



eISSN 2311-2468
Том 3, № 24. 2015
Vol. 3, no. 24. 2015

электронное периодическое издание
для студентов и аспирантов

Огарёв-онлайн Ogarev-online

<https://journal.mrsu.ru>



ТИМОФЕЕВ М. В.

**RTK-РЕЖИМ СИСТЕМЫ ГЛОБАЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ
ПРИ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ ЛИНЕЙНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Аннотация. В статье были рассмотрены возможности использования RTK-режима глобальных систем позиционирования (GPS и ГЛОНАСС) при проведении топографических работ для реконструкции ЛЭП. Приводится перечень необходимого оборудования и программного обеспечения для реализации метода. Описывается технология настройки оборудования для проведения съемки и приводятся полученные результаты.

Ключевые слова: система глобального позиционирования, GPS, ГЛОНАСС, приемник JAVAD TRIUMPH-1, полевой контроллер JAVAD Victor, программное обеспечение Tracy.

**TIMOFEEV M. V.
RTK-MODE OF GLOBAL POSITIONING SYSTEM
FOR SURVEYING OF LINEAR OBJECTS**

Abstract. The article considers the using of RTK-mode of global positioning systems (GPS and GLONASS) in a topographical survey for the power line reconstruction. A list of necessary equipment and software is included. The technology of hardware setting and the survey results are presented.

Keywords: global positioning system, GPS, GLONASS, receiver JAVAD TRIUMPH-1, field controller JAVAD Victor, software Tracy.

В последние два десятилетия в технологии топографо-геодезических работах произошли коренные изменения. Можно говорить о новой фундаментальной основе геодезических наук – спутниковых системах. В настоящее время спутниковые приемники находят широкое практическое применение во всех видах геодезических работах, а также используются в процессе проведения учебных и научно-исследовательских работ [2; 5; 10]. Они активно вытесняют традиционные методы, которые в будущем, по всей вероятности, будут играть вспомогательную роль и уйдут в историю. Спутниковые технологии определения местоположения точек земной поверхностиочно вошли в геодезическую практику. Они основаны на использовании искусственных спутников Земли (ИСЗ) как носителей координат. Благодаря высокой точности таких методов, независимости от их погодных условий и времени суток, быстроте и простоте измерений, они многократно повышают производительность труда и удешевляют стоимость работ. Федеральное агентство геодезии и картографии с учетом новых обстоятельств своевременно приняло

концепцию перевода топографо-геодезического производства на спутниковые методы координатных определений, которые постепенно будут вытеснять традиционные способы создания опорных геодезических сетей рабочего обоснования топографических съемок и решения многих инженерно-геодезических задач [3; 4]. Использование американской системы GPS (NAVSTAR) и советской системы ГЛОНАСС [6–9]. предоставляют геодезистам новые, более производительные возможности при выполнении различных видов топографических работ.

Термин GPS-технологии (или ГЛОНАСС/GPS технологии) применяются для способов определения координат с применением спутниковых радионавигационных систем (СРНС) – американской системы GPS и российской ГЛОНАСС. Каждая из этих СРНС при полном развертывании состоит из 24 спутников, вращающихся на орбитах с высотой около 20000 км. Спутники непрерывно передают сигналы, содержащие информацию об их положении и точном времени, а также дальнометрические коды, позволяющие измерять расстояния.

В настоящее время одним из эффективных методов GPS-съемки является кинематическая съемка в режиме RTK, благодаря которой геодезисты могут получать координаты с точностью до нескольких сантиметров непосредственно в полевых условиях. Но, помимо стандартного GPS-оборудования, работа в режиме реального времени требует наличия дорогостоящих средств радиосвязи и, самое главное, получения специального разрешения на использование радиочастоты. Съемки в реальном времени могут быть: одночастотными, двухчастотными и многочастотными.

При использовании данного режима необходим надежный радиоканал для передачи дифференциальных поправок, а в состав GPS-приемника должен входить радиомодем. Этот режим позволяет получать координаты с точностью до нескольких сантиметров непосредственно в полевых условиях.

В состав спутникового оборудования для RTK-съемки входит комплект из двух или более двухчастотных приемников GPS с антеннами, как минимум одним контроллером, штативом, трегерной установкой для крепления антенны базовой станции и вехой для подвижного приемника. Один комплект, называемый базовой (опорной или референцной) станцией, устанавливают на пункте с известными координатами. Остальные комплекты, называемые мобильными (подвижными или роверами) приемниками, используют для определения координат объектов съемки. Для получения высокоточных координат в режиме реального времени в состав каждого комплекта включают радиомодемы, задача которых принимать спутниковую и служебную информацию, передаваемую от базовой станции.

Достоинство съемки в режиме RTK следующие. Во-первых, обеспечивается высокая производительность работы, так как на каждую точку съемки уходит несколько секунд. Во-

вторых, качество результатов измерений гарантировано. Исполнитель может записывать готовые координаты в контроллер, отслеживать их качество и точность в любой момент времени, а при необходимости повторить измерения. Режим RTK-съемки позволяет работать в любых системах координат, включая местные системы координат. К сожалению, в режиме RTK есть и ограничения. Основная проблема – ограничение дальности радиоканала, как правило, до 10–15 километров и наличие видимости между модемами базовой станции и подвижного приемника. Кроме того, высока вероятность помех при работе в индустриальных районах.

Исследовательская часть включала выполнение топографической съемки для реконструкции ВЛ-6 кВ от ТП-388 до ТП-132 в п. Николаевка г.о. Саранск Республики Мордовия. Для работы было выбрано следующее оборудование: двухчастотные GPS приемники Javad Triumph-1, один полевой контроллер Javad Victor с программным обеспечением Tracy (см. рис. 1 и 2).



Рис. 1. Приемник Triumph-1.

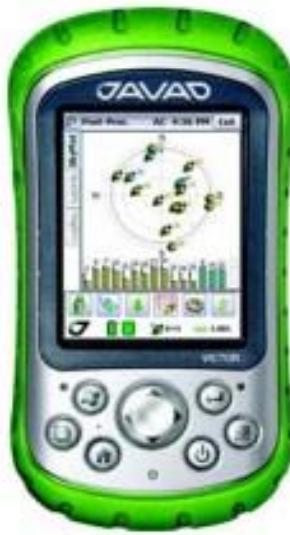


Рис. 2. Контроллер Javad Victor.

Начальный этап работ подразумевает включение базового приемника и настройку контроллера на переносном приборе. Производится операция настройки параметров связи базового и мобильного GPS-приемника. Она выполняется с помощью программы Tracy, которая установлена в контроллере и используется для управления GPS-приемником и ведения съемки.

Вначале запускается базовый GPS – приемник в режиме базовой RTK – станции. Выбор базового GPS – приемника связано с тем, что в пределах г.о. Саранск в последние годы наблюдается процесс масштабного дорожного строительства и градостроительной деятельности, сопровождающийся массовой утратой ранее заложенных пунктов опорных межевых сетей, полигонометрии, нивелирования и это ведет к усложнению геодезических и кадастровых работ [1]. Базовый GPS-приемник размещается в ООО «РНИИЦ» г. Саранска. База имеет прямой постоянный IP-адрес (public static IP address). Далее запускается подвижный приемник (рover) в режиме RTK-съемки. После завершения инициализации на дисплей выводится текущая точность, после чего можно приступать непосредственно к определению координат точек.

Проведенные полевые измерения и полученные результаты импортируются в программу CredoMix. CredoMix – программное обеспечение, предназначенное для обработки материалов геодезических изысканий с целью проектирования объектов промышленного, гражданского и транспортного строительства, создания и ведения крупномасштабных цифровых планов городов и промышленных предприятий и т.д. После проведения работы в CredoMix, весь материал импортируется в AutoCad для графической обработки. AutoCAD – двух- и трехмерная система автоматизированного проектирования, черчения и графического

редактирования, разработанная компанией Autodesk. На выходе с контроллера формируется итоговый файл с координатами и высотными отметками пикетов (см. рис. 3).

Николаевка ЛЭП — Блокнот			
Файл	Правка	Формат	Вид
[JOB INFO]			
Job name: watt			
End date (UTC): 21.11.2014, 06:51:43			
Coordinate system: локальная			
Height system: высоты эллипсода			
CSID: CSL_LOCALS1\$			
Transformation:			
Units: Метры			
Delimiter:			
[SURVEY POINTS]			
Count: 278			
Format: имя x y h			
1	386473.999	1288611.178	130.834
2	386475.768	1288612.011	129.984
3	386474.675	1288594.531	130.795
4	386486.524	1288592.726	130.989
5	386493.835	1288604.000	130.077
6	386492.178	1288605.340	130.054
7	386499.646	1288606.390	130.606
8	386498.448	1288603.925	131.016
9	386506.874	1288604.190	130.063
10	386505.447	1288599.497	131.242
11	386510.626	1288597.871	130.068
12	386509.428	1288598.368	130.042
13	386512.079	1288600.070	130.045
14	386512.967	1288604.914	131.367
15	386506.862	1288607.759	130.078
16	386499.642	1288610.983	130.087
17	386500.496	1288613.193	131.271
18	386501.851	1288618.290	130.610
19	386489.893	1288623.629	130.677
20	386488.076	1288621.161	130.633
21	386481.598	1288618.135	130.331
22	386482.827	1288618.906	131.000
23	386501.780	1288627.025	130.647
24	386518.545	1288618.559	131.036
25	386527.075	1288615.451	130.477
26	386535.043	1288613.399	130.864
27	386522.637	1288604.712	130.704

Рис. 3. Фрагмент выходного файла с контроллера JAVAD Victor.

