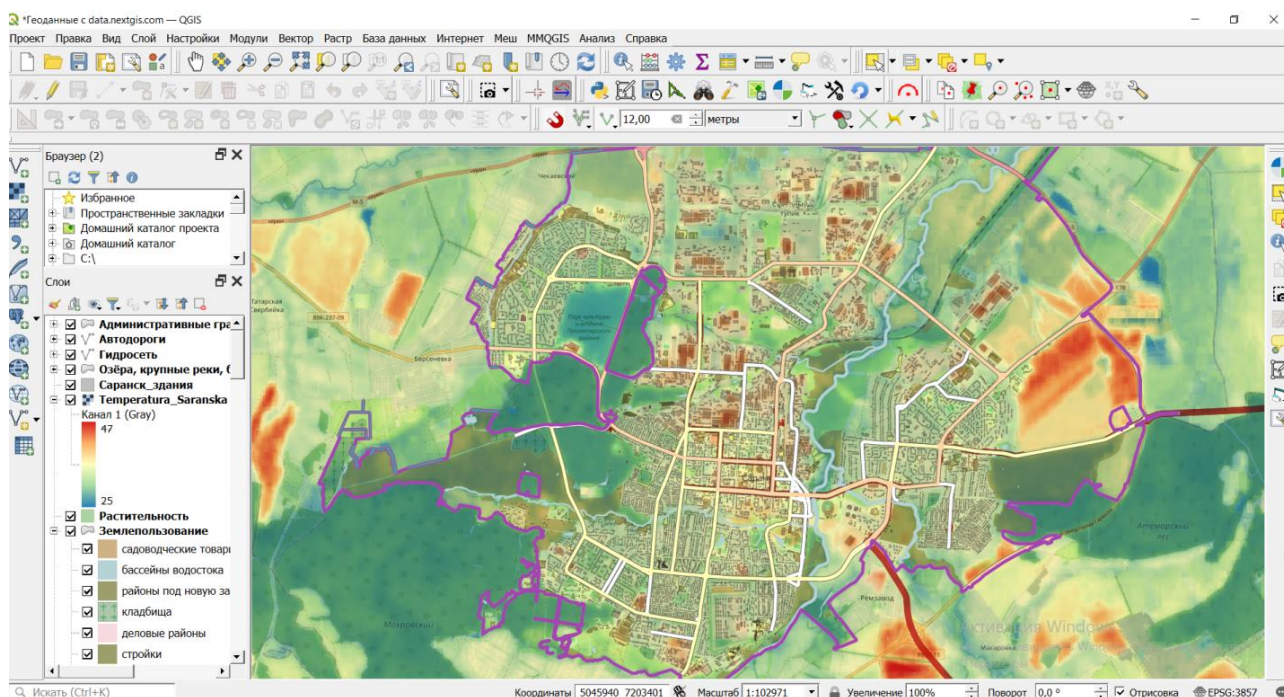


Рис. 5. Модель температуры земной поверхности для территории г. Саранска на 30 августа 2024 г.

Анализируя полученные результаты, можно сделать следующие выводы.

Повышенные значения температуры земной поверхности относятся к открытым участкам местности, плотной жилищной застройке и промышленной зоне, а также к земельным участкам сельскохозяйственного назначения – полям. Участки озеленения в городе, занятые растительностью, в свою очередь, благоприятно влияют на среднюю температуру земной поверхности.

Применяя подобный рассмотренный подход для работы со снимками Ландсат, возможно решить ряд задач [1]:

- продемонстрировать, как нагревается асфальт в городе и насколько он влияет на общую температуру в районе;
- наглядно показать обратное – как положительно влияет озеленение на среднюю температуру;
- изучить концентрацию территорий с повышенной температурой;
- оценить, как изменяется температура на снимках, выполненных в разные даты и

отметить температурные тренды.

Использование доступных для пользователей данных дистанционного зондирования Земли для целей изучения физических показателей, минуя полевые исследования, дает очень большие возможности не только при мониторинге антропогенного воздействия на застроенные территории, но и для научных исследований в области биологии, почвоведения, гидрографии, экологии, климатологии и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артемьева О. В., Позднякова Н. А., Гневашев Ф. А. Применение методов геоинформационного картографирования для урбанизированных территорий с использованием данных дистанционного зондирования // Геоинформатика. – 2022. – № 3. – С. 4–14.
2. Афанасьев М. А., Калашникова Л. Г. Использование материалов космических съемок с целью картографирования в ГИС-пакете ArcGIS [Электронный ресурс] // Огарев-online. – 2015. – № 24. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/ispolzovaniematerialov-kosmicheskix-semok-s-celyu-kartografirovaniya-v-gis-pakete-arccgis> (дата обращения: 18.09.2024).
3. Варфоломеев А. Ф., Коваленко А. К., Манухов В. Ф., Калашникова Л. Г. Особенности технологии аэрофотосъемки с применением беспилотных воздушных судов // Геодезия и картография. – 2020. – Т. 81. – № 8. – С. 58–64.
4. Как определять температуру поверхности по космоснимкам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://gommersh.notion.site/361cd5e111174365afcb777143bcd078> (дата обращения: 18.09.2024).
5. Книжников Ю. Ф., Кравцова В. И., Тутубалина О. В. Аэрокосмические методы географических исследований. – М.: Академия, 2011. – 412 с.
6. Тесленок С. А., Романов А. В. Новые технологии в производстве топографо-геодезических работ // Общество. – 2014. – № 2 (2). – С. 78–81.
7. Чинаев С. С., Тесленок С. А. Использование карт и данных дистанционного зондирования при изучении территориальных изменений в использовании земель [Электронный ресурс] // Структура, динамика и функционирование природно-социально-производственных систем: наука и практика: межвуз. сб. науч. тр. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2018. – С. 111–119. – Режим доступа: http://openedo.mrsu.ru/catalog/Estestvennie/2018/struktura_dinamika_i_funkcionirovanie_pri_rodno-socialno-proizvodstvennyh_sistem.pdf (дата обращения 18.09.2024).

8. Юртаев А. А., Тесленок К. С. Возможности геоинформационных систем и дистанционного зондирования Земли в исследованиях и мониторинге окружающей природной среды и обеспечения экологической безопасности // Молодежь и наука – 2019: материалы VI Международной студенческой научно-практической конференции, посвященной «Jastar july»: в 5 т. – Т. 5. – Петропавловск, 2019. – С. 246–252.
9. QGIS – свободная географическая информационная система с открытым кодом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.qgis.org/> (дата обращения: 18.09.2024).
10. USGS. Сайт геологической службы США [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.usgs.gov/> (дата обращения: 18.09.2024).

ИВЛИЕВА Н. Г., МЕДВИЖЕНКОВА А. А.
ПОДБОР ИСТОЧНИКОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ КАРТЫ
ОТДЕЛЬНОГО УЕЗДА НА КОНЕЦ XVIII В.

Аннотация. Описывается опыт создания карт отдельных уездов на конец XVIII в. на примере Троицкого уезда Пензенской губернии. Основное внимание уделяется подбору и оценке картографических источников, координатной регистрации в ГИС листов карты Пензенской губернии съемки А. И. Менде.

Ключевые слова: картографические источники, карты Менде, планы генерального межевания, Троицкий уезд, Пензенская губерния.

IVLIEVA N. G., MEDVIZHENKOVA A. A.
SELECTION OF SOURCES FOR MAPPING
A RUSSIAN UYEZD OF THE END OF THE 18TH CENTURY

Abstract. The experience of mapping territorial districts of the end of the 18th century is described on the example of the Troitsky uyezd of the Penza province. The main attention is paid to the selection and evaluation of cartographic sources, coordinate registration in GIS of map sheets of the Penza province surveyed by A. I. Mende.

Keywords: cartographic sources, maps of Mende, plans for general surveying, Troitsky uyezd, Penza province.

В настоящее время в нашей стране значительно вырос интерес к истории, как всей России, так и родного края. Особенности той или иной территории наглядно передают карты. В историко-географических исследованиях они представляют особую ценность. В этой связи вызывает интерес историческое картографирование территорий разного уровня [3–5; 7; 13], включая территорию отдельного уезда Российской империи [3].

Объектом исследования в данной работе являлась территория Троицкого уезда Пензенского наместничества в XVIII в. Цель работы – подбор источников для создания карты «Троицкий уезд Пензенского наместничества» на основе современных ГИС-технологий. Для достижения поставленной цели необходимо было изучить историко-географические особенности формирования Троицкого уезда, подобрать и оценить различные картографические источники, литературные и статистические материалы.

При первом делении России на губернии, проведенном Петром I в 1708 г., территория Троицкого уезда была приписана к Азовской губернии. В 1719 г. по второй реформе Петра I внутри губерний были образованы провинции, и Троицкий острог отошел к Шацкой провинции Азовской губернии, которая с 1725 г. стала называться Воронежской. По реформе

Екатериной II в 1780 г. Троицкий уезд вошел в состав учрежденного Пензенского наместничества, при этом его территория значительно изменилась (см. рис. 1).

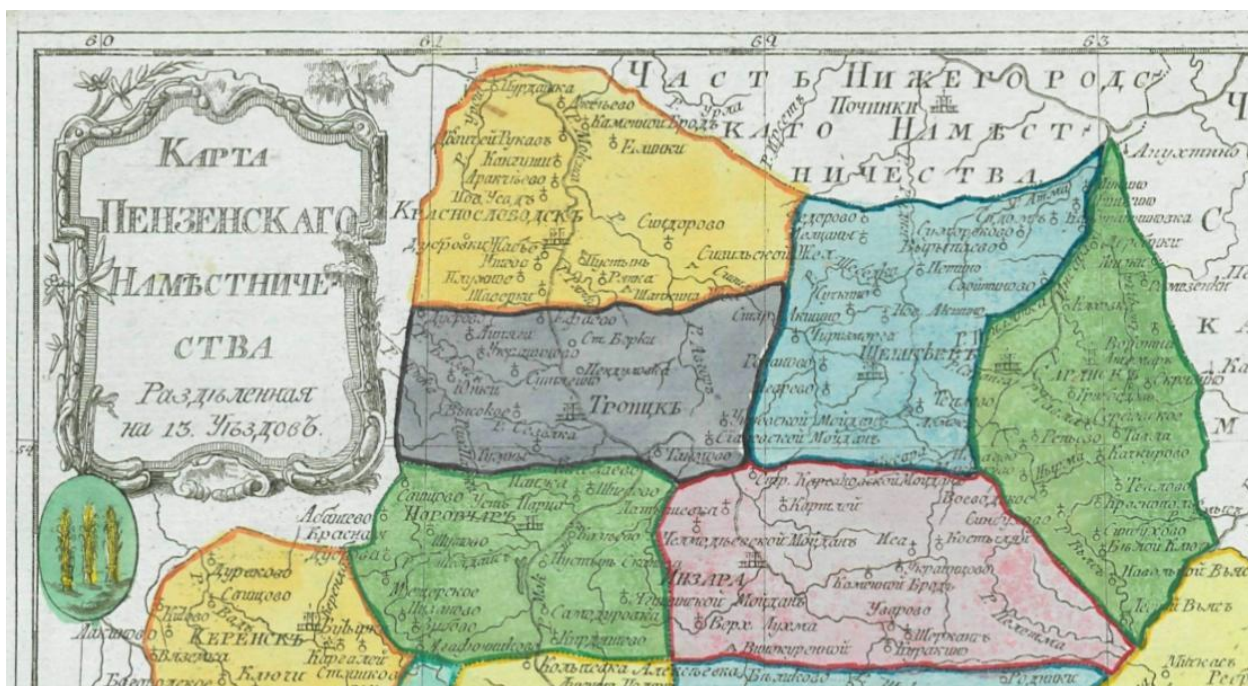


Рис. 1. Фрагмент карты Пензенского наместничества. 1796 г.

В подготовленном в 1780-е гг. «Топографическом описании Пензенского наместничества» (М. С. Полубояровым опубликован электронный вариант документа) дана характеристика уезда и его населения: «В сей округе церквей состоит 27 и при них священно- и церковнослужителей 274. Селений 94, в том числе сел 27, деревень 67, помещичьих домов 22, владельцев 61» [8].

В 1796 г. Павлом I наместничества были официально переименованы в губернии. В 1797 г. Пензенская губерния была упразднена, а ее уезды были распределены между соседними губерниями. Краснослободский, Наровчатский и Троицкий уезды были причислены к Нижегородской губернии и объединены в один уезд – Краснослободский. Наровчат и Троицк потеряли значение административных центров и стали заштатными городами.

В 1801 г. по указу Александра I Пензенская губерния была восстановлена в прежних границах, но число уездов в ней сократилось. Троицк остался заштатным городом. Таким образом, Троицкий уезд Пензенского наместничества (губернии) просуществовал с 1780 по 1797 гг. Его территория вошла в состав Краснослободского, Инсарского и Наровчатского уездов Пензенской губернии.

При создании исторических карт важно грамотно подобрать источники. Интерес к старым картам как носителям информации о прошлых состояниях географической среды не только не ослабевает, но заметно усиливается [10]. Анализ и обобщение сохранившегося картографического наследия XVIII в. дан Т. М. Петровой и С. В. Свириденко [9]. Карты, созданные по результатам межевания земель России, рассмотрены А. Л. Степанченко [11]. Именно от правильно подобранных источников зависит качество и правильность передаваемой информации на картах.

В качестве основного источника при создании карт на территорию Троицкого уезда служили листы топографической карты масштаба 1:100 000, изданные в 1992 г. Данные листы карты содержат точную, подробную информацию об отображаемых объектах. Но чтобы реконструировать состояние местности на конец XVIII в. нужны картографические материалы этого временного периода. Такими источниками являются планы уездов, построенные по материалам проводившегося в 1782-1792 гг. генерального межевания Пензенского наместничества. План Троицкого уезда был построен в масштабе 1 верста в дюйме. Он дает подробное изображение местности на момент составления (1789 г.). Помимо границ земельных владений показаны все населенные пункты, основные дороги, реки, озера, пруды, растительность (см. рис. 2). На карты нанесено множество мельчайших деталей и объектов, таких как хутора, постоялые дворы, мельницы и др.



Рис. 2. Фрагмент плана генерального межевания Троицкого уезда
Пензенского наместничества. 1789 г.