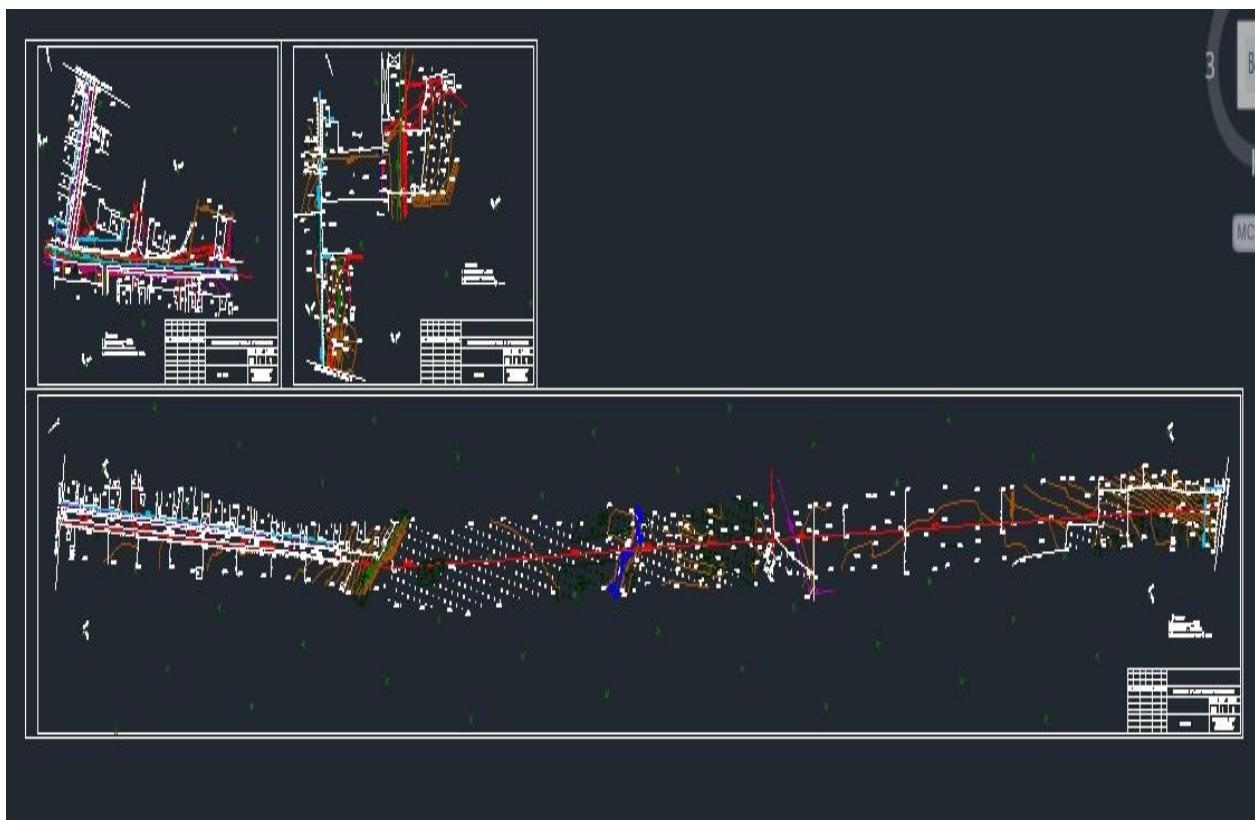


Рис. 4. Итоговый ситуационный план для реконструкции ЛЭП.

Результатом научно-исследовательской работы явилось освоение методики работы с базовым GPS-приемником в режиме базовой RTK-станции, современным оборудованием JAVAD TRIUMPH-1, полевым контроллером JAVAD Victor и программным обеспечением Tracy с построением ситуационного плана для реконструкции ЛЭП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Логинов Д. В., Сульдин М. И. Опыт создания постоянно действующей референцной станции на территории городского округа Саранск [Электронный ресурс] // Огарев-online. Раздел "Науки о Земле". – 2015. – № 4. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/opyt-sozdaniya-postoyanno-dejjstvuyushhejj-referencnojj-stancii-na-territorii-gorodskogo-okruga-saransk>.
2. Логинов В. Ф., Манухов В. Ф. GPS в геодезическом обеспечении кадастра // Геодезия и картография. – 2005. – № 3. – С. 34–35.
3. Манухов В.Ф. Совершенствование методов топографических съемок и инженерно-геодезических работ с использованием современных технологий // Вестник Мордов. ун-та. – 2008. – № 1. – С. 105–108.
4. Манухов В. Ф. Применение GPS-технологий в инженерно-геодезических разбивочных работах // Актуальные вопросы строительства: мат-лы Всероссийской науч.-тех. конф. – Саранск: Изд-во Морд. ун-та, 2006. – С. 336–337.
5. Манухов В. Ф., Ивлиева Н. Г., Логинов В. Ф. Методика использования инновационных технологий в учебном процессе // Инновационные процессы в высшей школе: мат-лы XIV Всероссийской научно-практической конференции. Краснодар, 24–28 сентября 2008 г. – Краснодар, 2008. – С. 214–215.
6. Манухов В. Ф., Разумов О.С., Спиридовон А.И. и др. Спутниковые методы определения координат пунктов геодезических сетей: учеб. пособие. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Саранск: Изд-во Морд. ун-та, 2011. – 128 с.
7. Манухов В. Ф., Тюряхин А. С. Глоссарий геодезических терминов: учеб. пособие – Саранск : Изд-во Морд. ун-та, 2005. – 44 с.
8. Манухов В. Ф., Тюряхин А. С. Глоссарий терминов спутниковой геодезии: учеб. пособие. – Саранск: Изд-во Морд. ун-та, 2006. – 48 с.
9. Манухова В.Ф., Тимофеев М.В. Об учебном пособии по спутниковым методам определения координат пунктов геодезических сетей // Научные труды Sworld. – 2015. – Т. 6. – № 2(39). – С. 4–7.
10. Манухов В.Ф., Щевелева Г.М. Формирование компетенций в профессиональном образовании картографо-геоинформационного направления // Интеграция образования. – 2014. – № 3. – С. 39–45.

ДОЛГАЧЕВА Т. А., АНИКИН В. В., ЛЕВАШКИНА О. М.

ОЦЕНКА ЖИЛИЩНЫХ УСЛОВИЙ НАСЕЛЕНИЯ

**КАК ОСНОВНОГО ФАКТОРА СОЦИАЛЬНОЙ КОМФОРТНОСТИ ПРОЖИВАНИЯ
(НА ПРИМЕРЕ ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА)**

Аннотация. В статье представлены результаты оценки жилищных условий населения в регионе с использованием ГИС-технологий. На основе проведенного кластерного анализа выявлена региональная дифференциация, которая является важным звеном при формировании жилищной политики и программ развития регионов.

Ключевые слова: социальная комфортность, регион, жилищные условия, кластерный анализ.

DOLGACHEVA T. A., ANIKIN V. V., LEVASHKINA O. M.

**ASSESSMENT OF HOUSING CONDITIONS AS A MAJOR FACTOR
OF SOCIAL COMFORT: A STUDY OF THE VOLGA FEDERAL DISTRICT**

Abstract. The article presents an assessment of the housing conditions of regional population by using of GIS-technology. By means of the cluster analysis the authors identified regional differentiation which is an important factor in the formation of housing policy and regional development programs.

Keywords: social comfort, region, living conditions, cluster analysis.

Жилище играет ключевую роль в жизни человека, поскольку каждый должен иметь свой кров, защиту от непогоды, свой семейный очаг, место, где будет храниться его имущество и куда можно будет возвращаться после работы. Жилищная проблема в России в настоящее время стоит достаточно остро, несмотря на активное жилищное строительство, поскольку цены на жилье продолжают оставаться достаточно высокими и делают для подавляющего большинства граждан мечты о собственном комфортном жилье практически недосягаемыми [2; 10].

Жилищная проблема на современном этапе развития российского общества стоит как никогда остро. Спрос на жилье со стороны населения постоянно возрастает, несмотря на снижение численности населения России. Люди стремятся жить все в более комфортных условиях, хотят иметь более просторные квартиры или собственные дома. В связи с этим можно утверждать, что тема, посвященная оценке жилищных условий населения, является в настоящее время актуальной и косвенно позволяет оценить уровень жизни населения в регионе.

Определив основные составляющие социальной комфортности, проанализировав её

взаимосвязь с уровнем и качеством жизни, можно сделать вывод, что социальная комфортность проживания населения – условия жизни, пребывания, обстановка, обеспечивающие удобство, спокойствие и уют, связанные с жизнью и отношениями людей в обществе и обусловленные социальными факторами, которые, в свою очередь, формируются под воздействием отраслей социальной сферы, которая и обеспечивает оптимальные условия жизни населения [1].

Несмотря на относительную «молодость» статистики жилищных условий, она уже имеет достаточно разветвленную систему показателей, позволяющую охарактеризовать не только жилищный фонд и количество метров, приходящихся на одного гражданина страны, тарифы на жилищно-коммунальные услуги и стоимость квартиры, но и менее «материальные» понятия, которые характеризуют степень комфортности проживания граждан в своем регионе и стране в целом [3].

При проведении анализа жилищных условий населения можно использовать весь обширный аппарат математической статистики. Однако, поскольку показателей, характеризующих данные понятия, достаточно много, целесообразно обратить особое внимание на такие методы, как факторный и кластерный виды анализа, поскольку они не только позволяют определить факторы, оказывающие наибольшее влияние на результирующий показатель, но также дают возможность сформировать типические группы по схожим признакам, а также выделить группы однородных факторов, оказывающих похожее влияние на исследуемое явление [4; 5].

Основными составляющими жилищных условий населения в регионах являются общая площадь жилых помещений, приходящаяся в среднем на одного жителя, среднемесячный размер субсидий на оплату жилого помещения и коммунальных услуг на семью, руб.; удельный вес расходов домашних хозяйств на оплату жилищно-коммунальных услуг, %; индекс цен на первичном рынке жилья. Выявление региональной дифференциации является важным звеном при формировании жилищной политики и программ развития регионов [7]. Для этого по вышеперечисленным показателям регионы Приволжского федерального округа методом кластерного анализа были разбиты на группы. Результаты классификации представлены на рисунке 1. Обработка исходной информации проводилась с использованием современных средств вычислительной техники с применением пакета прикладных программ STATISTICA 10.0, а для визуализации исходной информации был использован ГИС-пакет ArcGIS 10.0 [6].