Еще одним ценным картографическим источником служил «Атлас Нижегородской губернии». Он был издан в 1835 г., но составлен еще в 1800 г. по материалам генерального межевания, поэтому в атласе на планах новых уездов показаны и границы старых уездов, снятых при межевании [7]. В «Атлас Нижегородской губернии» включены уездные планы двух масштабов. На крупномасштабном плане дано подробное изображение местности (см. рис. 3), а на среднемасштабном – обобщенное, при этом показаны все населенные пункты, основные дороги, границы старых уездов, а также реки (см. рис. 4).

Рис. 3. Уменьшенный фрагмент лана Краснослободского уезда масштаба 2 версты в дюйме из «Атласа Нижегородской губернии».

геодезические работы проводились в конце XVIII в. Но важно, что приуроченность к рекам, оврагам, дорогам и т. п. передано в основном правильно. Их нужно использовать в сочетании с другими источниками.



Рис. 4. Фрагмент уменьшенного плана Краснослободского уезда масштаба 4 версты в дюйме из «Атласа Нижегородской губернии».

Основным источником пространственной информации послужила многолистная топографическо-межевая карта, составленная по материалам проведенной в 1848-1866 гг. так называемой съемки А. И. Менде. В ее основу были положены материалы генерального межевания. На ней подробно отображены населенные пункты, гидрография, дорожная сеть, земельные угодья, лесные массивы, границы уездов, в том числе старых, и частных земельных владений внутри уезда. Известны теоретические и практические разработки по использованию в ГИС-карт поволжских губерний съемки А. И. Менде [6].

Карта Менде составлена в равнопромежуточной конической проекции Делиля в масштабе 1 верста в дюйме (1: 42 000 или в 1 см 420 м). Нулевой меридиан дан по Пулковской обсерватории. На карте нанесена картографическая сетка, параллели проведены через 5' по широте, меридианы – через 10' по долготе. Координатная привязка отсканированных листов топографическо-межевой карты Пензенской губернии, после разработки и создания геоинформационного проекта [12], осуществлялась в ArcMap путем указания географических координат узловых точек сетки. Так как на отдельных листах встречались ошибки (описки) в надписях, то важно было ввести правильные значения координат. Как уже отмечалось ранее, счет долгот на карте Менде идет от Пулкова. Поэтому при вводе долготы точки к подписанному на карте значению необходимо было прибавлять значение долготы Пулкова – 30°19'38". В ГИС отдельные листы топографо-межевой карты Пензенской губернии трансформировались в проекцию Гаусса – Крюгера, 8 зона (Pulkovo 1942 8 Zone). Всего было привязано 12 листов карты Менде Пензенской губернии, покрывающих территорию бывшего Троицкого уезда (см. рис. 5). Положение объектов на карте Менде не совсем соответствует их действительному положению на местности, поэтому при оцифровке выполнялась их корректировка по современной топографической карте масштаба 1:100 000.

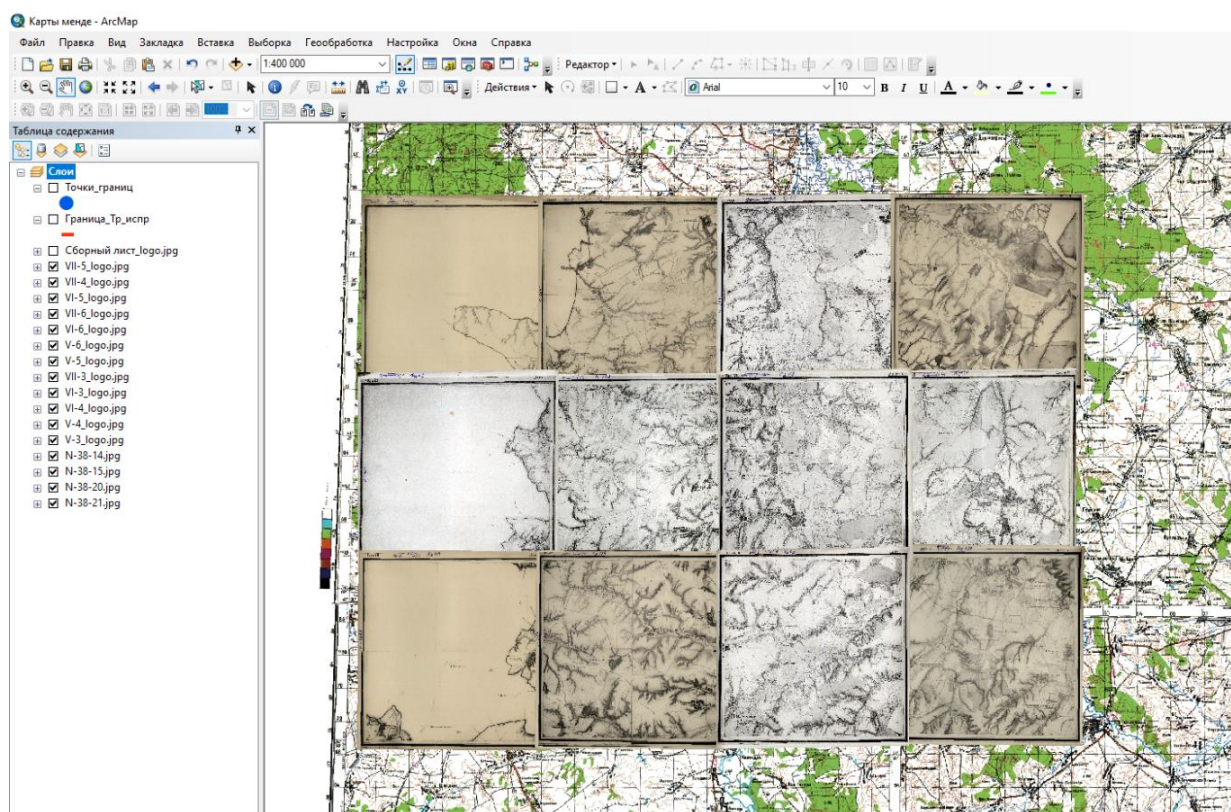


Рис. 5. Наложение листов карты Менде и топографической карты в ГИС-среде.

Основным учетно-статистическим источником послужил список населенных мест Пензенского наместничества на конец XVIII в., составленный на основе «Экономических Примечаний» к генеральному межеванию, проходившему на территории наместничества с 1782 по 1792 гг. Также в качестве текстового источника был использован документ из фонда «Планы дач генерального и специального межевания 1746–1917 гг.» Российского государственного архива древних актов (РГАДА). В нем дан алфавитный список планов дач генерального межевания уезда с дополнительными сведениями. Отметим, что на картах Менде показаны границы земельных владений (дач) и подписано их обозначение такое же, как на планах генерального межевания.

Для более подробного изучения картографируемой территории полезно было ознакомиться с указанным ранее архивным материалом – «Топографическим описанием Пензенского наместничества». Текст документа представляет собой сводку исторических, географических и статистических сведений об уездах в 1780-х гг.

Подобранные источники могут использоваться не только для создания исторических карт, но и краеведческих, топонимических и т. п. [4; 5; 13; 14]. Тем более, что в рамках созданного геоинформационного проекта [12] и специализированной тематической ГИС [14] появилась возможность объединить карты разных эпох в единое рабочее пространство, что существенно повысило оперативность, удобство, полноту и точность обработки (сравнения, оценки, анализа) информации [2].

Таким образом, при историческом картографировании большую роль играют картографические материалы и статистические источники тех лет – это те фактические данные, сохранившиеся до сегодняшнего дня. При создании карт отдельных уездов на конец XVIII в. особую ценность представляют планы генерального межевания и топографическо-межевые карты губерний съемки А. И. Менде, историко-картографические исследования и всякого рода архивные источники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Годин В. С., Яковлева Т. Б. Справочник по административно-территориальному делению Пензенского края. 1663–1991 гг. – Пенза: Арх. отд. Пенз. обл., 2003. – 537 с.
2. Жихарева О. И. Анализ исторических источников как основы проведения ретроспективных исследований культурных ландшафтов средствами ГИС // От карты прошлого – к карте будущего: сб. науч. тр.: в 3 т. / Отв. ред. С. В. Пьянков. – Пермь, 2017. – Т. 1. – С. 96–107.
3. Ивлиева Н. Г., Калашникова Л. Г., Толмачева А. В. Опыт формирования набора данных для составления карт уездов XVIII–XX вв. (на примере Ардатовского уезда

Симбирской губернии) // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2023. – Т. 29, №2. – С. 324–338.

4. Калашникова Л. Г., Козлова О. О. Создание электронных топонимических карт территории Мордовии [Электронный ресурс] // Огарев-online. – 2016. – № 16. – Режим доступа: <https://journal.mrsu.ru/arts/sozdanie-elektronnyx-toponimicheskix-kart-territorii-mordovii> (дата обращения: 04.01.2024).

5. Калашникова Л. Г., Тесленок С. А. Создание краеведческих карт и атласов регионального уровня // Структура, динамика и функционирование природно-социально-производственных систем: наука и практик: межвузов. сб. науч. тр. – Саранск, 2018. – С. 99–104.

6. Лазарев О. Е., Шалаева М. В., Щекотилова С. Н., Щекотилов В. Г. Адаптация в ГИС архивных карт поволжских губерний съемки А. И. Менде // Геодезия и картография. – 2015. – № 7. – С. 42–51.

7. Медвиженкова А. А., Ивлиева Н. Г. Об источниках историко-картографического исследования территории в границах Ковылкинского района // I Огарёвские чтения. Материалы науч. конф.: в 3 ч. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2022. – С. 539–545.

8. Описание Троицкой округи (1784 г.). Топографическое описание Пензенского наместничества // РГВИА. Ф. ВУА. Д. 18912, лл. 1-65 об. – Под. ред. М. С. Полубоярова. – 2011. – Режим доступа: <http://inpenza.ru/opisanie-troickoj-okrug/>?ysclid=lsfvjmxqpu991992545 (дата обращения: 04.01.2024).

9. Петрова Т. М., Свириденко С. В. Картографическое наследие XVIII в. // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер.7. Геология. География. – 2008. – № 3. – С. 134–141.

10. Постников А. В. Развитие картографии и вопросы использования старых карт. – М.: Наука, 1985. – 236 с.

11. Степанченко А. Л. Виды картографических произведений, созданных по результатам межевания земель России в середине XIX века // Изв. вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». – 2018. – Т. 62, № 2. – С. 152–156.

12. Тесленок К. С. Создание геоинформационного проекта и его использование в целях развития хозяйственных систем // Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции (Воронеж, 10-12 декабря 2015 г.). – Воронеж: Научная книга, 2015. – С. 134–138.

13. Тесленок С. А. Геоинформационно-картографический анализ земледельческого освоения ландшафтных подзон Акмолинского Приишимья к концу XIX века // Картография и геодезия в современном мире: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 50-летию кафедры геодезии, картографии и геоинформатики Мордов. гос. ун-та

им. Н. П. Огарева, Саранск, 1 дек. 2010 г. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2011. – С. 111–123.

14. Тесленок С. А., Ивлиева Н. Г., Учеваткина Н. В., Тесленок К. С. Создание специализированной топонимической ГИС для районов дерусификации, десоветизации и декоммунизации // Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС». 2017. – Т. 23. – Ч. 2. – С. 13–26.

15. Фонд «Планы дач генерального и специального межевания 1746–1917 гг.» // РГАДА. Ф. 1354. Оп. 334. – Ч. 1. Пензенская губерния. Троицкий уезд.

ТЕСЛЕНОК С. А., ФЕДОСЕЕВА У. С.

ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ГИС

Аннотация. В данной статье описывается имеющийся опыт и потенциальные возможности применения искусственных нейронных сетей (ИНС) в геоинформационных системах (ГИС). В целом, статья демонстрирует потенциал ИНС при анализе пространственно привязанных геоинформационных данных и возможности их применения в различных смежных с ГИС и геоинформационными технологиями областях.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, геоинформационные системы, прогнозирование, классификация, обнаружение паттернов, предобработка данных, обучение, многослойная ИНС, эрозия, картографирование.

TESLENOK S. A., FEDOSEEVA U. S.

ASSESSMENT OF FEASIBILITY OF USING NEURAL NETWORKS IN GIS

Abstract. This article describes the experience and potential application of artificial neural networks (ANN) in geoinformation systems (GIS). In general, the article demonstrates the potential of neural networks in the analysis of spatially linked geoinformation data and the possibilities of their application in various fields related to GIS and geoinformation technologies.

Keywords: artificial neural networks, geoinformation systems, forecasting, classification, pattern detection, data preprocessing, training, multilayer ANN, erosion, mapping.

В последние десятилетия наблюдается растущий интерес к использованию ИНС (ANN, ANNs) в различных областях, включая обработку и анализ пространственно привязанных геоинформационных данных. Технологии глубокого обучения и ИНС обладают потенциалом для автоматизации процессов анализа пространственных данных, классификации изображений, прогнозирования и обнаружения паттернов в геоинформационных приложениях.

Оценка целесообразности применения ИНС в ГИС представляет значимый интерес для научного сообщества и практических областей, таких как экология, природопользование, обработка данных дистанционного зондирования, сельскохозяйственное производство, геология, градостроительство, общественная безопасность и др. [5; 7; 8; 10–13]. Понимание перспектив и оценка эффективности использования ИНС в ГИС могут привести к разработке инновационных методологий анализа пространственных данных, оптимизации процессов картографирования, прогнозирования и анализа рисков природных и антропогенных явлений.

ИНС – это математические модели, а также их программные или аппаратные

реализации, вдохновленные биологическими нейронными сетями – сетями нервных клеток живого организма [5].