Все регионы ПФО разбились на три группы по уровню жилищных условий проживания населения (см. рис. 1).

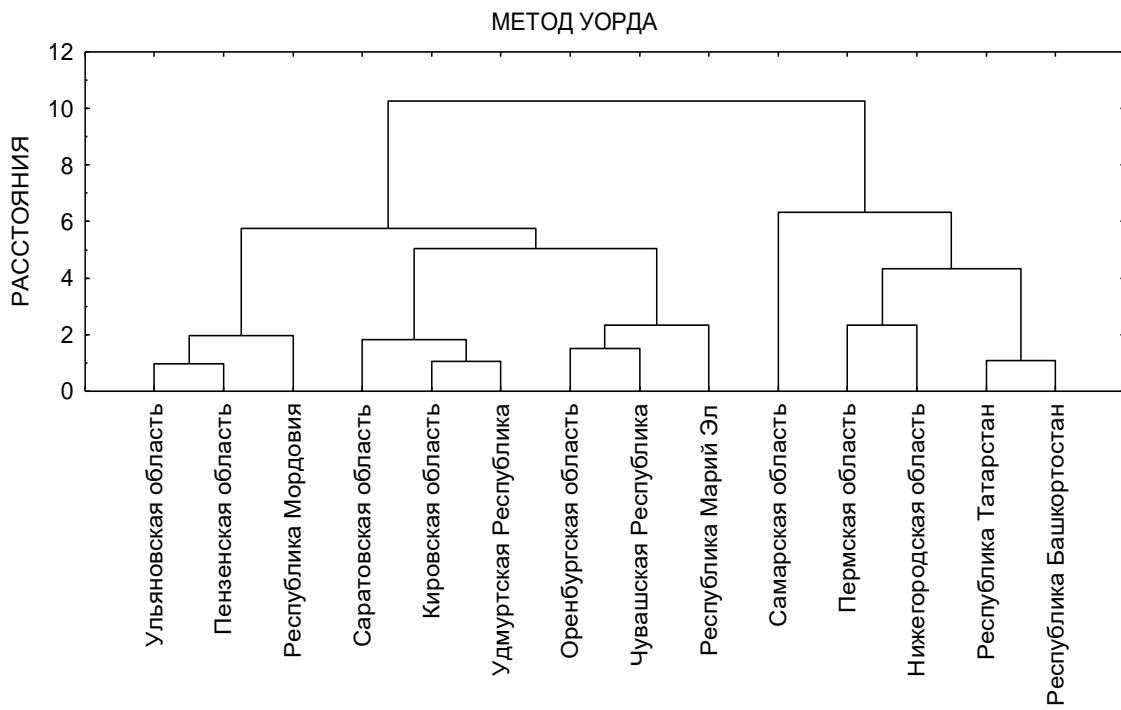


Рис. 1. Кластеризация регионов Приволжского федерального округа по показателям, характеризующим жилищные условия населения методом Уорда.

Регионы первого кластера (Ульяновская область, Пензенская область, Республика Мордовия) характеризуются высокими значениями общей площади жилых помещений, приходящейся в среднем на одного жителя, удельного веса расходов домашних хозяйств на оплату жилищно-коммунальных услуг, значительным среднемесячным размером субсидий на оплату жилого помещения и коммунальных услуг на семью и самыми низкими индексами цен на первичном рынке жилья среди регионов ПФО.

Второй кластер (Саратовская, Кировская, Оренбургская область, Удмуртская, Чувашская и Республика Марий Эл) характеризуется средними значениями по всем выбранным показателям среди регионов ПФО.

Что касается третьего кластера (Самарская обл., Нижегородская обл., Пермский край, Республики Татарстан и Башкортостан), то в данных регионах отмечено среднее значение общей площади жилых помещений, приходящейся в среднем на одного жителя, высокий удельный вес расходов домашних хозяйств на оплату жилищно-коммунальных услуг, высокий среднемесячный размер субсидий на оплату жилого помещения и коммунальных услуг на семью и самые высокие индексы цен на первичном рынке жилья среди регионов ПФО.



Рис. 2. Оценка жилищных условий населения Приволжского федерального округа (по результатам кластерного анализа).

Для исследования взаимосвязи показателей, характеризующих исследуемый фактор социальной комфортности проживания населения регионов, по каждому выделенному кластеру были построены регрессионные модели степени влияния семи выбранных показателей на индекс цен на первичном рынке жилья [8; 9].

По результатам кластерного анализа была построена карта «Оценка жилищных условий населения Приволжского федерального округа» (см. рис. 2).

ЛИТЕРАТУРА

- Долгачева Т. А. Оценка комфортности проживания населения в городе (на примере г. Саранска): дис. канд. географических наук. – Калуга, 2006. – 165 с.
- Долгачева Т. А., Ивлиева Н. Г., Филев Ю. Г. Оценка социальной комфортности проживания населения на территории г. Саранска // Экология урбанизированных территорий. – 2007. – № 3. – С. 22–27.
- Долгачева Т. А., Бучацкая Н. В., Ивлиева Н. Г. и др. Картографическое моделирование оценки природно-экологической комфортности проживания населения в городе // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 6. – С. 16–19.

4. Ивлиева Н. Г., Скворцова М. А., Манухов В. Ф. и др. Применение математико-картографического моделирования для оценки социальной комфортности проживания населения (на примере Приволжского Федерального округа) // ИнтерКарто / Интер ГИС-20: Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение: мат-лы Междунар. конф. – Белгород, Харьков (Украина), Кигали (Руанда), Найроби (Кения), 2014. – С. 177–188.
5. Ивлиева Н. Г., Долгачева Т. А., Манухов В. Ф. и др. Применение ГИС-технологий для оценки социальной комфортности проживания населения в городе // ИнтерКарто / Интер ГИС-16. Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: мат-лы Междунар. конф. – Ростов-на-Дону (Россия), Зальцбург (Австрия), 2010. – С. 140–144.
6. Долгачева Т. А., Аникин В. В., Левашкина О. М. и др. Анализ жилищных условий населения с использованием ГИС-технологий (на примере Приволжского федерального округа) // Науки о Земле: современное состояние и приоритеты развития: мат-лы III Международной науч.-практ. конф. – Дубай, 2015. – С. 86–89.
7. Долгачева Т. А., Скворцова М. А., Аникин В. В. Статистическое моделирование жилищных условий как основного фактора социальной комфортности проживания населения в регионе // Картография и геодезия в современном мире: мат-лы 2-й Всерос. науч.-практ. конф., г. Саранск, 8 апр. 2014 г. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – С. 61–66.
8. Скворцова М. А., Долгачева Т. А., Ивлиева Н. Г. и др. К вопросу оценки социальной комфортности проживания населения в регионе // Известия Смоленского государственного университета. – 2014. – № 3 (27). – С. 230–239.
9. Манухов В. Ф., Бучацкая Н. В., Ивлиева Н. Г. и др. Комфортность проживания и обеспеченность населения объектами социальной инфраструктуры (на примере города Саранска) // Развитие жилищной сферы городов: мат-лы VII Международной науч.-практ. конф. – Москва, 2009. – С.160–164.
10. Федотов Ю. Д., Логинова Н. Н., Кирюшин А. В. Оценка качества жизни населения Мордовии и мероприятия для устойчивого развития региона // Научные труды Sworld. – 2012. – Т.33. – № 2. – С.33–37.

ДОЛГАНИНА М. Ю., МАНУХОВ В. Ф.
ОБРАБОТКА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ
В ПРОГРАММЕ SCANEX IMAGE PROCESSOR

Аннотация. В статье рассматриваются возможности применения программного обеспечения ScanEx Image Processor для обработки данных дистанционного зондирования Земли. Проведенный анализ основных возможностей ScanEx Image Processor показал, что данный программный продукт подходит для преобразования снимков и позволяет приемами визуального и компьютерного дешифрирования исследовать явления в различных областях народного хозяйства с целью тематического картографирования.

Ключевые слова: объект, дистанционное зондирование, спутниковый снимок, мозаика, программа ScanEx Image Processor.

DOLGANINA M. YU, MANUKHOV V. F.
PROCESSING OF REMOTE SENSING DATA IN SCANEX IMAGE PROCESSOR

Abstract. The article considers the use of the software ScanEx Image Processor for processing of remote sensing data. The analysis of the main features of ScanEx Image Processor has shown that the software is suitable for the transformation of satellite pictures. By means of visual and computer decryption the software enables to explore various areas of the economy with the aim of thematic mapping.

Keywords: object, remote sensing, satellite image, mosaic, software ScanEx Image Processor.

Последние десятилетия характеризуются широким распространением цифровых космических снимков. В связи с этим интенсивно развивается и различное программное обеспечение, предназначенное для обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ). Само дистанционное зондирование определяют как процесс или метод получения информации об объекте, участке поверхности или явлении путем анализа данных, собранных без контакта с изучаемым объектом, обычно в виде изображения земной поверхности в определенных участках электромагнитного спектра [10].

Владение программным обеспечением в области картографии, геоинформатики и обработки аэрокосмических снимков является обязательным требованием в Федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования (ФГОС ВПО; ФГОС 3+). В настоящее время информационная компетентность становится отличительным признаком качества образования [5–8]. На кафедре геодезии, картографии и геоинформатики Мордовского государственного университета им. Н. П. Огарева навыки практического

применения полученных теоретических знаний по дистанционному зондированию студенты приобретают при выполнении учебных заданий, разработанных на основе компьютерного практикума по цифровой обработке изображений на базе программного продукта ERDAS Imagine [4]. В своей учебно-исследовательской деятельности при работе с космической информацией обучающиеся в вузе по картографо-геоинформационному направлению широко используют программное обеспечение ERDAS Imagine [1], но также применяют и другие программные продукты. Так, достаточно большой набор инструментов по работе с растровыми данными, имеющийся в ГИС-пакете ArcGIS, позволил использовать этот пакет для обработки ДДЗ. Подходы и приемы решения поставленных задач описаны в статье [3].

В связи с тем, что один из авторов этой статьи проходил производственную практику в ИПЦ «СканЭкс», его желание использовать программное обеспечение этого предприятия является естественным. ИПЦ «СканЭкс» имеет собственную линейку программных продуктов для предварительной обработки, расширенного анализа и тематической интерпретации спутниковых снимков. При прохождении практики было детально изучено программное обеспечение ScanEx Image Processor, что позволило углубить теоретические знания в работе с данными дистанционного зондирования Земли [2]. В данной статье описаны основные функциональные возможности этой программы, необходимые нам для проведения дальнейших исследований.

В настоящее время широкое использование космических снимков, в первую очередь, связано с многообразием космических снимков, их доступностью, свободным распространением в сети Интернет. В работе нами использовались мультиспектральные снимки Landsat8ORL/TIRS (набор из 11 изображений). Пространственное разрешение космических снимков 30 м. Снимки получены с сайта Геологической службы США.

Данные Landsat поставляются в виде отдельных tiff-файлов, каждый из которых представляет собой один спектральный канал. Для открытия таких данных в программе ScanEx Image Processor достаточно открыть какой-либо один tiff-файл, после чего выведется иерархическое древо каналов. Для данных Landsat 8 древо по спектральным областям съемки имеет следующий вид:

- видимая спектральная зона, ближняя и средняя инфракрасные зоны (группа каналов VNIR/SWIR);
- панхроматический канал (группа PAN);
- ближняя инфракрасная зона, созданная для поиска перистых облаков (группа CIRRUS);
- дальняя инфракрасная зона (группа TIRS).

Программа ScanEx Image Processor организована таким образом, что все загружаемые данные приводятся к единой картографической проекции и пространственному разрешению. Добавлять изображения можно в различных комбинациях каналов, улучшать читаемость изображений за счет изменения параметров растяжки гистограммы значений пикселов, регулировать прозрачность слоев. За настройку параметров отображения в режиме RGB-модели и Grey отвечает диалог «Настройка отображения». Различные способы растяжки увеличивают визуальный контраст отображаемого растра, но дают различные результаты. В программе имеются несколько стандартных методов растяжки, кроме того, можно настроить собственный метод.

Синтез изображения – наиболее простой и широко применяемый вид преобразования спутниковых снимков. На практике качественное синтезированное изображение получают после контрастирования зональных снимков. Это обеспечивает лучшее визуальное восприятие экранного изображения.

В качестве примера нами был рассмотрен цветной синтезированного зонального космоснимка Landsat-8 ORL/TIRS на территорию восточной части Мордовии (см. рис.1).

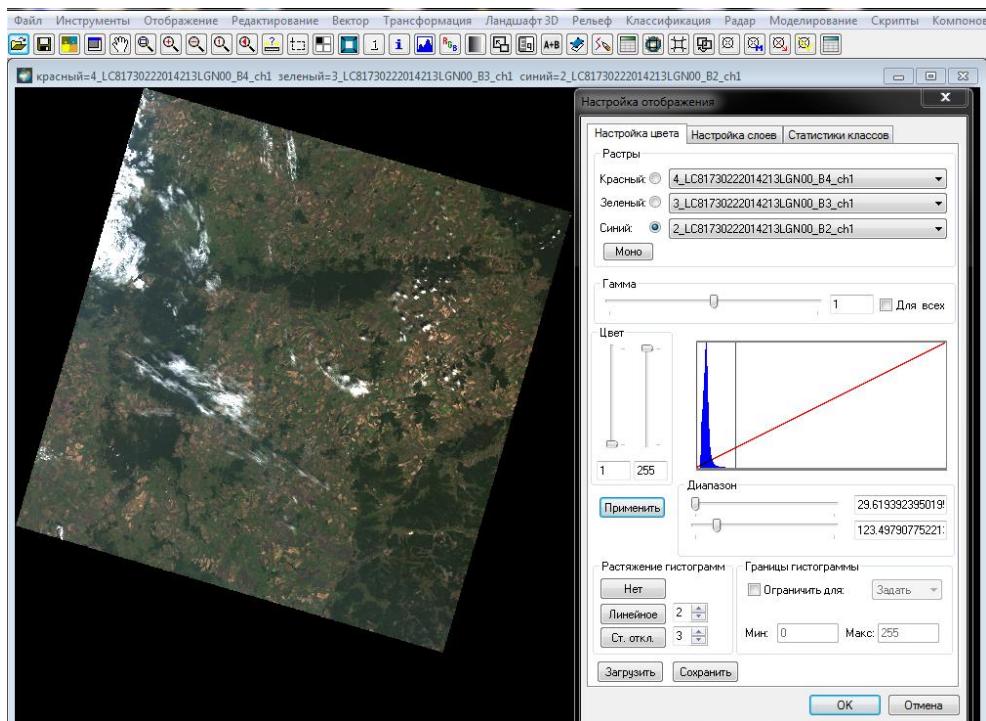


Рис. 1. Функциональное окно ScanExImageProcessor. Окно «Настройка отображения».

Изображение в «естественных цветах», комбинирование каналов.

Программа ScanEx Image Processor позволяет открывать не только растровые изображения, но векторные слои в форматах MapInfo (MIF/MID) и ESRI (shp-файлы). Также можно импортировать и экспортить векторные данные из других векторных форматов,

что очень удобно при работе с различными программами, облегчая взаимодействие и перенос информации между ними.

Многие задачи, решаемые при обработке данных дистанционного зондирования, включают вычисления с использованием «алгебры карт» (арифметических операций над растровыми слоями) [9]. К ним относятся определение вегетационных индексов, пересчет значений каналов снимка из условных чисел в реальные величины и т.д. Поскольку выражения и константы, используемые в вычислениях, специфичны как для типа снимка, так и для изображенной на нем территории, то в программе предусмотрен инструмент Растворный калькулятор. Кроме того, встроен ряд шаблонов вычислений, которые хранятся в виде отдельных файлов-макросов. Операции, выполняемые с их помощью, можно выполнять из диалога Растворный калькулятор, выбрав нужную операцию из выпадающего списка.

Из нескольких наборов растровых данных можно создавать один путем создания мозаики. Мозаика – это сшивка двух или более изображений в единое растровое покрытие. Для получения корректного результата используемые снимки должны быть привязаны и совмещены между собой. Сделать это можно разными способами, подбирая тон каждого снимка и с автоматической тональной балансировкой. Для создания мозаики изображений в ScanEx Image Processor необходимо подгрузить интересующие снимки и установить в параметрах отображения комбинацию каналов RGB для каждого снимка (см. рис. 2). Далее провести автоматическую тональную балансировку изображений.

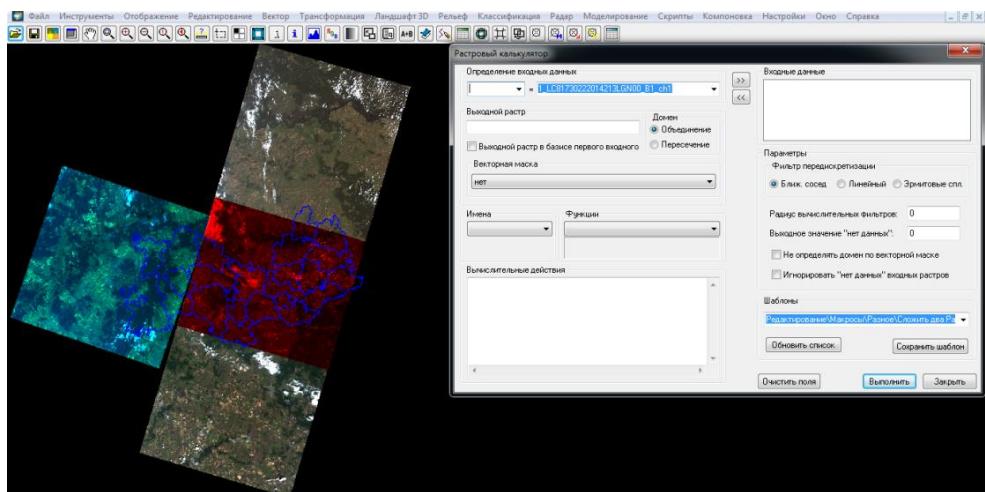


Рис. 2. Загрузка изображений для создания мозаики.

В зоне перекрытия двух изображений инструментом Выбор региона нужно выбрать тестовый участок. После этого будет выполнена автоматическая тональная балансировка настраиваемых изображений к опорному. Для улучшения результата можно выбирать несколько тестовых участков. Каждый раз статистика нового тестового участка будет

добавляться к уже имеющейся информации. После проведенных коррекций получается «бесшовное» покрытие из обработанных снимков (см. рис.3).

В целях компьютерного дешифрирования многозональных снимков в ScanEx Image Processor предусмотрена специальная панель «Классификация», которая позволяет выполнять классификацию с обучением и без обучения. Для предварительной классификации снимков с большим или неопределенным количеством классов используют метод классификации ISODATA. На следующем этапе применяют классификацию с обучением. Алгоритм ISODATA базируется на кластерном анализе. Для формирования кластеров используется формула минимального спектрального расстояния – к одному классу относятся пиксели, значения яркости которых наиболее близки. Для проведения необучаемой классификации необходимо выбрать комбинацию каналов, в которой требуемые объекты различаются наиболее контрастно и настроить гистограмму изображения, а также установить количество классов и число итераций. На рисунке 4 показано окно просмотра программы, в котором отображены результаты классификации. В данном примере были выбраны каналы 2, 4, 7.