ИНС представляют собой систему, состоящую из взаимодействующих между собой простых процессоров – нейронов. Каждый нейрон в такой сети занимается обработкой и передачей сигналов другим нейронам, и, благодаря такому взаимодействию, сеть способна выполнять сложные задачи. С точки зрения машинного обучения, нейронная сеть действительно может быть рассмотрена как частный случай методов распознавания образов, дискриминантного анализа, методов кластеризации и других. Это связано с тем, что нейронные сети обучаются извлекать важные признаки из входных данных, что полезно для решения задач, связанных с классификацией, регрессией и кластеризацией. С математической точки зрения обучение нейронных сетей представляет собой многопараметрическую задачу нелинейной оптимизации. Это означает, что при обучении нейронной сети мы настраиваем множество параметров (весов и смещений) таким образом, чтобы минимизировать функцию потерь, отражающую ошибку предсказания сети. Для этого применяются различные методы оптимизации, такие как градиентный спуск, стохастический градиентный спуск, методы второго порядка и другие. С точки зрения кибернетики, нейронные сети находят применение в задачах адаптивного управления и являются важными алгоритмами для робототехники. Их способность к обучению и адаптации делает их ценным инструментом для создания систем, способных самостоятельно принимать решения в изменяющейся среде. С точки зрения развития вычислительной техники и программирования, нейронные сети действительно представляют интерес как способ решения проблемы эффективного параллелизма. Их параллельная структура и возможность выполнения сложных вычислений в десятки и сотни тысяч нейронов делают их объектом для разработки и оптимизации вычислительных алгоритмов. Таким образом, моделирование биологических нейронных сетей в виде искусственных систем стало стратегически важным для разработки технологий, включая машинное обучение, робототехнику, автономные системы и многое другое.

Нейронная сеть и математическая модель имеют схожий этап сбора и предобработки данных, однако отличаются в специфике создания моделей. В обоих случаях ключевым моментом является сбор и подготовка данных. Это включает в себя работу с источниками данных, их предварительную обработку для использования в моделировании. Однако, при создании ИНС важным этапом является определение структуры сети, включая выбор типов слоев, их последовательность, настройку функций активации и оптимизаторов. Значительное внимание также уделяется работе с изображениями в ИНС, что делает процесс более комплексным в контексте работы с пространственными данными. В отличие от этого,

создание математической модели склоняется к работе с абстрактными концепциями, где внимание направлено на разработку уравнений и функций, соответствующих теоретическим моделям, исходя из природы исследуемых данных.

К примеру, в статье [13] описывается процесс обучения сверточной нейронной сети (Convolutional Neural Networks, далее – CNN) на примере обработки данных землетрясений в ГИС (рис. 1). Авторы статьи использовали оригинальный набор данных Венчуанского землетрясения в Китае и провели предварительную обработку данных, включая нормализацию и преобразование входных данных в формат, пригодный для обучения CNN.

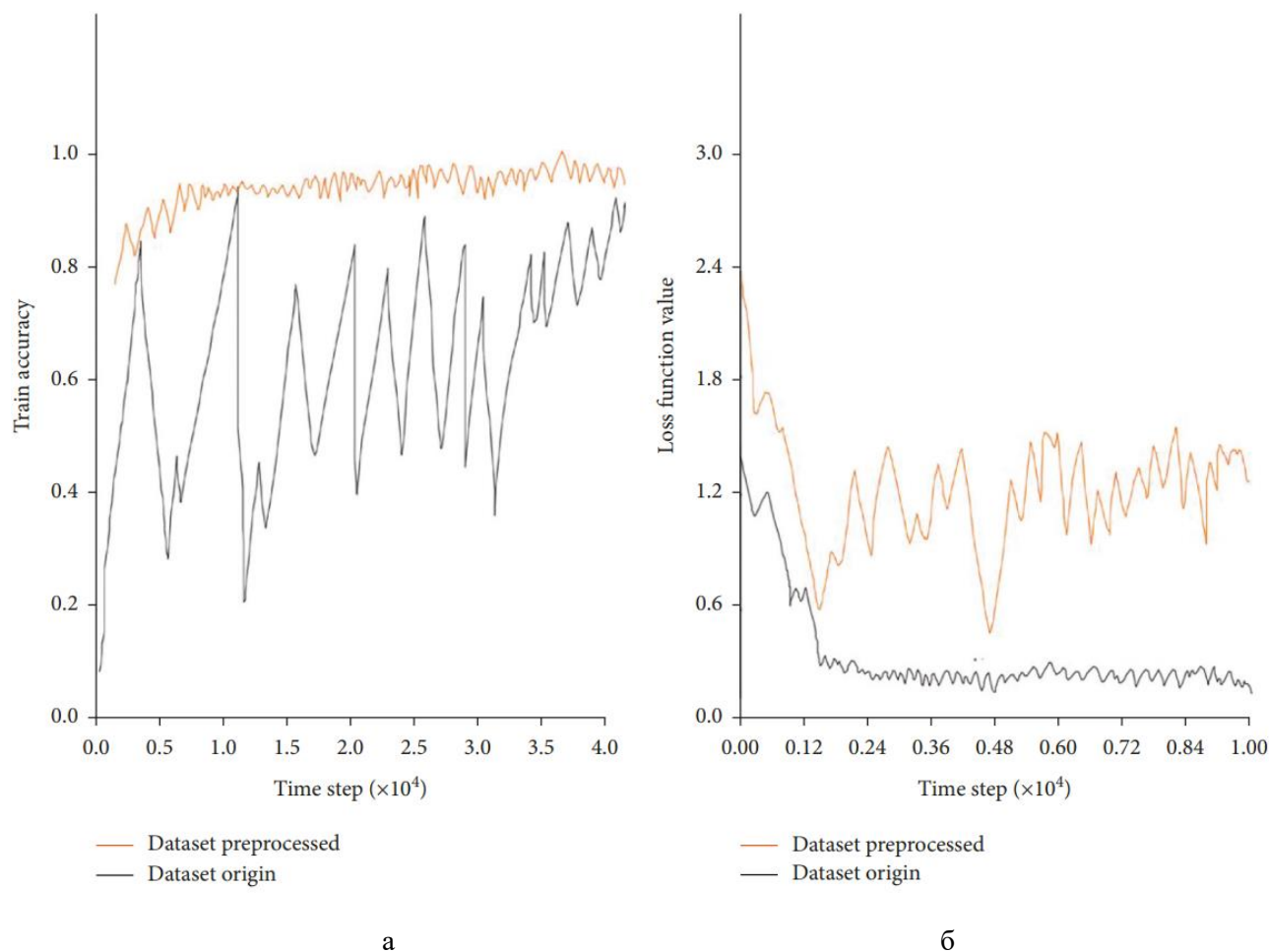


Рис. 1. Процесс обучения до и после предварительной обработки данных:
(а) кривая обучения, (б) кривая функции потерь перекрестной энтропии [13].

Для обучения CNN использовались алгоритмы L2-регуляризации, стохастического градиентного спуска и оптимизации ADAM (алгоритм ADAM – Adaptive Moment Estimation). В процессе обучения CNN данные, используемые для обучения, итерировались в одном цикле, называемом эпохой. Авторами анализируемой статьи [13] проведено обучение CNN на 10 эпохах на графическом процессоре 1080ti, что заняло 15 минут. В процессе обучения была достигнута средняя точность расчетов более 95%. После обучения CNN была протестирована

на 8 800 образцах из тестового набора данных. Результаты показали, что образцы могут быть распознаны менее чем за 20 секунд, а точность расчетов составила 94,7%.

В контексте ГИС ИНС могут быть использованы в различных геоинформационных проектах [9] для классификации и сегментации изображений: например, для распознавания и классификации объектов на спутниковых снимках [12]. Исследование, описываемое в статье [1], рассматривает использование сверточных нейронных сетей для сегментации объектов на изображениях. В данной технологии CNN применяются для выделения конкретных объектов на изображениях, например, выделение животных на фотографиях. Авторы исследования стремились создать нейросетевую модель, которая автоматически и точно определяет, и выделяет животных на изображениях. В контексте ГИС, возможности использования подобной технологии для сегментации объектов на изображениях огромны. Например, в области автоматизированного геоинформационного картографирования [9; 10] CNN может использоваться для автоматического выделения дорог, рек, озер и других географических объектов на спутниковых снимках или аэрофотоснимках [12]. Это позволяет обрабатывать огромные объемы геопространственных данных и автоматически вести создание или обновление карт [12].

ГИС ArcGIS предлагает возможность использовать предварительно обученные модели глубокого обучения или обучать собственные модели с помощью различных инструментов и платформ, в частности для анализа изображений [16]. В рамках ГИС ArcGIS также есть возможность интеграции со сторонними фреймворками глубокого обучения. В рабочих процессах глубокого обучения в ГИС ArcGIS используются следующие шаги:

1. Создание обучающих выборок с помощью инструментов редактирования в ГИС ArcGIS.
2. Обучение модели глубокого обучения с использованием ArcGIS Pro, ArcGIS Image Server для ArcGIS Enterprise или ArcGIS API for Python.
3. Использование обученной модели для извлечения конкретных особенностей на изображениях с помощью инструментов ArcGIS Pro, ArcGIS Image Server для ArcGIS Enterprise, ArcGIS Online или ArcGIS API for Python.

Помимо этого, ИНС широко используются для моделирования и прогнозирования тенденций или изменений, таких как погода и климатические изменения.

К примеру, в статье [3], был представлен разработанный плагин для ГИС QGIS, который обрабатывает информацию, получаемую с сети метеорологических станций, расположенных в Новосибирской области, и использует многослойную ИНС для прогнозирования количества осадков на этой территории. Для этого проводилась предобработка данных и использовались различные алгоритмы и методы обучения ИНС.

Основной проблемой, с которой сталкиваются при разработке таких систем, является ограниченность данных, особенно при прогнозировании осадков. В базе данных ГИС могут присутствовать только записи о дате и месте осадков, но не о других факторах, таких как температура, влажность или атмосферное давление. Однако благодаря предобработке данных и обучению ИНС на основе доступных данных удалось достичь факта прогнозирования количества осадков. Важным фактором для успешного применения ИНС является наличие достаточного объема данных для обучения и соответствие этих данных требованиям исследуемой задачи.

В другой статье [14] представлено прогнозирование и моделирование эрозии на побережье Коста-да-Капарика в Лиссабоне (Португалия) с помощью комбинации ГИС и ИНС. Для этого используется методика, основанная на анализе данных о погоде, приливах, волнении и других факторах, которые влияют на эрозию побережья. Эти данные обрабатываются и анализируются с помощью ГИС, а затем используются для обучения ИНС. Обученные нейронные сети затем используются для прогнозирования изменений в эрозии на побережье в будущем (см. рис. 2).

Результаты исследования показали, что комбинация ГИС и ИНС является мощным инструментом для анализа и прогнозирования динамики эрозии на побережье Коста-да-Капарика в Лиссабоне (Португалия). Использование модели GIS-ANN позволило получить высокую точность прогнозирования изменений в эрозии на побережье в будущем. Было выявлено, что наибольшее влияние на эрозию оказывают антропогенные факторы, такие как неправильное использование земли, строительство и транспортное движение на побережье. Результаты исследования могут быть использованы для разработки политик, направленных на сохранение окружающей среды и управление побережьем.

Прогнозы могут быть использованы для планирования городского развития, оценки воздействия на окружающую среду и других целей. Так, модель преобразования земель (Land Transformation Model, LTM) [15] использует ГИС и ИНС для прогнозирования изменений землепользования. Для прогнозирования урбанизации в водосборе Grand Traverse Bay в Мичигане, LTM использует данные о землепользовании, климатические данные, данные о дорожной инфраструктуре, населении и другие факторы. Прогнозирование происходит путем анализа исторических данных и использования модели для прогнозирования будущих изменений землепользования.

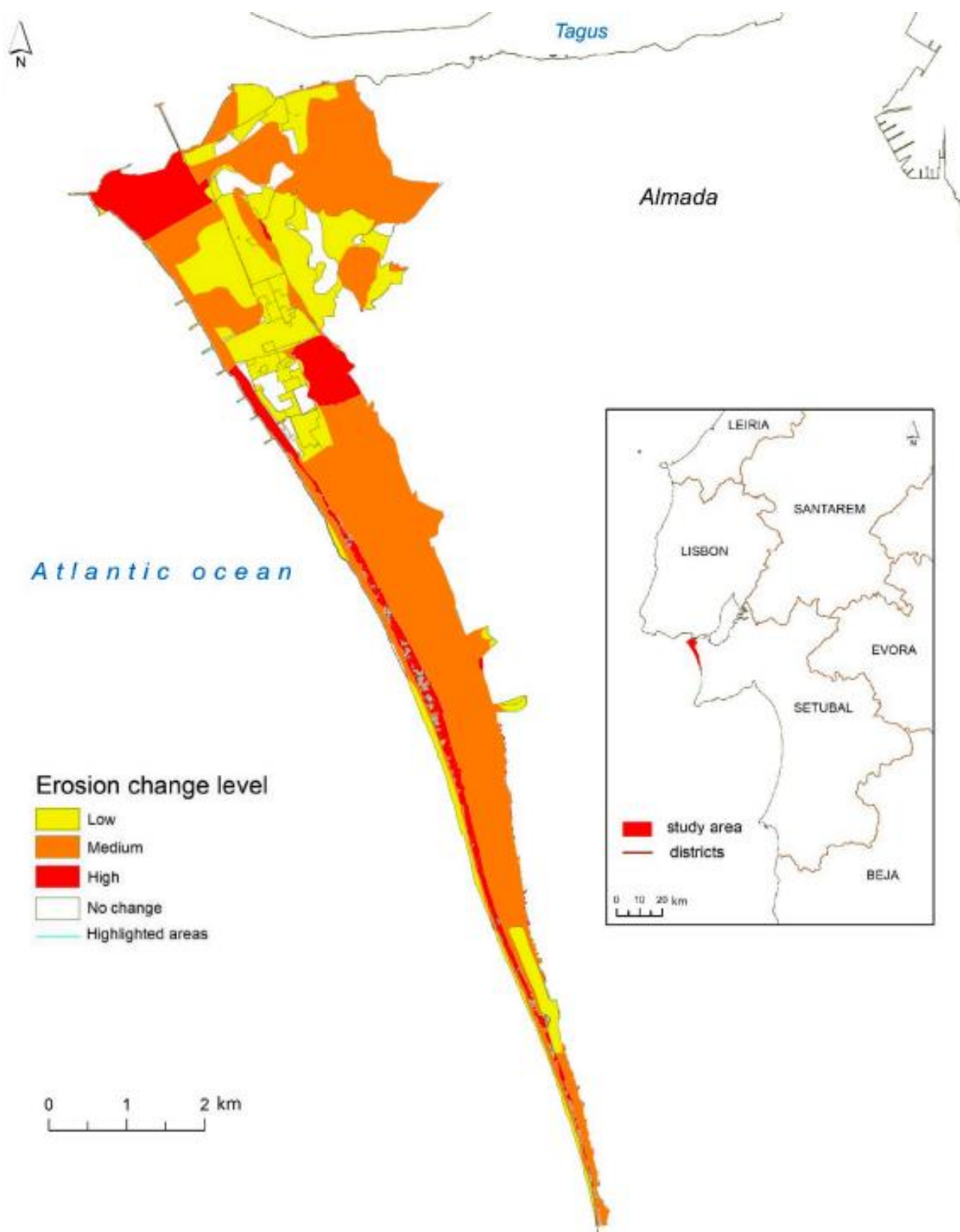


Рис. 2. Результат прогнозируемых значений для выходных данных в виде карты районов, подверженных эрозионным изменениям в 2021 г. [14].