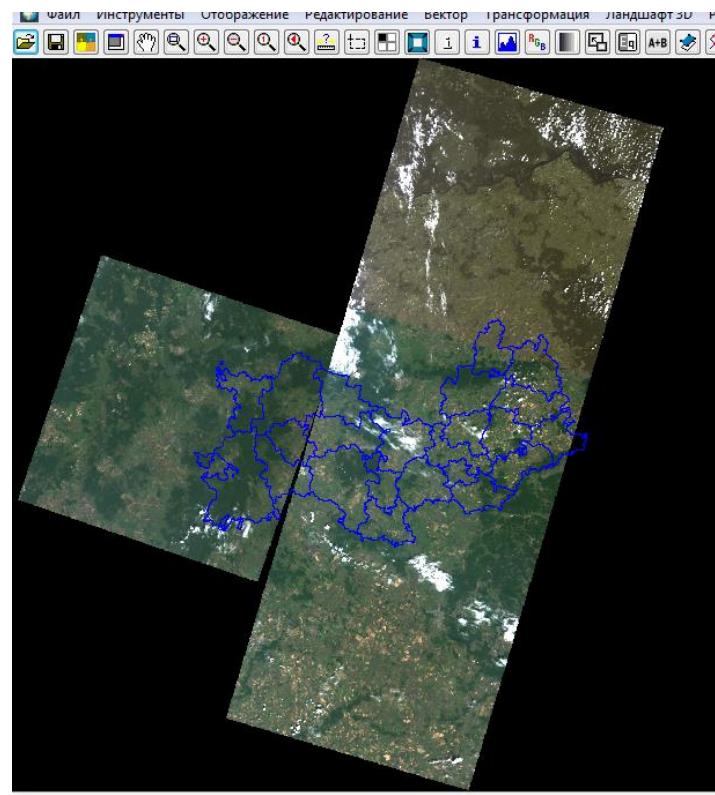


Рис. 3. Готовая мозаика.

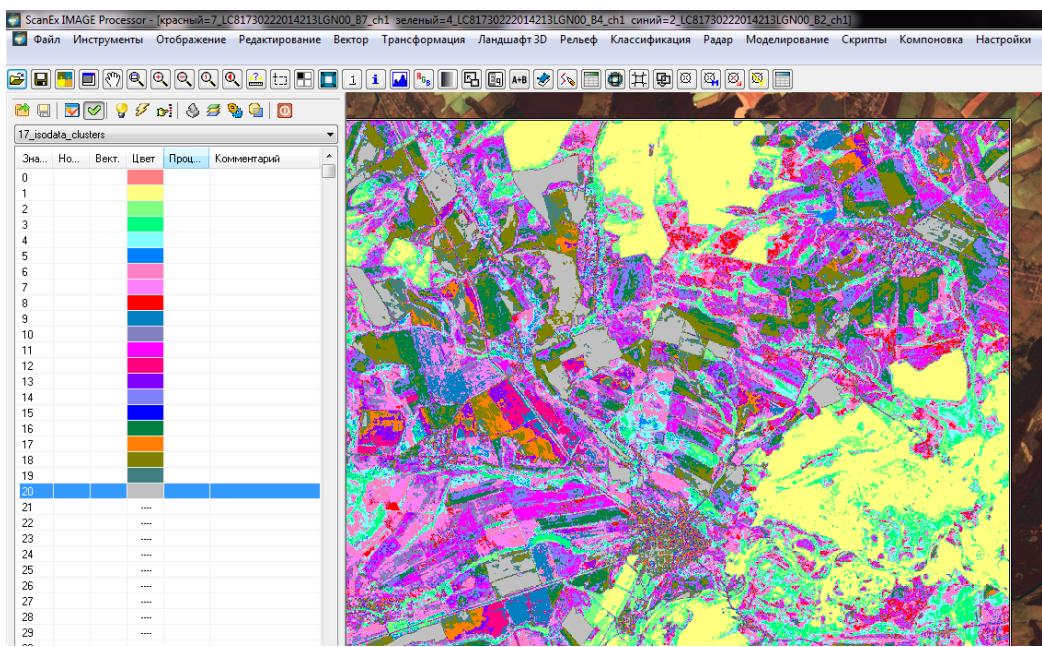


Рис. 4. Результаты классификации.

В заключении следует заметить, что космический снимок несет в себе огромную информацию об окружающем мире, которую можно использовать в различных областях географических исследований и тематического картографирования. Проведенные исследования основных возможностей ScanEx Image Processor по обработке данных дистанционного зондирования Земли наглядно продемонстрировали, что данное программное обеспечение подходит для этих целей, но при этом пользователи должны владеть соответствующими теоретическими знаниями по преобразованию снимков и приемами визуального и компьютерного дешифрирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варфоломеев А. Ф., Кислякова Н. А. Особенности дешифрирования пространственных объектов по космическим снимкам в программе Erdas Imagine 8.3 [Электронный ресурс] // Огарев-online. Раздел "Науки о Земле". – 2015. – № 4. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/osobennosti-deshifrirovaniya-prostranstvennykh-obektov-po-kosmicheskim-snimkam-v-programme-erdas-imagine-8-3>.
2. Долганина М. Ю. Формирование информационно-пространственной компетентности: опыт прохождения производственной практики [Электронный ресурс] // Огарев-online. Раздел "Науки о Земле". – 2015. – № 4. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/formirovanie-informacionno-prostranstvennoj-kompetentnosti-opyt-prokhozhdeniya-proizvodstvennoj-praktiki>.

3. Ивлиева Н. Г., Росяйкина Е. А. Обработка данных дистанционного зондирования Земли в ГИС-пакете ArcGIS [Электронный ресурс] // Огарев-online. Раздел "Науки о Земле". – 2015. – № 4. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/obrabotka-dannykh-distacionnogo-zondirovaniya-zemli-v-gis-pakete-arcgis>.
4. Лурье И. К., Косиков А. Г., Ушакова Л. А. и др. Компьютерный практикум по цифровой обработке изображений и созданию ГИС. – М.: Науч. мир, 2004. – 148 с.
5. Манухов В. Ф., Ивлиева Н. Г. ГИС-технологии в профессиональной подготовке специалистов высшей школы // Инновационные процессы в высшей школе: мат-лы XV юбилейной Всероссийской науч.-практ. конф., Краснодар, 23–27 сентября 2009 г. – Краснодар, 2009. – С. 3–9.
6. Манухов В. Ф., Кислякова Н. А., Варфоломеев А. Ф. Информационные технологии в аэрокосмической подготовке выпускников географов-картографов // Педагогическая информатика. – 2013. – № 2. – С. 27–33.
7. Манухов В. Ф., Щевелева Г.М. Формирование компетенций в профессиональном образовании картографо-геоинформационного направления // Интеграция образования. – 2014. – № 3. – С. 39–45.
8. Семина И. А. Применение инновационных методов обучения географии в высшей школе // Интеграция образования. – 2015. – Т. 19. – № 2. – С. 100–108.
9. Тесленок С. А., Тесленок К. С., Манухов В. Ф. Опыт использования возможностей алгебры растров в геоэкологических исследованиях // Изв. Смолен.гос. ун-та. – 2014. – № 1 (25). – С. 368–379.
10. Чандра А. М., Гош С. К. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / Пер. с англ. А. В. Кирюшина. – М.: Техносфера, 2008. – 288 с.

БОГДАНОВА З. Х., ИВЛИЕВА Н. Г., ПАПКИНА Е. О.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НАБОРА ДАННЫХ WORLDCLIM
ДЛЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И АНАЛИЗА¹

Аннотация. В статье описаны возможности применения набора климатических данных WorldClim для целей пространственно-временного анализа и картографирования. Графические приемы анализа данных показаны на конкретных примерах.

Ключевые слова: климатические данные WorldClim, ГИС, растровые данные, карта, графические приемы.

BOGDANOVA Z. KH., IVLIEVA N. G., PAPKINA E. O.
USE OF WORLDCLIM DATASET FOR CARTOGRAPHIC MODELING AND ANALYSIS

Abstract. The article describes the use of the WorldClim dataset for spatial-temporal analysis and mapping. The graphic techniques of data analysis are demonstrated on specific examples.

Keywords: climate data WorldClim, GIS, raster data, map, graphic techniques.

Набор климатических данных WorldClim, доступный на сайте www.worldclim.org, представляет собой набор пространственных данных в виде растровых изображений, в каждой ячейке которых содержится информация о значении того или иного климатического показателя. Это минимальная, максимальная, средняя температура и сумма осадков по каждому месяцу, набор производных от них характеристик BioClim, а также цифровая модель рельефа и данные о климате в прошлом и будущем. При создании набора WorldClim в качестве исходной информации служили результаты наблюдений метеостанций, расположенных по всему миру, за 1950 – 2000 гг. С помощью интерполяции среднемноголетние значения метеоэлементов в отдельных точках (на метеостанциях) были пересчитаны на регулярную сетку. Такой метод хранения данных очень удобен для выполнения дальнейшего анализа и моделирования. Интервал между узлами сетки – 30", в линейной мере это составляет около 1 км по дуге меридиана. На сайте доступны еще наборы данных с разрешением 2,5'; 5'; 10'. Они получены генерализацией вычисленного растра на основе осреднения значений. Растровые данные являются одним из основных типов пространственных данных в ГИС. Данные набора WorldClim представлены в 3-х форматах хранения: Generic grids (BIL), ESRI grid и GeoTIFF. Формат ESRI grid позволяет

¹ Выполнено при поддержке РФФИ (проект 14-05-00860-а).

использовать эти данные в ГИС-пакетах ArcMap, ArcInfo (с модулем GRID) и ArcView (с модулем Spatial Analyst).

В ГИС-пакете ArcGIS имеется набор инструментов для работы с растровыми данными, что позволяет проводить их обработку непосредственно в ArcGIS, а также выполнять дальнейший анализ с использованием аналитических функций ГИС, например провести быстрое преобразование пространственно-координированных растровых данных из одной картографической проекции в другую [9]. Система координат данных набора WorldClim – географическая WGS-84. В ArcGIS их легко преобразовать в практически любую картографическую проекцию.

В растровых ГИС ячейки растра можно закрасить в соответствии с заданной классификацией значений и цветовой шкалой. Тогда по внешнему виду получится карта с послойной окраской. А по сути это лишь визуализация в ГИС распределения некоторого непрерывного количественного признака, представленного в базе данных в виде тематического растра. Переход от непрерывного к дискретному характеру показа явления выполняется посредством установки ступенчатой шкалы. Чаще всего классификация выполняется методом равных интервалов. Ее можно настраивать вручную. Цветовую шкалу выбирают из списка готовых шкал или создают собственную цветовую гамму с плавным переходом цветов по градациям шкалы. Следует отметить, что созданные по растру изолинии не будут строго совмещаться с границами ячеек, так как при интерполяции в качестве вершин сети обычно берутся центральные точки ячеек растра, к ним автоматически относят соответствующие значения атрибута.

На основе выполнения разных классификаций значений можно получить много вариантов изображения одного и того распределения количественного признака явления, при этом и с различными цветовыми гаммами. Причем при формальном подходе они могут сильно различаться по внешнему виду. Поэтому при показе разновременных данных WorldClim важно выбрать единую шкалу, обеспечивающую адекватное отображение географического распределения явления во времени и пространстве.

В ArcGIS допускается построение шкал с непрерывным (градиентным) распределением цвета (метод «растяжка»). Весь диапазон значений, для которого создается цветовая шкала, принимается за 100 %. В шкале, охватывающей весь диапазон значений, цвет плавно изменяется от одного фиксированного значения к другому. При выводе на экран цвет каждой ячейки моделируется в соответствии с ее значением и построенной шкалой. Картографическое изображение, выполненное с использованием такой шкалы эффективно, но не всегда хорошо читается.

Для данных из набора WorldClim проводилась предварительная обработка в целях сглаживания поверхностей. Значения атрибутов пересчитывались путем осреднения значений соседних ячеек. В ArcGIS для этих целей применялся инструмент из набора Spatial Analyst – «Фокальная статистика», базирующийся на статистических расчетах в пределах заданного "скользящего окна". В процессе выполнения этой функции "скользящее окно" перемещается по всему раству, последовательно сдвигаясь на одну ячейку вдоль строки. Каждый раз вычисляется значение для центральной ячейки окна по всем значениям окна. В результате создается растровый слой с обобщенными значениями. На рис. 1 представлена серия составленных на основе данных WorldClim карт на территорию Приволжского федерального округа.

При анализе данных WorldClim можно использовать хорошо известные графические приемы анализа карт – построения различных профилей, разрезов, графиков, диаграмм и блок-диаграмм.

Наиболее употребляемы профили и разрезы [1]. Они имеют вид $k = f(u)$, где k – значения профилируемого параметра, а u – расстояние вдоль заданного направления по широте или долготе. Возможны профили и иного вида: $k = f(T)$, т.е. временные разрезы. Для составления временных разрезов необходим весь пространственно-временной набор данных, характеризующий то или иное явление. Временные разрезы позволяют сопоставлять разновременные данные. На рис. 2 показан профиль, составленный по данным из набора WorldClim. На нем отражены изменения максимальной температуры воздуха (t°) вдоль меридиана 45° в.д. от 45° до 65° с. ш. Профили построены по одному раству и имеют вид $t^\circ = f(\varphi)$ при постоянной долготе ($\lambda = 45^\circ$) и времени (январь, июль). Профиль на рис. 3 характеризует годовой ход температуры воздуха $t^\circ = f(T)$ при $\varphi = 54^\circ$ с. ш., $\lambda = 45^\circ$ в. д. Данные для этого профиля взяты с 12 растров по каждому отдельному месяцу.

Более интересны сечения, показывающие распределение явления k как функцию двух параметров. На рис. 4 изображен график, составленный по разновременным данным WorldClim. На сечении показан годовой ход максимальной температуры вдоль того же меридиана 45° в. д., т.е. сечение имеет вид $t^\circ = f(\varphi, T)$ при $\lambda = 45^\circ$.

В ГИС можно производить различные действия с поверхностями: складывать их, вычитать одну поверхность из другой и т.д. Такие производные модели строятся с помощью соответствующих операций алгебры растров [7, 10]. В ArcGIS по данным WorldClim с помощью инструмента «Калькулятор растра» были рассчитаны производные характеристики: суммарное количество осадков или суммы температур за теплый период с мая по сентябрь.

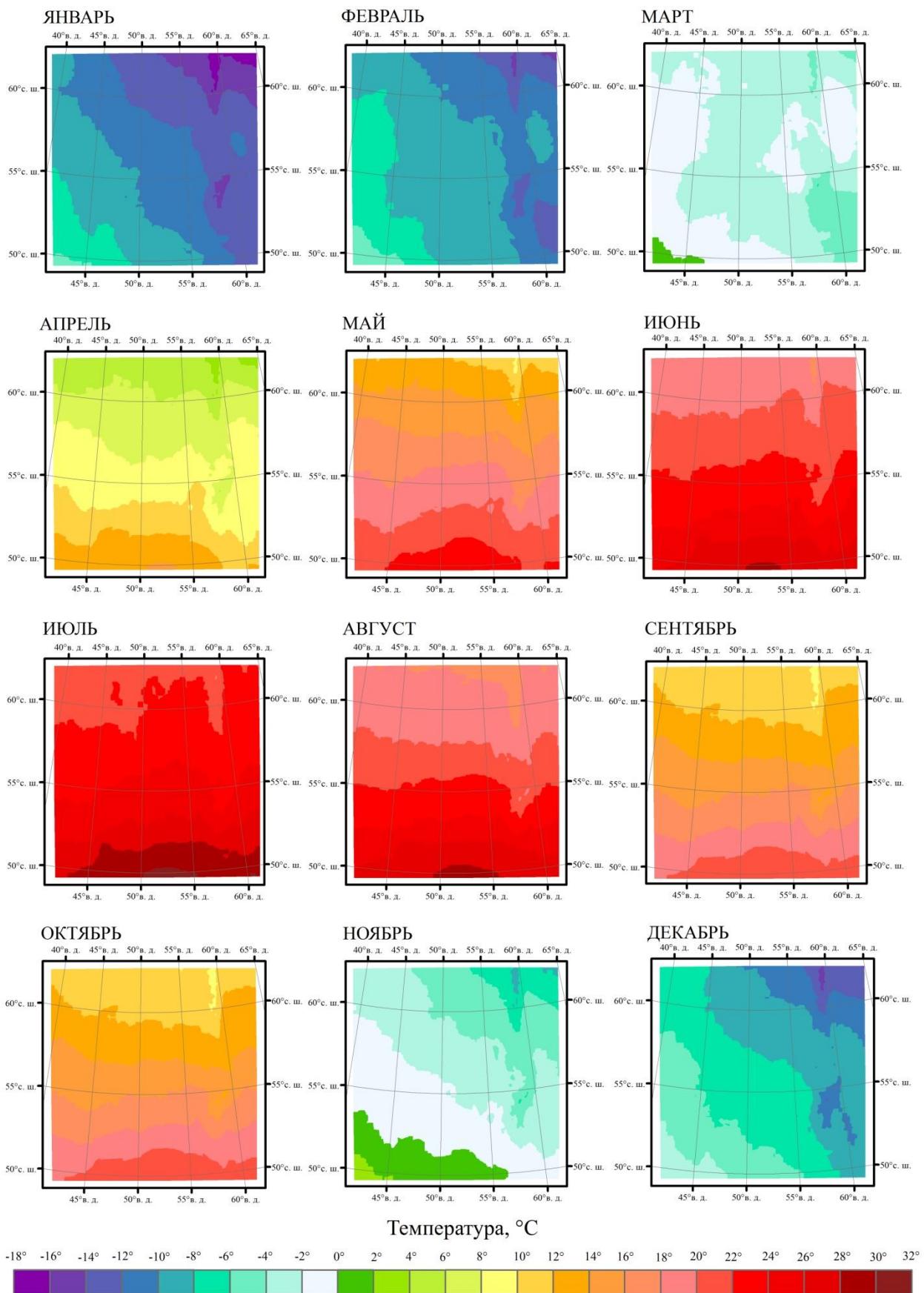


Рис. 1. Максимальная температура воздуха по месяцам по многолетним данным (1950-2000 гг.).

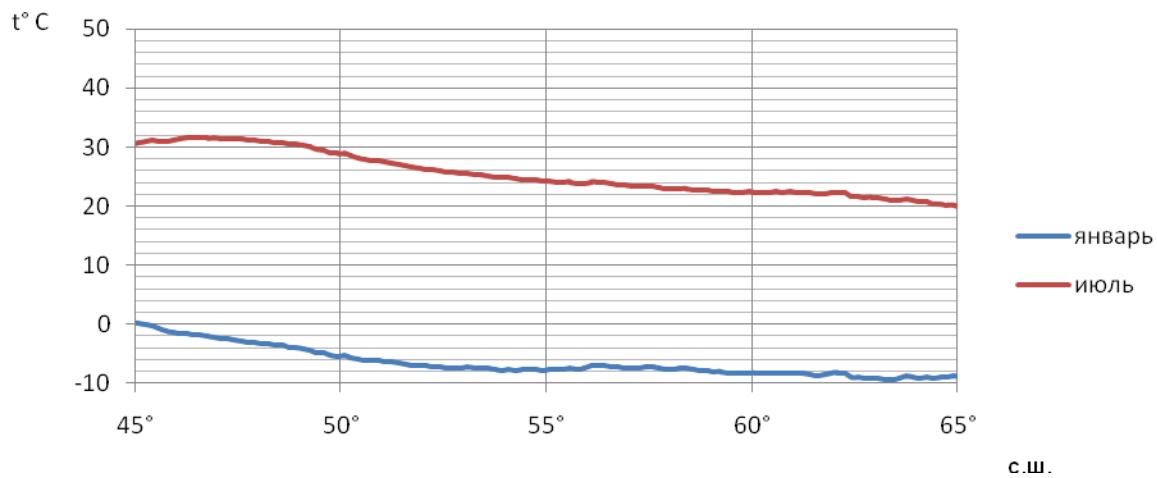


Рис. 2. Максимальная температура воздуха вдоль меридиана 45° в.д.