В статье [4] описывается использование ИНС для прогнозирования загрязнения воздуха в городской среде. Ее авторы рассматривают данные о загрязнении атмосферного

воздуха и метеорологические данные, которые используются для обучения нейронных сетей. В статье описывается методика расчета концентраций загрязняющих веществ в атмосфере с помощью программы УПРЗА «Эколог», которая позволяет рассчитать приземные концентрации загрязняющих веществ в атмосфере в соответствии с [2].

Для обучения ИНС использовались данные мониторинга атмосферного воздуха г. Таганрога. Вектор входных данных содержал более 1 000 примеров. Результаты исследования показали, что ИНС могут быть эффективно использованы для прогнозирования загрязнения воздуха в городской среде. Применение ИНС позволило построить прогностическую модель (рис. 3) распределения загрязнителей в атмосферном воздухе при учете различных метеорологических условий и вклада промышленных предприятий в загрязнение воздушного бассейна города [4].



Рис. 3. Прогностическая модель распределения загрязнителей в атмосферном воздухе [4].

Несмотря на все плюсы ИНС, важно осознавать и находить решения для проблем, с которыми мы сталкиваемся при ИНС в ГИС.

1. Недостаточная объяснимость результатов. ИНС, особенно глубокие, могут быть

сложными, сложно интерпретируемыми моделями, что затрудняет объяснение причинно-следственных связей в полученных результатах. Это особенно важно в ГИС, где требуется понимание процессов и принятие обоснованных управленческих решений на основе получаемых данных.

2. Недообучение или переобучение моделей. ИНС могут столкнуться с проблемой недообучения, если данные недостаточно разнообразны или недостаточны, что может привести к неправильным выводам. С другой стороны, переобучение может привести к неправильной генерализации модели на новые данные. Это может быть особенно критично в ГИС, где точность предсказаний имеет большое значение.

3. Высокая вычислительная сложность. Некоторые типы ИНС, особенно глубокие конволюционные нейронные сети, требуют значительных вычислительных мощностей для обучения и применения. В ГИС, особенно в реальном времени, это может вызвать проблемы с производительностью.

4. Безопасность и конфиденциальность. ИНС подвержены риску атак, таких как внедрение шума в данные (адверсариальные атаки) или извлечение конфиденциальной информации из моделей (например, инференция на основе моделей). Эти риски могут усугубиться в ГИС, где данные могут быть особенно чувствительными (например, геолокационные данные).

Все эти риски важно учитывать при разработке и применении ИНС в ГИС. Хорошо разработанные технические и организационные меры могут помочь снизить эти риски и обеспечить более безопасное и надежное использование ИНС в данной области.

К примеру, ИНС могут использоваться для защиты ГИС и пространственных данных [6]. В частности, ИНС может использоваться для обнаружения распределенных атак типа DDoS, целью которых является отказ в обслуживании и препятствование доступу легитимных пользователей к атакуемому приложению. Нейронная сеть может работать в двух режимах обучения: без учителя (самообучаемая) и с учителем, что дает пользователю возможность задавать начальные веса либо загружать файл с готовой базой знаний. Результаты работы показывают, что ИНС является одним из механизмов обнаружения потенциально опасных угроз в ГИС для поддержки принятия управленческих решений. При использовании ИНС и других существующих методов защиты данных в совокупности в будущем возможно многократное повышение степени обнаружения потенциально опасных угроз в ГИС для поддержки формулирования и принятия управленческих решений [7; 8; 10; 11], что, в свою очередь, позволит построить эффективную и надежную систему обеспечения информационной безопасности данных.

Несмотря на потенциальные риски, эффективное использование ИНС в ГИС имеет огромный потенциал для улучшения процессов анализа пространственных данных, оптимизации процессов картографирования, прогнозирования и анализа рисков природных и антропогенных явлений и процессов. Критически важно учитывать и снижать эти риски, но применение ИНС в ГИС обещает значительные выгоды для современных геопространственных приложений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клехо Д. Ю., Карелина Е. Б., Батырев Ю. П. Использование технологии сверточных нейронных сетей в сегментации объектов изображения // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2021. – Т. 25. – № 1. – С. 140–145.
2. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий. ОНД-86. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 93 с.
3. Морозов Д. А. Применение нейронных сетей для прогнозирования в геоинформационных системах // Вопросы науки и образования. – 2018. – № 11 (23). – С. 6–8.
4. Плуготаренко Н. К., Варнавский А. Н. Применение нейронных сетей для построения модели прогнозирования состояния городской воздушной среды // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4. – Ч. 2. – С. 10.
5. Ростовцев В. С. Искусственные нейронные сети. – СПб: Лань, 2023. – 216 с.
6. Татарникова Т. М., Степанов С. Ю., Петров Я. А., Сидоренко А. Ю. Разработка метода защиты геоинформационных систем и пространственных данных на основе нейронной сети // Программные продукты и системы. – 2020. – № 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-metoda-zaschity-geoinformatsionnyh-sistem-i-prostranstvennyh-dannyh-na-osnove-neyronnoy-seti> (дата обращения: 06.12.2023).
7. Тесленок К. С. Возможности геоинформационных систем в управлении инновациями, ресурсами и природопользованием // Вестник Казахского университета экономики, финансов и международной торговли. – 2014. – № 3. – С. 135–138.
8. Тесленок С. А. Управление агроландшафтными системами на основе специализированных региональных ГИС, как один из механизмов повышения эффективности их функционирования // Стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем: материалы IX Междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 120-летию со дня рожд. П. О. Сухого, Гомель, 26-27 нояб. 2015 г. –

Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – С. 297–302.

9. Тесленок К. С. Создание геоинформационного проекта и его использование в целях развития хозяйственных систем // Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы VII Всерос. науч.-практич. конф. (Воронеж, 10-12 дек. 2015 г.). – Воронеж: Научная книга, 2015. – С. 134–138.

10. Тесленок К. С., Тесленок С. А. Геоинформационно-картографическое обеспечение управленческих решений сельскохозяйственного природопользования // Молодой ученый. – 2015. – № 6.5 (86.5). – С. 59–62.

11. Тесленок К. С., Тесленок С. А. Использование геоинформационных технологий для принятия оперативных управленческих решений в целях рационализации сельскохозяйственного природопользования // Агропромышленный комплекс: состояние, проблемы, перспективы: сборник статей X Междунар. науч.-практич. конф. – Пенза: РИО ПГСХА, 2014. – С. 103–106.

12. Федосеева У. С., Тесленок С. А., Скурихин А. А. Сравнительный анализ точности классификации объектов на основе космических снимков из разных источников // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2024. – Т. 18. №2. – С. 93–102.

13. Liu J., Dong F., Li Z. Application of Convolutional Neural Network to GIS and Physics // Computational Intelligence and Neuroscience. – 2022. – Vol. 2. – P. 1–6.

14. Peponi A., Morgado P., Trindade J. Combining Artificial Neural Networks and GIS Fundamentals for Coastal Erosion Prediction Modeling // Sustainability. – 2019. – Vol. 11. – P. 975.

15. Pijanowski B., Brown D., Shellito B., Manik G. Using neural networks and GIS to forecast land use changes: A Land Transformation Model // Computers, Environment and Urban Systems. – 2002. – Vol. 26. – P. 553–575.

16. Using Deep Learning for Feature Extraction and Classification // Imagery Workflows [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doc.arcgis.com/en/imagery/workflows/lresources/using-deep-learning-for-feature-extraction.htm> (дата обращения: 06.09.2024).

УРЖУМОВ А. А., ШПЕРЛЬ Д. А.

**ВОЗМОЖНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ГРУНТОВЫХ ВОД
ПРИ ПОМОЩИ МЕТОДОВ ГЕОИНФОРМАТИКИ**

Аннотация. С использованием методов и возможностей геоинформатики определены ключевые особенности грунтовых вод территории Оренбургской области. Морфометрический анализ цифровой модели рельефа позволил оценить направления стока и углы наклона поверхности, глубины залегания уровня грунтовых вод и степень их защищенности от внешних воздействий. Полученные результаты могут быть использованы для организации и осуществления комплексного геоэкологического мониторинга геологической среды, подземной и поверхностной гидросферы и отдельных водных объектов.

Ключевые слова: геоинформатика, грунтовые воды, ГИС-технологии, цифровая модель рельефа, морфометрический анализ рельефа, защищенность грунтовых вод, Оренбургская область.

URZHUMOV A. A., SHPERL D. A.

**DETERMINING CHARACTERISTICS OF GROUNDWATER
USING GEOINFORMATICS METHODS**

Abstract. Using the methods and capabilities of geoinformatics, the key features of groundwater in the Orenburg region are determined. The morphometric analysis of the digital terrain model made it possible to estimate the flow directions and the angles of inclination of the surface, the depth of the groundwater level and the degree of their protection from external influences. The obtained results can be used for the organization and implementation of integrated geoecological monitoring of the geological environment, the underground and surface hydrosphere and individual water bodies.

Keywords: geoinformatics, groundwater, GIS technologies, digital terrain model, morphometric terrain analysis, groundwater protection, Orenburg region.

Подземные воды и их самые верхние горизонты, представленные грунтовыми водами, активно участвуют в большом количестве различных физико-географических процессов, а их сток – одно из важнейших звеньев мирового круговорота воды и, вместе с тем, – существенная составная часть поверхностного речного стока. Значимо и то, что вместе с подземными водами в реки в растворённом виде в больших объемах поступают содержащиеся в земной коре вещества. На отдельных участках земной поверхности, в местах выхода или близкого залегания подземных вод, отмечается развитие таких экзогенных

процессов и явлений, как оползнеобразование, суффозия, карст, заболачивание и др. Поистине неопределимо значение подземных вод как ресурса, используемого, главным образом, при организации хозяйственно-питьевого водоснабжения значительной части населения нашей страны [3; 10; 20; 25]. Подавляющая часть типов месторождений пресных подземных вод через атмосферные осадки, как один из главных источников их питания, связана с атмосферой, и состав поверхностных вод оказывает большое влияние на качество подземных. Организация и функционирование водозаборов подземных вод, как правило, усиливает эту связь, а усиливающаяся антропогенная деятельность в настоящее время стала основной причиной ухудшения качества очень медленно возобновляющихся запасов [3; 6]. В связи с этим, охрана и рациональное использование подземных вод являются вопросами государственной важности, определяющими безопасность страны [10; 13; 20; 25].

Альтернативными источниками хозяйственно-питьевого водоснабжения населения значительного числа регионов России могут быть и зачастую фактически и являются децентрализованные источники, осуществляющие эксплуатацию первого от поверхности водоносного горизонта. Прежде всего это связано с тем, что степень взаимосвязи и взаимодействия грунтовых вод с некондиционными межпластовыми водами расположенных более глубоко водоносных пластов зачастую минимальна, но вместе с тем существует опасность их антропогенного загрязнения с поверхности. Подземные воды территории Оренбургской области, являясь основным источником хозяйственно-питьевого водоснабжения, также играют важную роль в жизни ее населения и в экономике. Минеральные лечебные и столовые подземные воды широко используются, прежде всего, для бальнеологических целей [3; 6].

Рост числа децентрализованных источников водоснабжения (прежде всего – для сельского населения) нуждается в характеристике и оценке экологического состояния наиболее динамичной части гидрогеологических комплексов – зоны свободного водообмена и, в частности, грунтовых вод. В связи с этим, цель исследования заключается в геоэкологической оценке степени защищенности грунтовых вод на территории Оренбургской области при помощи методов геоинформатики. Для достижения цели поставлены и решены такие задачи, как отработка методики определения глубины залегания уровня грунтовых вод с использованием современных геоинформационных технологий, создание карты базисной поверхности речных долин, выбор и отработка методики определения степени защищенности грунтовых вод с учётом их глубины залегания и особенностей литологического состава водопроницаемых и водоупорных толщ перекрывающих пластов горных пород.

Основной источник воды хозяйственно-питьевого назначения, обеспечивающий до 80% населения в достаточно крупных населённых пунктах, а также предприятия Оренбуржья, – отложения аллювиального водоносного горизонта. Исходные данные для определения глубины залегания уровня грунтовых вод были представлены, прежде всего, материалами космической съёмки радиолокационной (радарной) топографической миссии SRTM (международного проекта по созданию цифровой модели рельефа нашей планеты) [19; 29; 31] и разнообразными сведениями об особенностях геологического строения исследуемой территории и протекающих на ней геологических, гидрогеологических и геоэкологических процессах [1; 3; 6; 7; 25]. Главную роль при этом играло рассмотрение водоносных и водоупорных комплексов, водовмещающих горных пород, параметров их водопроницаемости и водоносности [1; 3; 4; 6; 10; 25; 30].

Организация и проведение исследований по определению уровней грунтовых вод и их современного геоэкологического состояния в пределах территории Оренбуржья базировалось на выявлении и анализе системы внешних воздействующих факторов и ее отдельных элементов. Это различные картометрические и морфометрические показатели рельефа [2; 5; 8; 23] (прежде всего густота элементов гидрографической сети, уклоны рельефа, показатели величины эрозионного вреза, базисные и вершинные поверхности, остаточный рельеф) и разнообразные сведения о гидрологических и метеорологических условиях. Были подтверждены влияние положения базисной поверхности на ближайший к поверхности водоносный горизонт и высокая корреляционная связь ее отметок с глубиной залегания грунтовых вод.

Определение порядков истоков рек в речных системах позволяет обосновать предельные положения уровенной поверхности подземных вод. Особенности рельефа, независимо от специфики и показателей геофильтрационной среды, определяют предельное положение пьезометрической поверхности фильтрационных потоков, что, в свою очередь, позволяет получить объективные и достоверные сведения о структуре и динамике подземных вод и выявить перспективные месторождения и эксплуатационные участки [20; 25; 27]. Результаты геоморфометрического анализа цифровой модели рельефа [2; 5; 8; 9; 16; 17; 22; 26], использованные для решения задачи определения глубины залегания уровня грунтовых вод, позволяют дополнительно получить набор следующих карт: порядков речных долин, водораздельных линий, базисных поверхностей, остаточного рельефа. При этом главным этапом в процессе создания при подготовке карты глубины залегания уровня грунтовых вод стало определение максимальной высоты выпуклости зеркала грунтовых вод (их водораздела) в депрессионной кривой междуречья [6].

В настоящее время в разных регионах Росси накоплен значительный опыт использования геоинформационных систем и технологий в изучении подземных вод [1; 25; 27; 29], геоинформационном картографировании их различных свойств и параметров [4; 12; 13; 15; 21] и решении практических задач их использования [10; 11; 18; 20]. В нашем случае программная реализация указанных выше исследований и решение названных задач осуществлялись с использованием предварительно созданного геоинформационного проекта [14] ГИС ArcGIS, с получением топографической поверхности, учитывающей все геоморфометрические особенности современного рельефа [9; 22; 24; 26; 28; 30] изучаемой территории, и проведением гидрологического и гидрогеологического моделирования [2; 9; 30], в соответствии с методикой, разработанной в Казанском федеральном университете [1; 8]. Построение гипсометрической поверхности осуществлялось с использованием функции ГИС ArcGIS TOPOGRID, позволяющей на выходе получать модели рельефа территорий, обладающие качеством, существенно превышающим таковое моделей на основе традиционных методов интерполяции. В процессе работы данная функция учитывает не только взаимное пространственное расположение изогипс и высотных отметок, но и аналогичное размещение линейных элементов речной сети, площадных водоёмов, локальных понижений рельефа. Использование дополнительных опций TOPOGRID даёт возможность получения гипсометрической поверхности, пригодной для гидрологического моделирования и учитывающей все особенности рельефа изучаемой территории [22; 24; 26; 28]. В процессе моделирования был использован размер ячейки грида 100 x 100 м. Он обеспечивает необходимую точность модели, с одной стороны – достаточную для проведения исследований регионального масштабного уровня, с другой – существенно не нагружающую машинные ресурсы при проведении соответствующих расчётов.

Для получения карты порядков речных долин входной рельеф на основе материалов SRTM [31] был предварительно подготовлен (фильтрация, обрезка по маске) и далее последовательно обработан специальными гидрологическими функциями ГИС ArcGIS FLOWDIRECTION, FLOWACCUMULATION, STREAMORDER (см. рис. 1). Так, для каждой ячейки входного грида с использованием функции FLOWDIRECTION определялись уклоны поверхности (определяющие направления потоков) (см. рис. 1), а далее, на основе полученной поверхности уклонов (направлений стока) – с FLOWACCUMULATION – суммарный сток (кумулятивный поток) (см. рис. 1). Результат анализа и сравнения полученной растровой модели водных потоков с аналогичной векторной выявил их значительное сходство, но при большей полноте первой модели. Функция STREAMORDER дает возможность определить в растровой модели порядок водных потоков (водотоков) (см. рис. 1). Последний этап моделирования заключался в конвертировании растровой модели

сети водотоков в векторную с определением порядка каждого элемента сети [2; 4]. Соответствующая технологическая схема выполненных работ представлена ниже (см. рис. 1).

Далее строились карты базисных поверхностей, объединяющих местные базисы эрозии. В качестве основы для их создания были использованы точки пересечения тальвегов с горизонталями рельефа, а для уточнения – дополнительные точки соединения тальвегов, со значениями высот, полученных по цифровой модели рельефа.



Рис. 1. Схема обработки данных в ГИС ArcGIS.

Такие карты могут быть получены для всех речных долин (базисная поверхность первого порядка) или с исключением долин первого (базисная поверхность второго порядка),

первого и второго (базисная поверхность третьего порядка) порядка и т. д. При расчёте поверхности рельефа и всех производных поверхностей задавался единый экстенд-те-м с одинаковым пространственным охватом и расположением, а также одинаковым размером ячеек гридов для всех тем геоинформационного проекта [14]. Это в дальнейшем позволило с использованием возможностей алгебры растров [27] и калькулятора растров ГИС ArcGIS выполнить получение разностных поверхностей путём простого вычитания значений соответствующих ячеек растров [2; 4].

Одна из производных карт – карта остаточного рельефа, получена как разность двух поверхностей – цифровой модели рельефа (дневная поверхность) и базисной (уровенная поверхность глубины залегания грунтовых вод). Степень защищенности подземных вод является качественной характеристикой и соответствующая количественная оценка может быть реализована в виде суммы условных баллов. Поскольку на данном этапе исследования учитывались только природные факторы, сумма баллов, определяющая степень защищенности грунтовых вод, зависела от условий залегания грунтовых вод, мощностей слабопроницаемых отложений и их литологического состава.

Выполненное в процессе исследования территории Оренбургской области геоморфометрическое изучение рельефа, организованное и проведенное с использованием программного обеспечения географических информационных систем, геоинформационных методов и технологий, позволили получить карту порядков речных долин (см. рис. 2), которая далее может быть использована для создания базисных поверхностей различного порядка. Карта порядков речных долин (см. рис. 2) также создана по результатам геоморфометрического анализа цифровой модели рельефа [2; 5; 8; 9; 16; 17; 22; 26] построенной на базе материалов радарной съемки Земли SRTM [31].

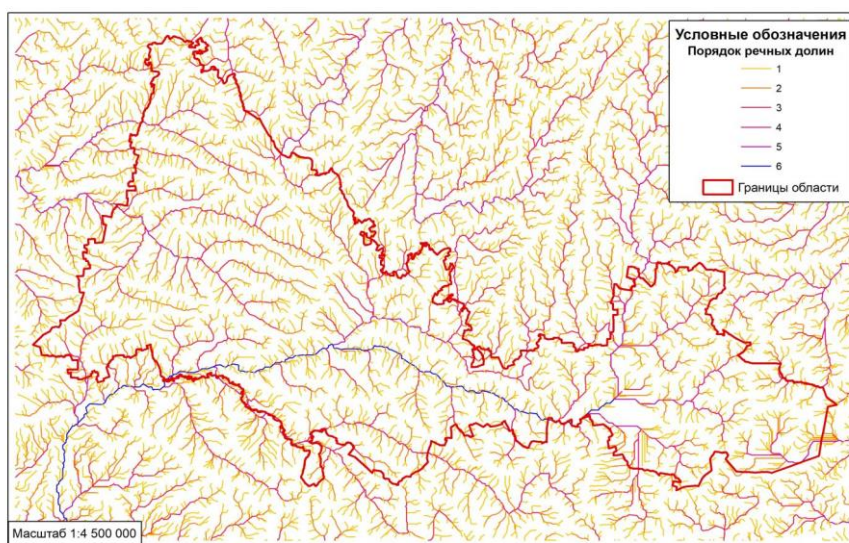


Рис. 2. Карта речных долин Оренбургской области разного порядка.

Полученная карта водотоков является более детальной, по сравнению с традиционной картой гидрографической сети, на которой может быть не отображена полная совокупная система промоин, оврагов, ложбин стока, временных водотоков, тальвегов. Результаты выполненного картометрического анализа [2; 5; 8, 23] показывают, что общая длина водотоков исследуемой территории Оренбургской области составляет 32 тыс. км, из них водотоков первого порядка – 17 тыс. км, их доля – 53 % общей длины. Всего на территории Оренбургской области было выделены речные долины шести порядков (см. рис. 2).

Для оценки был использован сопряженный анализ комплекса геоинформационно-картографических материалов на изучаемую территорию: геологической карты, карты глубины залегания уровня грунтовых вод и цифровой модели рельефа. Анализ геологической карты позволил выявить возраст и (с привлечением данных разведочно-эксплуатационных и наблюдательных скважин) литологический состав горных пород, слагающих зону аэрации. Анализ цифровой модели рельефа дал возможность оценить направления стока и углы наклонов поверхности исследуемой территории. Результаты геоморфометрического анализа показали, что общая плотность водотоков (густота речной сети) территории Оренбургской области составляет $0,45 \text{ км/км}^2$. При исключении долин первого порядка (показатель плотности таких водотоков достигает $0,11 \text{ км/км}^2$) густота речной сети, вычисленная на основании анализа векторной модели, составляет в границах области $0,39 \text{ км/км}^2$.

В ходе исследования отработана и применена методика, позволяющая определить глубину залегания грунтовых вод на основе геоморфометрического анализа рельефа, данных о геологическом строении территории, цифровой модели рельефа местности, а также был апробирован метод определения и оценки защищенности подземных вод. В работе рассматривались природные факторы, с учетом степени защищенности грунтовых вод (определяемой условиями их залегания) и водопроницаемости горных пород (водопроницаемые, слабоводопроницаемые и водонепроницаемые), их мощностями и литологическим составом, а также углами наклона рельефа местности.

Научная новизна проведенного исследования заключается в том, что впервые для условий Оренбургской области определена глубина залегания уровня грунтовых вод и степень их защищенности от внешних воздействий на основе геоморфометрического анализа рельефа. Практическая значимость работы состоит в том, что её результаты могут быть использованы для целей организации и осуществления системы мероприятий комплексного геоэкологического мониторинга окружающей среды в целом и геологической – в частности [6; 7; 10; 11; 18; 29], подземной и поверхностной гидросферы [20], водозаборов отдельных предприятий [1; 21; 25; 27], водных объектов и их параметров [12; 13; 15]. В частности, это

может быть разработка проектов организации зон санитарной охраны подземных водоисточников [21], систем децентрализованного водоснабжения, мероприятий по организации мест размещения отходов производства и потребления и др. Использование результатов исследования возможно организациями экологического и природоохранного профиля в процессе оценки экологических рисков при разработке и практической реализации проектов хозяйственного освоения новых территорий в пределах изучаемого региона. Значимость результатов выполненного исследования подчёркивается тем фактом, что водоснабжение Оренбургской области в современных условиях на 95 % осуществляется за счёт подземных вод, при этом на хозяйственно-питьевые нужды используется 74 % всего извлекаемого объема [3; 6], что говорит о высокой значимости качества подземных вод для региона и степени их защищенности от поверхностных загрязнений.

Геоинформационные и картографические материалы [2; 5], получаемые в ходе работ по выявлению возможностей определения особенностей грунтовых вод с использованием геоинформационных технологий, могут способствовать разработке рекомендаций по улучшению экологической ситуации в регионе [1; 3; 6; 7; 10; 21; 29]. Грунтовые воды, как ближайший к земной поверхности элемент подземной гидросферы в наименьшей степени защищены от возможного поверхностного загрязнения. Практически все объемы поверхностных загрязняющих веществ, поступивших через зону аэрации, оказываются вначале в горизонте грунтовых вод, а далее они могут поступать и в более глубокие подземные водные горизонты. Роль грунтовых вод, являющихся первоочередным объектом самого глубокого и тщательного изучения, очень важна в общем процессе загрязнения подземных вод. Для уменьшения антропогенной нагрузки на геологическую среду (и, в частности, на грунтовые воды) необходимо снижение общего техногенного давления и антропогенной нагрузки на ландшафты. В частности, восстановление уровня грунтовых вод, их гидрофизических и гидрохимических свойств нуждается в организации рекультивации нарушенных земель. Вблизи объектов, представляющих экологическую опасность для грунтовых вод и в районах их использования населением для питьевого водоснабжения в обязательном порядке требуется создание сети государственного и локального мониторинга качества подземных вод [11; 20; 21; 25; 27; 29].

Проведённые нами исследования по выявлению возможностей определения особенностей грунтовых вод с использованием геоинформационных технологий позволили получить следующие результаты и сделать следующие выводы. Для условий Оренбургской области отработана и апробирована методика определения глубины залегания уровня грунтовых вод с использованием геоинформационных технологий на основе данных радарной съёмки Земли SRTM и материалов гидрогеологических исследований. С

использованием возможностей программных средств ГИС ArcGIS, на основе проведения геоморфометрического анализа рельефа определена глубина залегания уровня грунтовых вод. Продемонстрирована связь глубина залегания с особенностями остаточного рельефа, определенного на основе карты базисной поверхности второго порядка. С использованием технических и программных средств геоинформатики и геоинформационных систем, привлечением данных о глубине залегания уровней грунтовых вод, особенностях геологического и гидрогеологического строения и литологических свойств горных пород исследуемой территории, цифровой модели рельефа местности определена степень защищенность грунтовых вод. Выделены три зоны разной степени защищенности грунтовых вод от поверхностного загрязнения: хорошо защищённые; защищённые и слабо защищённые. С использованием описанной выше методики была создана карта речных долин Оренбургской области разного порядка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артамонова М. М., Юльметова А. Ф., Устимова А. М. Научно-методические аспекты оценки защищенности подземных вод с учётом результатов инженерно-геологических изысканий для планирования природоохранных мероприятий на объектах нефтедобычи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tatnipi.ru/upload/sms/2015/bur/001.pdf> (дата обращения: 04.07.2024).
2. Геоинформатика: в 2 кн. Кн. 1: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Е. Г. Капралов, А. В. Кошкарёв, В. С. Тикунов и др. / Под. ред. В. С. Тикунова. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 400 с.
3. Ишмухаметова А. И., Павлова В. С. Характеристика водных ресурсов Оренбуржья // Научно-исследовательские публикации. – 2015. – Т. 1. – № 3(23). – С. 38–43.
4. Ковалев Д. В. Проблема определения защищенности грунтовых вод на примере Смоленской области // Проблемы региональной экологии. – 2009. – № 6. – С. 78–82.
5. Кузьмин С. Б., Невзорова И. В., Черкашин Е. А., Шаманова С. И. Геоинформационное картографирование на основе модели пластики рельефа и возможность ее использования при геоморфологическом анализе // Геоинформатика. – 2016. – № 2. – С. 19–34.
6. Куксанов В. Ф., Гарицкая М. Ю., Байтелова А. И., Куксанова Е. В. Экология региона. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008. – 177 с.
7. Мячина К. В. Геоэкологический анализ и пути оптимизации ландшафтов степной зоны в условиях разработки нефтегазовых месторождений: дисс. ... д-ра. геогр. наук. – Оренбург, 2021. – 276 с.