в январе и июле между параллелями 45° до 65° с. ш.

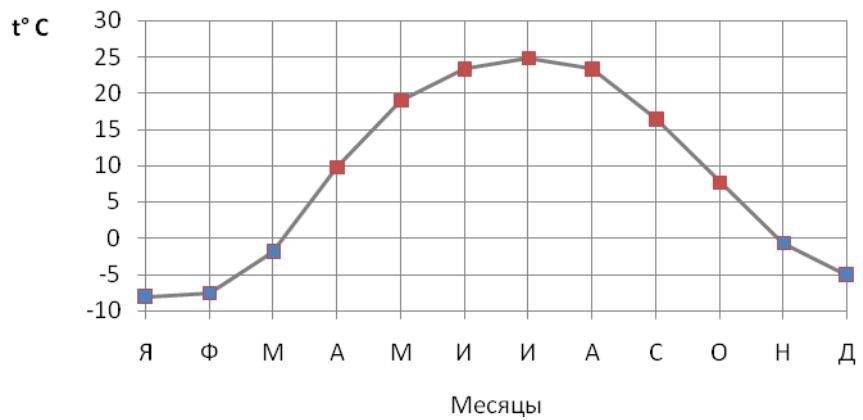


Рис. 3. Годовой ход максимальной температуры вдоль меридиана 45° в. д.

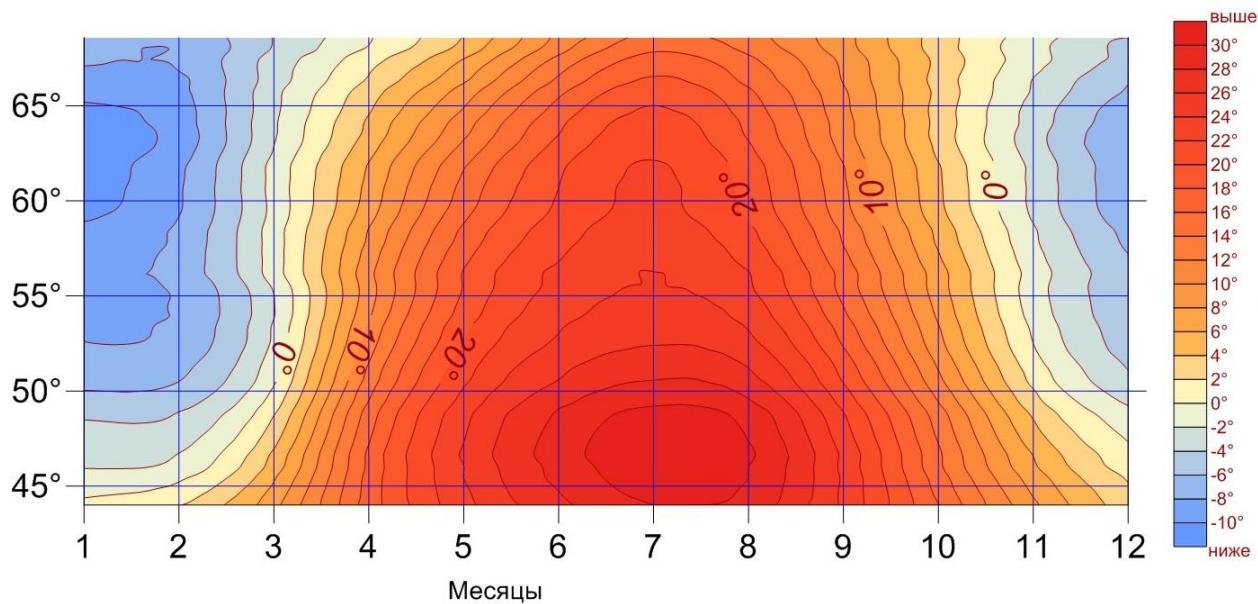


Рис. 4. Распределение максимальной температуры в течение года. Сечение по меридиану 45° в. д.

Для выявления регионального фона и локальных аномалий пространственного размещения явлений можно разделять поверхности на составляющие. Например, по растрям со значениями среднегодовой температуры можно получить поверхность фоновых температур, распределение которых функционально связано с широтой местности и объясняется причинами планетарного характера, и остаточную поверхность температурных аномалий, отражающую положительные и отрицательные отклонения от фоновых температур. В целях получения фоновой поверхности было использовано «скользящее окно» размером 15×15 , усредняющее значения из исходного набора данных.

При изучении развития, изменения явлений во времени естественным является использование разновременных карт, на которых одни и те же объекты изображены в разные моменты времени. Для проведения пространственно-временного анализа на основе данных WorldClim в ГИС можно создать целый временной ряд растровых слоев или же картографическую анимацию – самого наглядного способа представления развития явлений во времени. Кроме того, в ArcGIS встроены две среды для 3D визуализации – ArcScene и ArcGlobe, которые позволяют строить условные поверхности климатических характеристик и анализировать данные WorldClim в 3D пространстве, а также создавать анимированные изображения изучаемых явлений.

В настоящее время изучение развития явлений, их изменения во времени и пространстве немыслимо без использования ГИС-технологий [2–6, 8].

В заключении стоит заметить, что в наборе данных WorldClim представлены готовые цифровые модели геополей. Достоверность этих результирующих моделей зависит не только от интерполяции, проведенной разработчиками рассматриваемого набора данных, но и от того, насколько подробной и равномерно распределенной на той или иной территории была исходная дискретная информация.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берлянт А. М. Образ пространства: карта и информация. – М.: Мысль, 1986. – 240 с.
2. Долгачева Т. А., Бучацкая Н. В., Ивлиева Н. Г. и др. Картографическое моделирование оценки природно-экологической комфортности проживания населения в городе // Промышленное и гражданское строительство. – 2010. – № 6. – С. 16-19.
3. Ивлиева Н. Г., Манухов В. Ф., Хлевина С. Е. Пространственно-временной анализ изменения климата в зоне широколиственных лесов правобережья Волги // ИнтерКарто/ИнтерГИС-19: Устойчивое развитие территорий: теория ГИС и практический опыт: мат-лы Междунар. конф. Курск (Россия), Богота (Колумбия), 2–7 февраля 2013 г. – Курск, 2013. – С. 62–68.

4. Кирюшин А. В., Кирюшин В. А., Маскайкин В. Н. Системный эколого-геохимический анализ загрязнения снежного покрова Республики Мордовия // Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Т.17. – № 2. – С. 52–58.
5. Манухов В. Ф. Варфоломеев А. Ф., Манухова В. Ф. О геоинформационной поддержке междисциплинарных исследований // Электронный сетевой политехнический журнал «Научные труды КубГТУ»: мат-лы XX Междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные процессы в высшей школе» [Электронный ресурс]. – 2014. – № 4. – Режим доступа: <http://ntk.kubstu.ru/>.
6. Манухов В. Ф., Кислякова Н. А., Варфоломеев А. Ф. Информационные технологии в аэрокосмической подготовке выпускников географов-картографов // Педагогическая информатика. – 2013. – № 2. – С. 27–33.
7. Манухов В. Ф., Тесленок С. А., Тесленок К. С. Алгебра карт в геоинформационной подготовке студентов картографов // Педагогическая информатика. – 2014. – № 1. – С. 43–50.
8. Меркулов П. И., Варфоломеев А. Ф., Меркулова С. В. и др. Картографирование биоклиматической комфортности на основе ГИС-технологий (на примере Приволжского федерального округа) // Картография и геодезия в современном мире: мат-лы Всерос. науч.-практ. конф. / Отв. ред. В. Ф. Манухов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2011. – С. 42–52.
9. Росяйкина Е. А., Ивлиева Н. Г. Управление данными дистанционного зондирования земли в среде ГИС-пакета ARCGIS// Картография и геодезия в современном мире: мат-лы второй Всерос. науч.-практ. конф. / Отв. ред. В. Ф. Манухов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – С. 150–154.
10. Тесленок С. А., Тесленок К. С., Манухов В. Ф. Опыт использования возможностей алгебры растров в геоэкологических исследованиях // Изв. Смолен. гос. ун-та. – 2014. – № 1 (25). – С. 368–379.

ВАРФОЛОМЕЕВ А. Ф., ШАДРИН К. А.
ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ
АНТЕННО-МАЧТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ

Аннотация. Работа посвящена использованию геодезических методов контроля для обеспечения безопасности высотных инженерных объектов. В частности, исследован крен антенно-мачтового сооружения в г. Рузаевка. В результате были получены значения отклонений от вертикальной оси ствола башни.

Ключевые слова: крен, антенно-мачтовое сооружение, вертикальная ось ствола башни, тахеометр, станция наблюдения, угловые измерения, исполнительные схемы наблюдений.

VARFOLOMEEV A. F., SHADRIN K. A.
GEODETIC CONTROL OF GEOMETRICAL PARAMETERS
OF ANTENNA AND MAST CONSTRUCTIONS

Abstract. The article considers geodetic control methods for safety of high-rise engineering objects. In particular, the list of an antenna and mast construction in Ruzaevka town is studied. As a result, the values of the tower trunk deviations from the vertical axis were obtained.

Keywords: list, antenna and mast construction, vertical axis of tower trunk, tacheometer, supervision station, angular measurements, supervision executive scheme.

В настоящее время возводится большое количество инженерных сооружений. В связи с этим существует проблема, связанная с проведением наблюдений за деформационными процессами. Ни одно строительство крупных сооружений не обходится без деформационных измерений. Также очень важное значение имеет контроль за уже построенными объектами. Деформационные измерения на сегодняшний день являются неотъемлемой частью геодезического контроля для обеспечения безопасности инженерных объектов.