8. Нугманов И. И., Нугманова Е. В., Чернова И. Ю. Основы морфометрического метода поиска неотектонических структур: Учебно-методич. пособие. – Казань: Казанский университет, 2016. – 53 с.
9. Обутов К. А., Данилов Ю. Г. Автоматизация определения границ речных бассейнов малых рек на примере Хангаласского района РС (Я) // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. Серия «Науки о Земле». – 2024. – № 2 (34). – С. 60–67.
10. Пиотровский В. А. ГИС в питьевом водоснабжении из подземных источников // Геодезия и картография. – 2008. – № 4. – С. 37–39.
11. Тесленок К. С. Возможности геоинформационных систем в управлении инновациями, ресурсами и природопользованием // Вестник Казахского университета экономики, финансов и международной торговли. – 2014. – № 3. – С. 135–138.
12. Тесленок К. С. Геоинформационно-картографическое моделирование температуры подземных вод // Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы V Всерос. науч.- практ. конф. (Воронеж, 19–22 сент. 2013 г.). – Воронеж: Изд. «Цифровая полиграфия», 2013. – С. 154–161.
13. Тесленок К. С. Картографирование результатов исследования качества воды водоисточников системы водоснабжения Саранска // Геоинформационное картографирование в регионах России: Материалы Всероссийской науч.-практич. конф. (Воронеж, 2–4 декабря 2009 г.). – Воронеж: Истоки, 2009. – С. 212–217.
14. Тесленок К. С. Создание геоинформационного проекта и его использование в целях развития хозяйственных систем // Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы VII Всерос. научно-практич. конф. (Воронеж, 10–12 дек. 2015 г.). – Воронеж: Научная книга, 2015. – С. 134–138.
15. Тесленок К. С., Манухова В. Ф. Карта качества воды скважин водозабора как результат прохождения производственной практики // Инновационные процессы в высшей школе: материалы XIX Всероссийской научно-практической конференции. – Краснодар: Изд. ФГБОУ ВПО КубГТУ, 2013. – С. 142–144.
16. Тесленок К. С., Муштайкин А. П., Тесленок С. А. Изучение особенностей сельскохозяйственных угодий с использованием цифровых моделей рельефа // Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС», 2020. – Т. 26. – Ч. 3. – С. 221–228.
17. Тесленок К. С., Тесленок С. А. Возможности использования цифровых моделей рельефа в управлении земельными ресурсами региона // Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС», 2014. – Т. 20. – С. 358–370.

18. Тесленок К. С., Тесленок С. А. Геоинформационные технологии в управлении природными ресурсами // Актуальные проблемы гуманитарных и социально-экономических наук. – 2016. – № 10-4. – С. 107–112.
19. Тесленок К. С., Тесленок С. А. Технология получения аэрокосмической информации для решения проблем природопользования // Природно-ресурсный потенциал, экология и устойчивое развитие регионов России: сб. статей XIII Междунар. науч.-практич. конф. – Пенза: РИО ПГСХА, 2015. – С. 90–94.
20. Тесленок К. С., Тесленок С. А., Манухов В. Ф. Геоинформационно-картографическое обоснование управленческих решений в использовании подземных вод // Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС», 2014. – Т. 20. – С. 430–438.
21. Тесленок К. С., Тесленок С. А., Чирков Н. Н., Янгляев В. Р., Блохин А. В. Методика автоматизированного построения карт зон санитарной охраны источников водоснабжения и водопроводов питьевого назначения // Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы IV (заочной) Всерос. науч.-практ. конф. (Воронеж, 15 нояб. 2012 г.). – Воронеж: Научная книга, 2012. – С. 124–130.
22. Тесленок К. С., Фомин Н. М., Тесленок С. А. Выявления мест возможного размещения малых гидроэлектростанций в Республике Мордовия на основе цифровых моделей рельефа // Ученые записки Крымского федерального университета имени В. И. Вернадского. География. Геология. – 2020. – Т. 6 (72), № 3. – С. 358–370.
23. Тесленок С. А. Использование карт: учеб. пособие. – Саранск: Изд-во Мордов. университета, 2021. – 97 с. – 2,66 Мб. – Режим доступа: https://rusneb.ru/catalog/000199_000009_010776558/?ysclid=lpeadffk9093221090 (дата обращения: 04.07.2024).
24. Тесленок С. А., Василькина Д. Н., Тесленок К. С. Создание гидрологически корректной цифровой модели рельефа для последующего использования в практике сельскохозяйственного производства // Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы VII Всерос. науч.-практ. конф. (Воронеж, 10-12 дек. 2015 г.). – Воронеж: Научная книга, 2015. – С. 138–143.
25. Тесленок С. А., Манухов В. Ф., Тесленок К. С. Картографическое обеспечение ведения локального мониторинга в МП «Саранскгорводоканал» // ИнтерКарто. ИнтерГИС-16: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: материалы Междунар. конференции (Ростов-на-Дону (Россия), Зальцбург (Австрия)), 3–4 июля 2010 г. – Ростов-на-Дону, 2010. – С. 182–195.
26. Тесленок С. А., Манухов В. Ф., Тесленок К. С. Цифровое моделирование рельефа

Республики Мордовия // Геодезия и картография. – 2019. – № 7. – С. 30–38.

27. Тесленок С. А., Тесленок К. С., Манухов В. Ф. Использование алгебры карт при ведении локального мониторинга подземных вод в МП «Саранскгорводоканал» // ИнтерКарто. ИнтерГИС-18: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт. Материалы междунар. конф. (Смоленск (Россия), Сен-Дье-де-Вож (Франция)), 26 июня – 4 июля 2012 г. – Смоленск, 2012. – С. 93–97.

28. Тесленок С. А., Тесленок К. С., Ютяева Д. Н., Васильковская Е. А. Методика создания и современное состояние цифровой карты рельефа Республики Мордовия // География та туризм. – 2014. – Вып. 27. – С. 251–258.

29. Юртаев А. А., Тесленок К. С. Возможности геоинформационных систем и дистанционного зондирования Земли в исследованиях и мониторинге окружающей природной среды и обеспечения экологической безопасности // «Молодежь и наука - 2019»: материалы VI междунаро. студенческ. науч.-практич. конф. «Молодежь и наука-2019», посвящ. «Jastar july»: в 5 томах. – Т. 5. – Петропавловск, 2019. – С. 246–252.

30. Ryan C., Boyd M. CatchmentSIM: a new GIS tool for topographic geo-computation and hydrologic modelling // Proc. 28th Int. Hydrol. Water Resour. Symp. (Wollongong, 10-14 Nov. 2003). – Barton: Institution of Engineers Australia. – 2003. – Vol. 1. – P. 35–42.

31. SRTM Data // CGIAR. Consortium for Spatial Information (CGIAR - CSI) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://srtm.csi.cgiar.org/srtmdata/> (дата обращения: 04.07.2024).

КАЛАШНИКОВА Л. Г., КОВАЛЕНКО А. К., РОДИОНОВ И. В., ТЕСЛЕНОК С. А.
КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЧИСЛЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ
РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ СРЕДСТВАМИ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Аннотация. В статье на примере данных о численности населения муниципальных образований Республики Мордовия показаны возможности использования инструментария геоинформационной системы QGIS для анализа, оценки и визуального представления подобных данных в картографическом виде. Приведены картографические материалы, визуализирующие особенности пространственного распределения численности населения муниципальных образований с использованием способа количественного фона, плотности точек, тепловой карты на основе статистических моделей методом равных интервалов и квантилей, карт-анаморфозов.

Ключевые слова: картографическая оценка, численность населения, геоинформационная система, ГИС, QGIS, визуальное представление данных, карты, Республики Мордовия.

KALASHNIKOVA L. G., KOVALENKO A. K., RODIONOV I. B., TESLENOK S. A.
CARTOGRAPHIC ESTIMATION OF POPULATION SIZE OF THE REPUBLIC OF
MORDOVIA BY MEANS OF GEOINFORMATION SYSTEMS

Abstract. The article shows the capabilities of using the tools of the QGIS geographic information system for the analysis, evaluation and visual presentation of population data in cartographic form. The study is carried out on the data of the population of municipal districts of the Republic of Mordovia. The methods of quantitative background, point density, heat map based on statistical models by the method of equal intervals and quantiles, maps of anamorphosis are used. As a result, cartographic materials visualizing the features of the spatial distribution of the population of municipal districts are presented.

Keywords: cartographic estimation, population, geographic information system, GIS, QGIS, visual data representation, maps, Republic of Mordovia.

Анализ демографической ситуации в пределах того или иного региона и выявление особенностей пространственного распределения демографических показателей широко распространены в разного рода исследованиях. Нередко они ограничиваются выявлением чисто статистических аспектов и оценками демографической ситуации и отдельных демографических показателей различных территорий [2; 6; 8; 9]. Гораздо больший интерес представляют работы, в которых указанные демографические показатели и их комплексы моделируются [22; 23], в т. ч. и с использованием ГИС и геоинформационных технологий

[1; 4; 7; 12–14; 16; 19–21; 24] и визуализированы картографически с выполнением последующего анализа [1; 3-5; 10–13; 16; 19–21]. Применительно к анализируемой территории Республики Мордовия – это отдельные демографические показатели и процессы [1; 5; 12; 16; 19], пространственно-временных особенности сельского расселения [4], специфика и динамика расселения народов региона [13; 20; 21].

Наиболее приемлемый в настоящее время способ картографирования – геоинформационное картографирование на основе информации, хранящейся в базах данных цифровых слоев геоинформационных проектов [15] географических информационных (геоинформационных) систем (ГИС). Одной из таких является свободная – с открытым объектным кодом – ГИС QGIS [24]. Она имеет в своем составе обширный инструментарий для разных видов визуализации разнообразной статистической информации, представленной в атрибутивных таблицах цифровых слоев геоинформационных проектов [15] и пространственных базах данных. Прежде всего, это позволяет наиболее наглядно графически визуализировать подобную информацию традиционными для представления пространственных (географических) данных картографическими методами, принятыми в тематической картографии [3; 10; 15; 17; 18].

Одним из таких методов является представление геоданных часто используемым способом картографического изображения (отображения) [3; 10; 17; 18] – способом количественного фона. Это один из способов представления пространственного распределения числовых количественных и качественных данных, основанный на использовании различных цветов или типов штриховок. Он очень наглядно позволяет визуализировать особенности пространственного распространения показателей концентрации, плотности или интенсивности картографируемого явления на карте.

Для практической реализации этого способа средствами QGIS, можно воспользоваться одним из свойств площадного (полигонального) векторного слоя. В данном случае он представляет муниципальные образования территории Республики Мордовия в границах городского округа Саранск, а также городских и сельских поселений муниципальных районов региона. Атрибутивная таблица этого слоя включает информацию о численности населения для каждого из объектов. В таблице 1 на примере информации по внутригородским районам Саранска и городским населенным пунктам территории городского округа Саранск, а также поселениям Ардатовского муниципального района Мордовии (табл. 1) представлен фрагмент исходных данных [8].

Для картографической визуализации данных необходимо задать в свойствах слоя муниципальных образований стиль отображения в виде «Символизация по диапазонам значений», далее задать нужное значение диапазонов, выбрать градиент и выполнить

классификацию (см. рис. 1).

Таблица 1

Фрагмент исходных данных численности населения в разрезе поселений Мордовия

Оценка численности постоянного населения на 1 января 2023 г. с учетом итогов ВПН-2020	все население (человек)	В том числе:	
		городское	сельское
Республика Мордовия	771373	490388	280985
Городской округ Саранск	340591	330878	9713
г Саранск	312252	312252	-
в том числе внутригородские районы:			
Ленинский район	102099	102099	-
Октябрьский район	120121	120121	-
Пролетарский район	90032	90032	-
пгт Луховка	8812	8812	-
пгт Николаевка	3610	3610	-
пгт Ялга	6204	6204	-
Ардатовский муниципальный район	23935	13006	10929
Городское поселение Ардатов	8698	8698	-
г Ардатов	8698	8698	-
Тургеневское городское поселение	4308	4308	-
пгт Тургенево	4308	4308	-
Ардатовское сельское поселение	558	-	558
Баевское сельское поселение	1522	-	1522
Каласевское сельское поселение	837	-	837
Кечушевское сельское поселение	594	-	594
Куракинское сельское поселение	433	-	433
Кученяевское сельское поселение	833	-	833
Луньгинско-Майданское сельское поселение	236	-	236

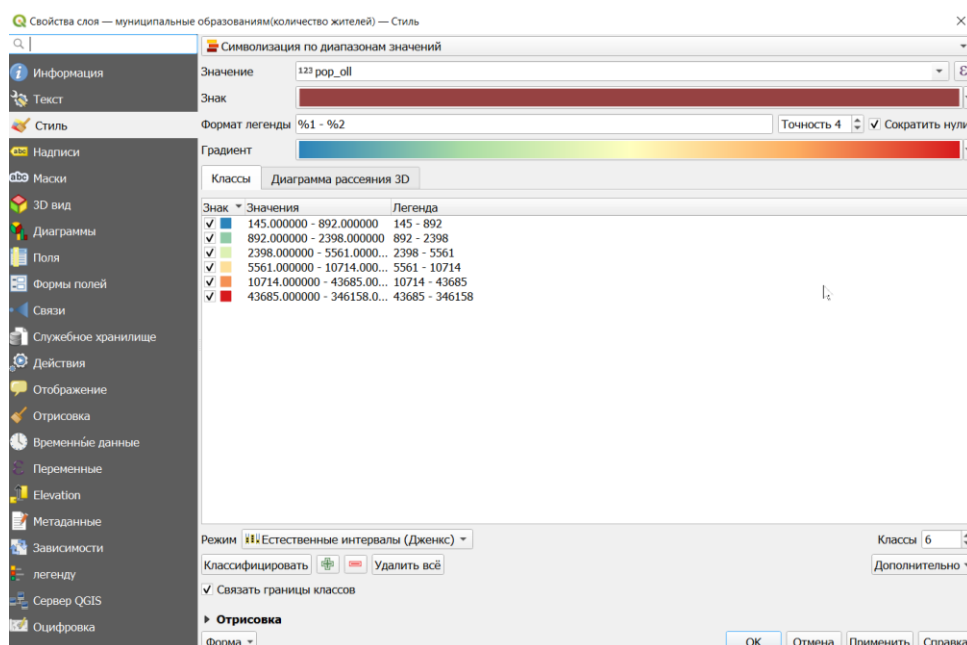


Рис. 1. Выбор свойств слоя для отображения способом количественного фона.

Результаты данной классификации будут представлены в виде соответствующей карты (рис. 2).

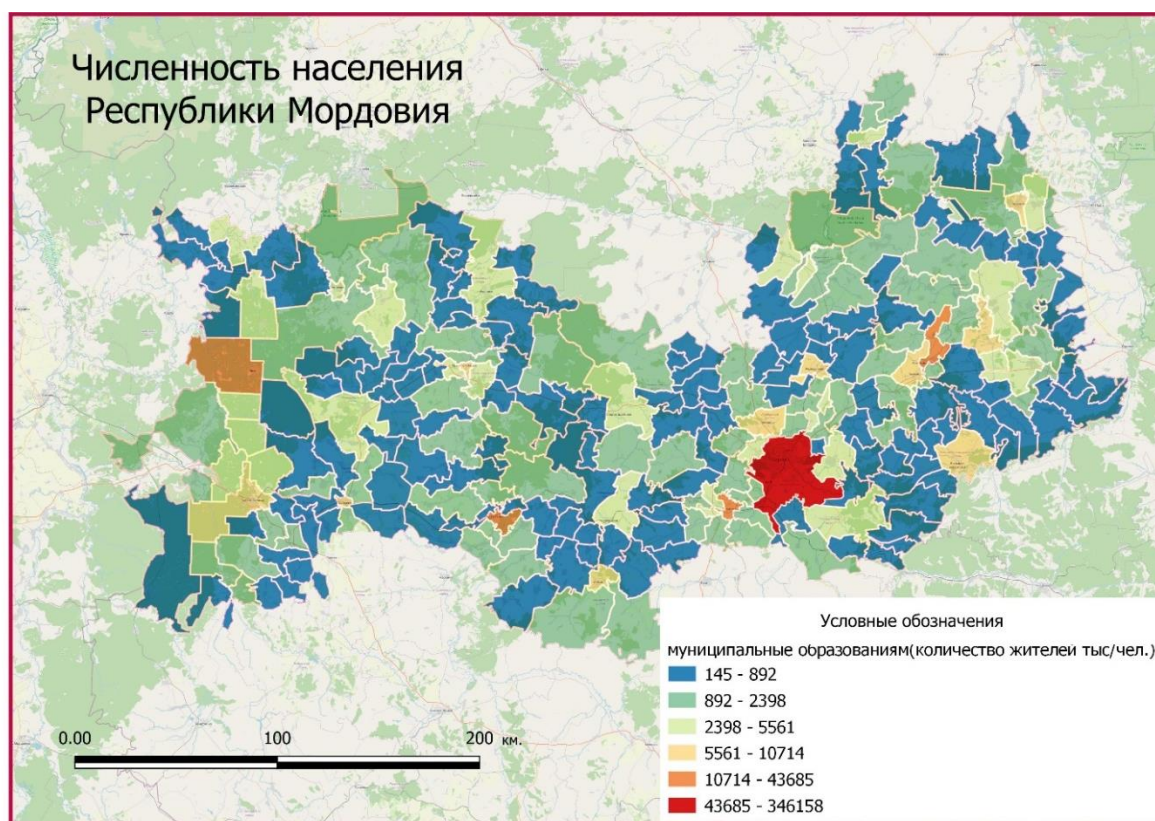


Рис. 2. Численность населения Республики Мордовия (способ количественного фона).

Численность населения анализируемой территории также можно наглядно представить на карте способом плотности точек [3; 10; 17; 18]. Для построения подобных карт по численным показателям объектов векторных слоев в QGIS есть специальный модуль Dot Density (см. рис. 3).

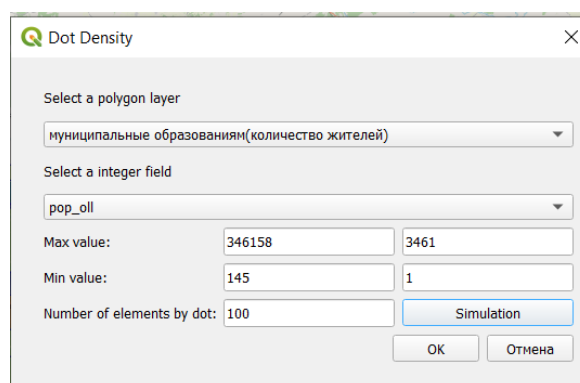


Рис. 3. Настройка параметров обработки в модуле Dot Density.

Полученные карты плотности точек дают возможность оперативной оценки плотности распределения объектов или их отдельных характеристик в пределах исследуемой территории. В нашем случае – это количество населения в муниципальных образованиях

Республики Мордовия (см. рис. 4).

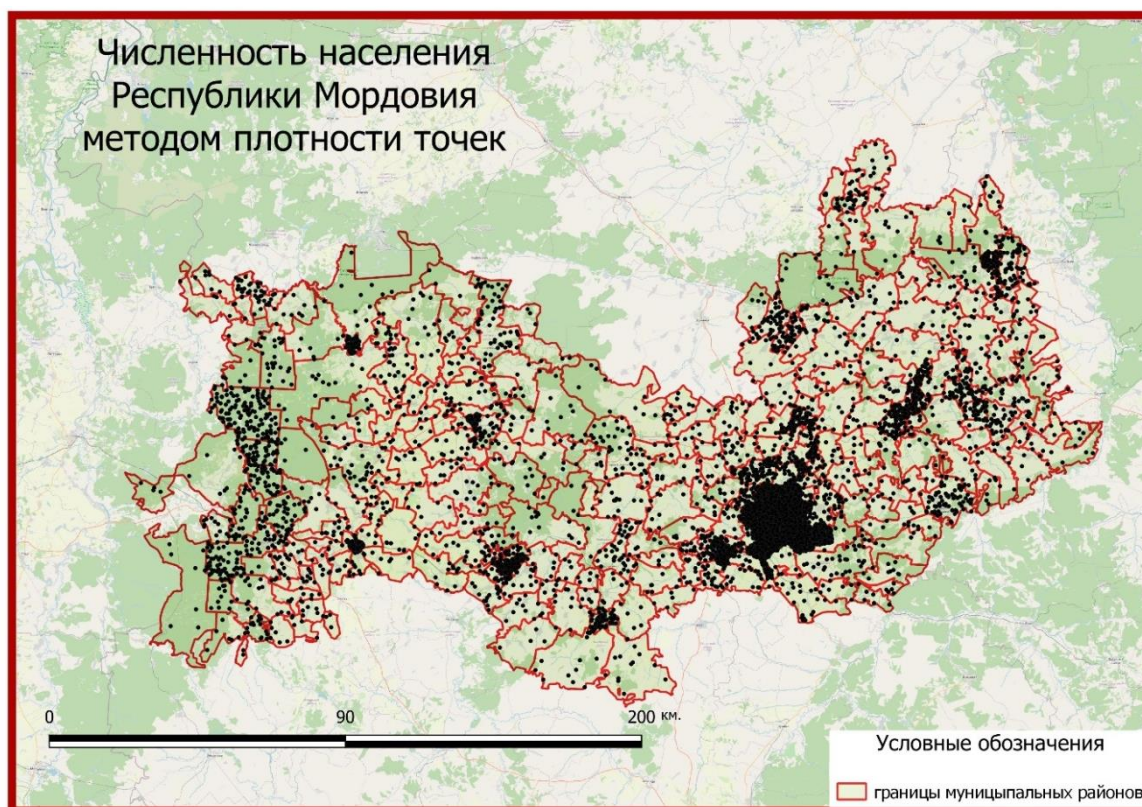


Рис. 4. Численность населения Республики Мордовия (способ плотности точек).

Использование данного способа имеет важные особенности. Так, муниципальные образования различные по площади, но с примерно одинаковым количеством населения, были бы отнесены к одному классу и имели бы одинаковый цвет на карте, полученной с использованием способа количественного фона (см. рис. 2). Карта же, построенная способом плотности точек, может показать, что меньшие по размеру муниципальные районы имеют более высокую плотность, поскольку содержат такое же количество точек, но в пределах меньшей площади (см. рис. 4). Таким образом, карта плотности точек способна показать различия между такими территориями.

Одним из важных инструментов визуального пространственного анализа является тепловая карта (heatmap, или растр плотности), представляющая собой растровую поверхность, полученную методом оценки плотности ядер. Любая тепловая карта является картой интенсивности, отображающей пространственные особенности распределения точек по той или иной территории. В QGIS подобные карты можно получить на основании карт численности населения, построенных ранее с использованием способа плотности точек (см. рис. 4).

Аналитический инструментарий QGIS содержит инструмент, позволяющий на основе точечного слоя получать растровые слои тепловых карт, используя различные

статистические модели.

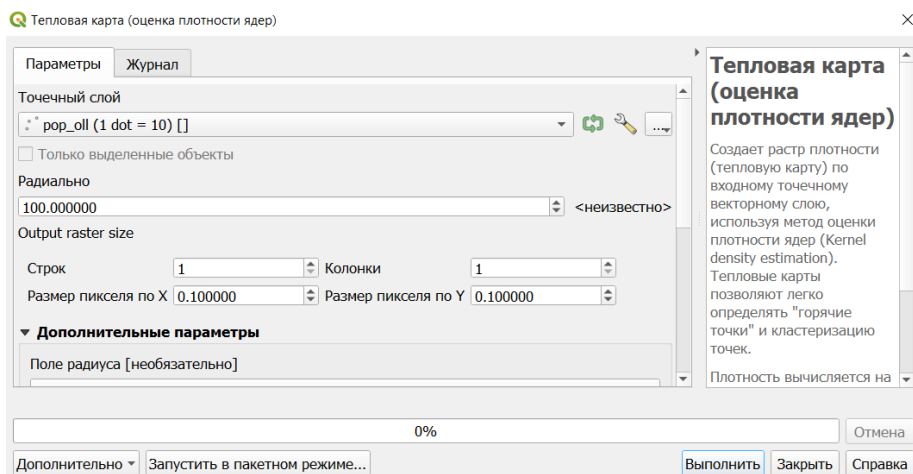


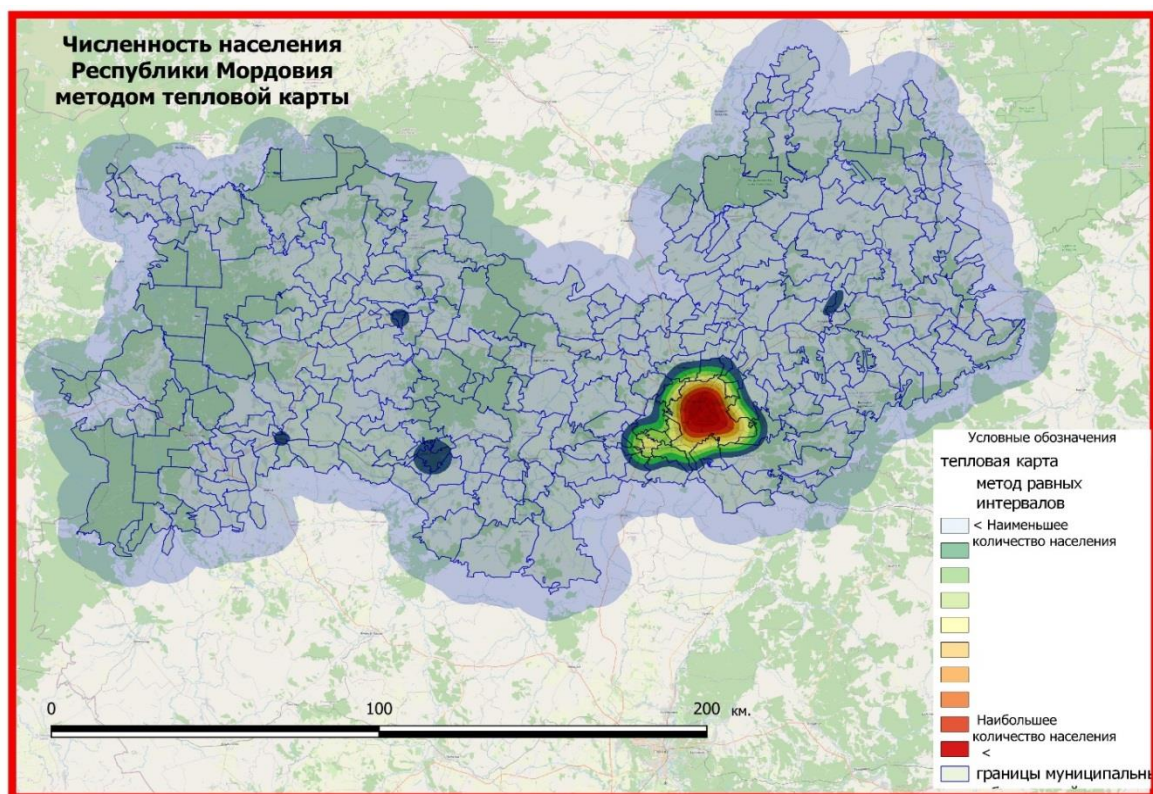
Рис. 5. Настройка параметров для создания тепловой карты численности населения.

Ниже представлены тепловые карты, полученные на основе таких статистических моделей, как метод равных интервалов (см. рис. 6, а) и метод квантилей (см. рис. 6, б).

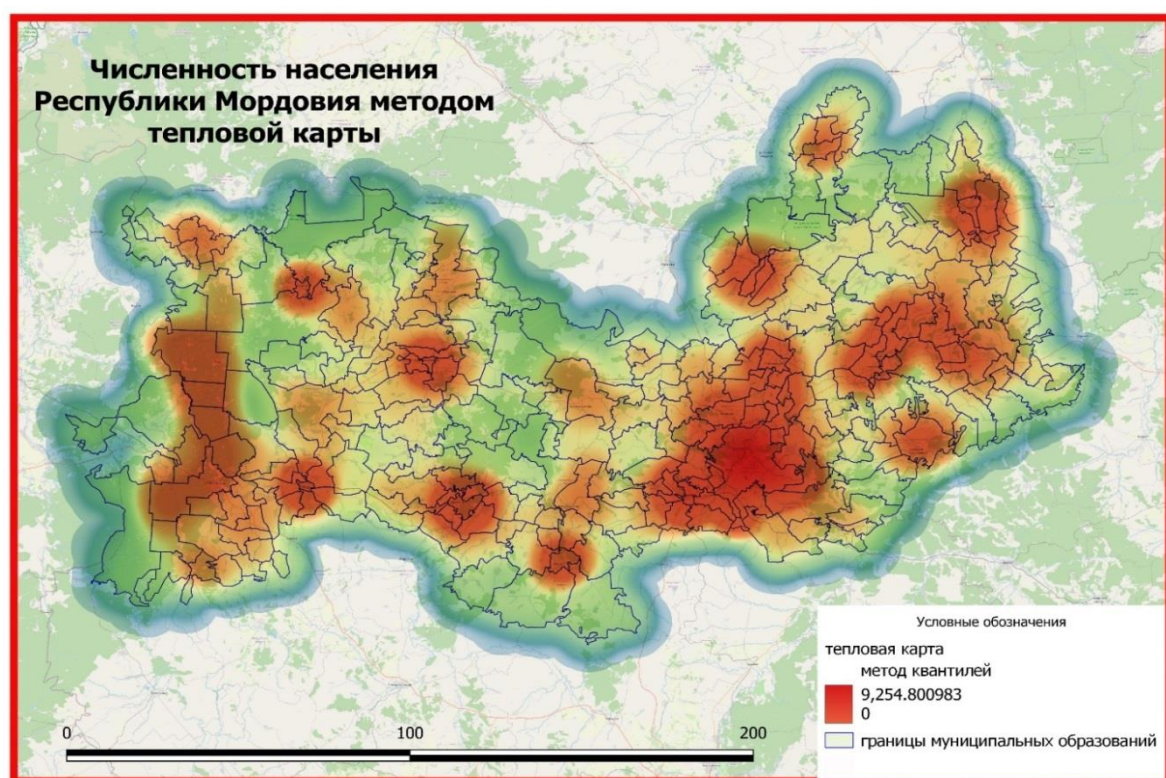
В QGIS есть возможность анализировать пространственно распределенные статистические данные на основе построения специальных карт анаморфоз, которые могут быть получены с использованием модуля cartogram3.

Анаморфозы – это картографические изображения, созданные путем преобразования другого картографического изображения (например, карты количественного фона), в нашем случае – на основании разницы в показателях численности населения между отдельными муниципальными образованиями.

Все полученные картографические модели наглядно и достаточно синхронно отражают максимальную степень концентрации населения прежде всего в пределах территории городского округа Саранск (с численность населения более 340 тыс. чел. – 340,6 тыс. чел. (см. табл. 1) [8]) (см. рис. 2, 4, 6, 8). Другие значительные по числу жителей районы сосредоточения высокой плотности населения (от 9 тыс. до 42 тыс. чел. [8]) также отмечаются в городских поселениях, таких как. Рузаевка (42,4 тыс. чел.) и Ковылкино (19,5 тыс. чел.), Zubovo-Polyanskoye (11,95 тыс. чел.), Komсомольское (11,5 тыс. чел.), Чамзинка (9,9 тыс. чел.), Торбеевское (9,3 тыс. чел.) [8]. Муниципальные образования с низкой численностью населения (до 1 тыс. чел) распределены по всей территории республики. но наибольшая их концентрация отмечается в Zubovo-Polyanskoye, Tnygushyevskoye, Elynikovskoye, Kochurovskoye, Dubenskoye муниципальных районах [8]. Разброс численности жителей изменяется от 997 чел. (Шишкеевское сельское поселение Рузаевского муниципального района) до 129 чел. (Новомаманинское сельское поселение Ковылкинского муниципального района).



а



б

Рис. 6. Численность населения Республики Мордовия (способ тепловой карты:
а – метод равных интервалов; б – метод квантилей).

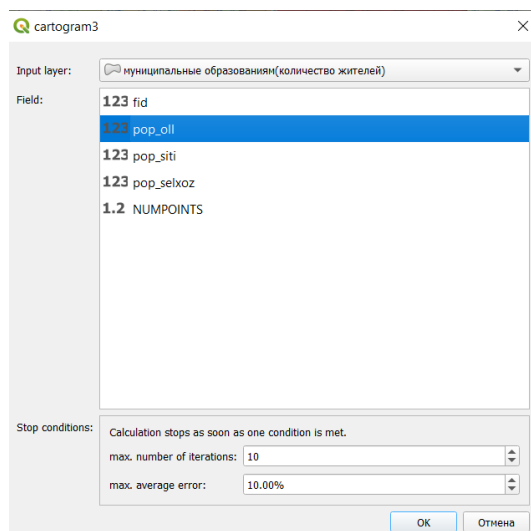


Рис. 8. Настройка параметров модуля cartogram3.

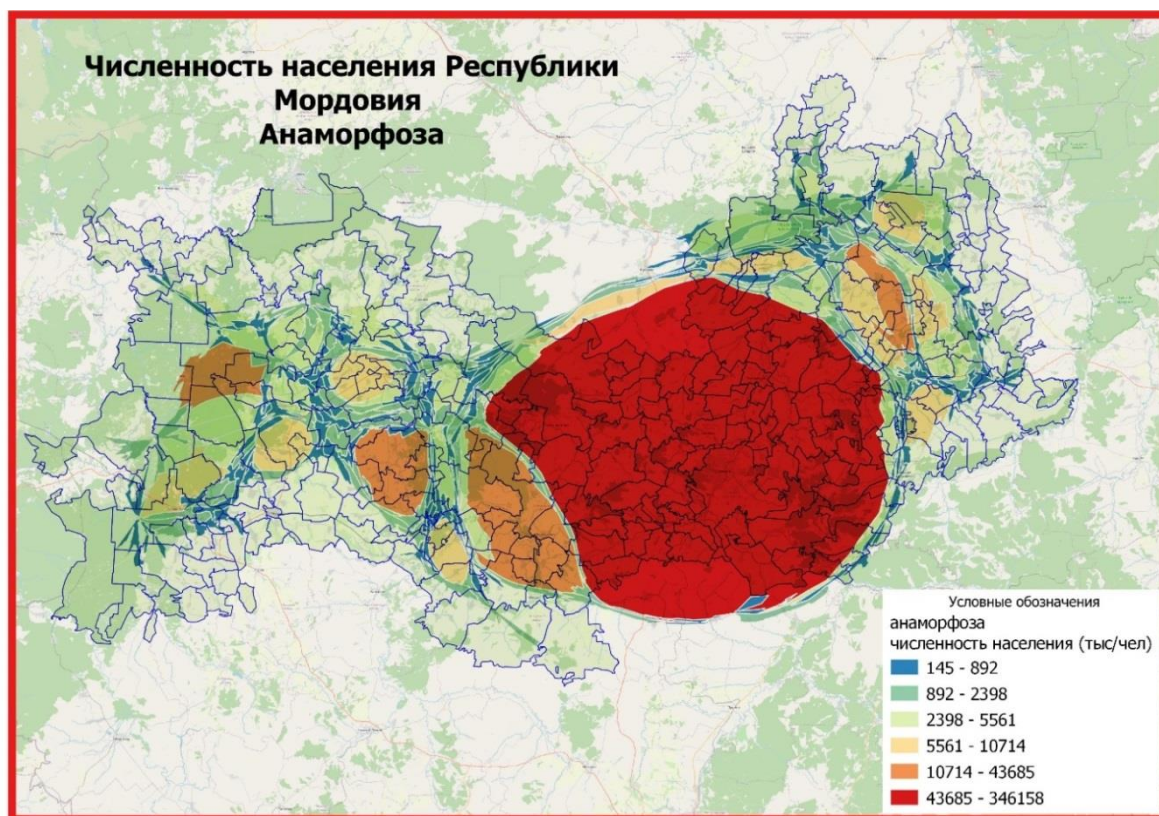


Рис. 8. Численность населения Республики Мордовия (способ анаморфозы).

Наибольшее количество таких поселений (12) – в Ковылкинском и Зубово-Полянском муниципальных районах (общее число поселений 19 и 18 соответственно), наименьшее (2) – в Инсарском (из общего числа четырех) и нет ни одного – в Атяшевском муниципальном районе (численность каждого из 6 сельских поселений превышает 1 тыс. чел).

Таким образом, в работе приведены картографические материалы, созданные на основе различных методов визуализации данных о численности населения муниципальных образований Республики Мордовия с использованием аналитических инструментов геоинформационной системы QGIS. Кроме сведений о методике использования аналитического инструментария данной геоинформационной системы, кратко представлены анализ и оценка выявленных особенностей пространственного распределения численности населения муниципальных образований региона.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Байчурина Р. М., Тесленок С. А. Проектирование и создание серии карт демографических показателей субъектов Приволжского федерального округа [Электронный ресурс] // Огарёв-online. – 2021. – № 5. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/proektirovanie-i-sozdanie-serii-kart-demograficheskix-pokazatelej-subektov-privolzhskogo-federalnogo-okruga> (дата обращения: 18.02.2024).
2. Грызлова Д. А. Демографическая ситуация в Республике Мордовия: статистический аспект [Электронный ресурс] // Огарёв-Online. – 2022. – № 8 (177). – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/demograficheskaya-situatsiya-v-respublike-mordoviya-statisticheskiy-aspekt> (дата обращения: 18.02.2024).
3. Евтеев О. А., Ковалев С. А. Карты населения // Социально-экономические карты в комплексных региональных атласах. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1968. – 168 с.
4. Ивлиева Н. Г., Манухов В. Ф. Геоинформационно-картографическое обеспечение исследований пространственно-временных особенностей сельского расселения Республики Мордовия // Материалы Международной конференции «ИнтерКарто. ИнтерГИС». – 2017. – Т. 23. – № 2. – С. 64–77.
5. Ивлиева Н. Г., Примаченко Е. И., Манухов В. Ф. О картографическом обеспечении исследований демографических процессов (на примере Республики Мордовия) // ИнтерКарто/ИнтерГИС 15: Устойчивое развитие территорий: Теория ГИС и практический опыт: материалы Междунар. конф. – Пермь, Гент, 2009. – С. 214–218.
6. Логинова Н. Н. Демографический портрет регионов Приволжского ФО // Российский институт стратегических исследований [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://riss.ru/article/4089/> (дата обращения: 18.02.2024).
7. Манухов В. Ф., Ивлиева Н. Г. О построении картографических изображений средствами ГИС-пакетов // Педагогическая информатика. – 2015. – № 1. – С. 55–63.
8. Оценка численности постоянного населения на 1 января 2023 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://13.rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Численность%2>

Онаселения%20на%201%20января%202023%20г%20по%20МО%20РМ.xlsx (дата обращения: 18.02.2024).

9. Плигин И. Д. Статистический анализ демографических показателей Республики Мордовия // Тенденции развития науки и образования. – 2021. – № 79. – С. 81–84.

10. Салищев К. А. Проектирование и составление карт. – М.: Изд-во МГУ, 1987. – 239 с.

11. Сегидя Е. Ю. Особенности применения картографического метода в общественно-географическом исследовании демографической ситуации // Молодежь и наука: реальность и будущее: материалы III Международной научно-практической конференции: в 6 т. – Т. 5: Естественные и прикладные науки. Невинномысск, 2010. – С. 296–298. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://dspace.univer.kharkov.ua/handle/123456789/2809> (дата обращения: 18.02.2024).

12. Создаев А. А., Тесленок К. С. Технология подготовки материалов для картографирования потенциала поля расселения [Электронный ресурс] // Огарев-online. – 2019. – № 3. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/tehnologiya-podgotovki-materialov-dlya-kartografirovaniya-potenciala-polya-rasseleniya> (дата обращения: 18.02.2024).

13. Тесленок С. А., Макарова К. П. Геоинформационное картографирование расселения народов на территории Республики Мордовия // Современные проблемы территориального развития: электрон. журн. – 2017. – № 2. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://terjournal.ru/2017/id09/> (дата обращения: 18.02.2024).

14. Тесленок К. С. Возможности геоинформационных систем в управлении инновациями, ресурсами и природопользованием // Вестник Казахского университета экономики, финансов и международной торговли. – 2014. – № 3. – С. 135–138.

15. Тесленок К. С. Создание геоинформационного проекта и его использование в целях развития хозяйственных систем // Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы VII Всероссийской научно-практической конференции (Воронеж, 10-12 декабря 2015 г.). – Воронеж: Научная книга, 2015. – С. 134–138.

16. Тесленок К. С., Создаев А. А., Манухов В. Ф. Геоинформационное картографирование потенциала поля расселения населения Республики Мордовия // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2019. – Т. 5 (15). – Вып. 3. – С. 223–230.

17. Тесленок К. С., Тесленок С. А. Возможности картографирования показателей сельскохозяйственных систем регионов Республики Беларусь с использованием способа картодиаграмм // Стратегия и тактика развития производственно-хозяйственных систем: сб. науч. тр. – Гомель: ГГТУ им. П. О. Сухого, 2021. – С. 26–31.

18. Тесленок С. А. Экологическое картографирование: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2022. – 141 с. – Режим доступа: <http://catalog.inforeg.ru/Inet/GetEzineByID/338160> (дата обращения: 18.02.2024).
19. Тесленок С. А., Байчурина Р. М. Картографирование демографических показателей субъектов Приволжского федерального округа в 2018 г. // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2020. – Т. 14. – № 1. – С. 112–118.
20. Тесленок С. А., Исхакова М. Ю. Картографирование пространственно-временной динамики расселения татар на территории Республики Мордовия // Геополитика и экогеодинамика регионов. – 2020. – Т. 6 (16). – Вып. 3. – С. 287–293.
21. Тесленок С. А., Исхакова М. Ю. Картографический анализ расселения татар в Республике Мордовия // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2020. – Т. 14. – № 2. – С. 83–88.
22. Тикунов В. С. Моделирование в картографии. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1997. – 405 с.
23. Тикунов В. С. Моделирование в социально-экономической картографии. – М.: МГУ, 1985. – 280 с.
24. Pribytkova I. Application of Cartographic Modeling as a Research Method When Monitoring the Spatial Behaviour of Population // Социология: теория, методы, маркетинг. – 2015. – № 3. – С. 153–166.
25. QGIS. Свободная географическая информационная система с открытым кодом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.qgis.org/> (дата обращения: 18.09.2024).
26. USGS. Сайт геологической службы США [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.usgs.gov/> (дата обращения: 18.09.2024).