В геодезии принято рассматривать деформацию как изменение положения объекта относительно его первоначального положения.

Геодезический контроль за деформациями сооружений производится с момента их возведения и продолжается при эксплуатации. Он подразумевает под собой комплекс измерительных и описательных мероприятий по выявлению величин деформаций и причин их возникновения. По результатам контроля выявляются закономерности, позволяющие прогнозировать процесс деформации и предпринимать меры для скорейшей ликвидации их последствий [1; 4].

Деформации возникают в связи с воздействием различных природных и техногенных факторов. Они могут влиять как на основание, так и на само сооружение. В основном деформации сооружений зависят от смещения пород в их основании. Эти смещения могут происходить как в вертикальной, так и в горизонтальной плоскостях.

Таким образом, для инженерных объектов геодезический контроль решает задачу изучения пространственно-временных процессов состояния объекта и отдельных его частей, а результаты геодезических измерений и наблюдений являются исходной основой для определения деформаций инженерных объектов [3–4; 7].

Материалами для исследования являются полевые данные, полученные в результате проведения геодезической съемки антенно-мачтового сооружения в г. Рузаевка.

В настоящее время число аварий значительно увеличилось. Это связано не только с перечисленными выше техническими причинами, но и с социально-экономическими условиями: экономия, небрежность, снижение уровня контроля на всех стадиях строительства и эксплуатации.

Проблема продления срока службы и увеличение надежности конструкций является важной хозяйственной задачей, так как эффективность вытекающих из ее решения мероприятий по предотвращению аварий не подлежит сомнению.

К сооружениям башенного типа относятся: дымовые и вентиляционные трубы, градирни, ректификационные колонны, грануляционные башни, копры над стволами шахт, водонапорные башни, радиотелевизионные антенные опоры, силосные башни и др.

Крен – наиболее характерный показатель общей деформации высокого сооружения. Он возникает из-за неравномерных осадок фундамента, изменения гидрогеологии несущих грунтов, тектонических и техногенных процессов, искривлений верхней части конструкции и других факторов [8].

Под контролем пространственного положения этих сооружений понимают определение отклонения осей сооружения от вертикали, определение абсолютной величины крена и его направления. Подобные деформации могут привести к потере устойчивости сооружения. Поэтому в проектах для высоких сооружений предусматриваются измерения этих деформаций, как при строительстве, так и особенно при их эксплуатации. По результатам таких измерений, при необходимости, могут разрабатываться профилактические меры для устранения увеличения крена и сохранения пригодности сооружения.

Существует значительное количество способов определения крена высоких зданий и сооружений башенного типа: по разности отметок осадочных марок, установленных на фундаменте или цокольной части сооружения; способ вертикального проектирования хорошо заметной верхней точки сооружения на горизонтальную рейку, закрепленную внизу

сооружения; способ измерения горизонтальных углов на верхнюю точку сооружения; способ определения произвольных направлений или магнитных азимутов на образующие сооружения; способ определения прямоугольных координат (способ засечек) некоторой верхней точки сооружения [8].

С появлением систем спутникового позиционирования GPS/ГЛОНАСС стали появляться способы определения крена высотных зданий и сооружений с помощью GPS-приемников и электронных тахеометров [10]. Внедрение GPS-технологий и электронных тахеометров позволило на порядок улучшить и совершенствовать технологию проведения топографо-геодезических съемок и инженерно-геодезических разбивочных работ [3; 5; 9].

В данном исследовании расчет значения крена башенного сооружения будет выполнен на основе метода, изложенного Г. Ф. Лысовым [2]. На полевом этапе выполнения данной работы был использован электронный тахеометр Leica TS 02.

Определение крена башенного сооружения с помощью тахеометра осуществляют с двух станций T_1 и T_2 , выбранных на удалении от сооружения (Б) на расстоянии не менее ее высоты и на линиях T_1 -Б и T_2 -Б, примерно перпендикулярных друг к другу (см. рис. 1). Установив прибор на станции T_1 , приводят его в рабочее положение и наводят визирную ось зрительной трубы на ее левый и правый край в верхнем сечении и на две точки в нижнем сечении. Каждый раз берут отсчеты по горизонтальному кругу. Вычисляют среднее из этих отсчетов и значение отклонения от вертикальной оси ствола башни по направлению Б – T_2 в линейной мере по формулам (1) и (2):

$$\Pi_H = \frac{\Pi_1 + \Pi_2}{2}; \quad \Pi_B = \frac{\Pi_3 + \Pi_4}{2} \quad (1)$$

$$K_I = \frac{(\Pi_B - \Pi_H)''}{\rho''} S \quad (2)$$

где $\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4$ – отсчеты по горизонтальному кругу при наведении соответственно на точки касательные к окружностям;

S – расстояние от тахеометра до центра сооружения, определенное с точностью до 0,5 м;

$(\Pi_B - \Pi_H)$ – разность средних отсчетов в угловых секундах;

$\rho'' = 206265'' \approx 2 \cdot 10^5$.

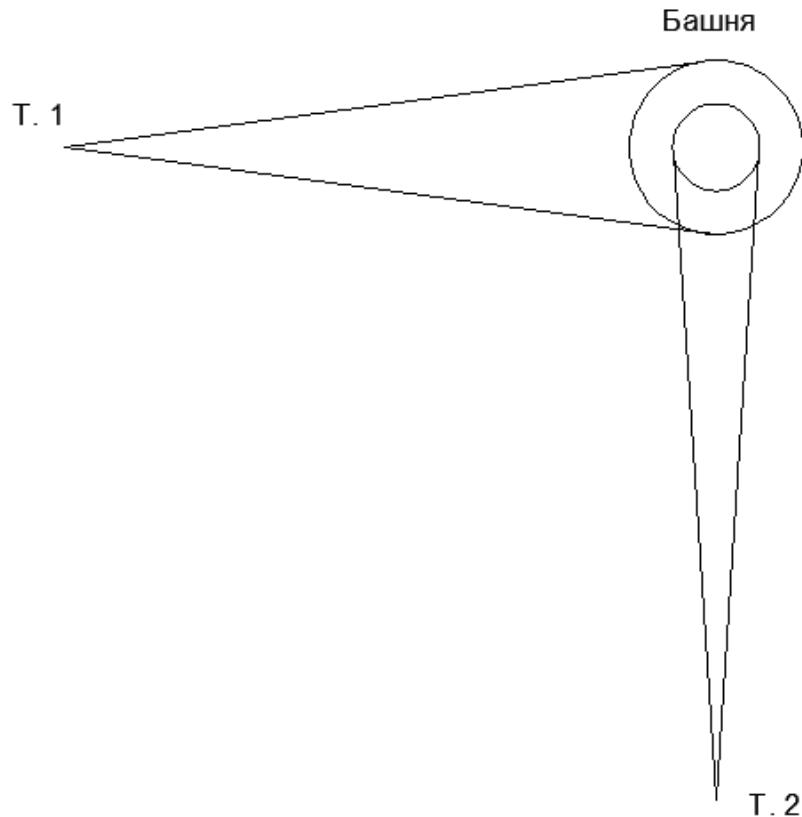


Рис. 1. Определение крена башенного сооружения с двух станций.

Переводят зрительную трубу через зенит, повторяют измерения и вычисляют повторно значение отклонения от вертикальной оси ствола башни K'_1 при другом положении вертикального круга. Разность ($K_1 - K'_1$) должна быть в пределах 1 см. За окончательное значение отклонения принимают $K_{\text{ср}}$. Аналогичные измерения выполняют после установки тахеометра на станции T_2 , определяя отклонение K_2 сооружения в направлении $B-T_1$. Затем вычисляют значение крена и его значение в угловой мере по формуле (3) [2].

$$K = \sqrt{K_1^2 + K_2^2} \quad (3)$$

где K_1, K_2 – средние значения отклонения от вертикальной оси ствола башни по направлениям $B-T_2$ и $B-T_1$;

K – величина крена дымовой трубы.

В результате проведенных угловых измерений были получены значения отклонений от вертикальной оси ствола башни на разных уровнях отметках. В таблице 1 представлены отклонения по оси X , а в таблице 3 по оси Y .

Таблица 1

Журнал угловых измерений и расчет отклонений от вертикальной оси ствола башни. Ось X.

№ п/п	Отм, м	Круг таксеометра	Угол (изм.)		KL-KR		Среднее	Откл.	Откл.	Выше допуска				
			град	мин	град	мин								
0	0	KL	47	48.7	180 00.0		45.3517 225.3517	0	0					
		KR	227	48.7										
		KL	42	53.5	180 00.0									
		KR	222	53.5										
1	10	KL	47	16.8	180 00.2		45.3400 225.3417	-0.0108	-14	-4				
		KR	227	17.0										
		KL	43	24.0	180 00.0									
		KR	223	24.0										
2	15	KL	46	46.1	180 00.1		45.3533 225.3517	0.0008	1					
		KR	226	46.0										
		KL	43	56.3	180 00.1									
		KR	223	56.2										
3	22	KL	46	23.2	180 00.0		45.3533 225.3525	0.0012	2					
		KR	226	23.2										
		KL	44	19.2	180 00.1									
		KR	224	19.1										
4	28	KL	46	19.2	180 00.1		45.3500 225.3517	-0.0008	-1					
		KR	226	19.3										
		KL	44	22.8	180 00.1									
		KR	224	22.9										
5	33	KL	46	13.7	180 00.0		45.3508 225.3500	-0.0013	-2					
		KR	226	13.7										
		KL	44	28.4	180 00.1									
		KR	224	28.3										
6	38	KL	46	11.7	180 00.1		45.3700 225.3675	0.0170	22					
		KR	226	11.6										
		KL	44	32.7	180 00.2									
		KR	224	32.5										
7	43	KL	46	08.2	180 00.0		45.3800 225.3808	0.0287	37					
		KR	226	08.2										
		KL	44	37.4	180 00.1									
		KR	224	37.5										

Анализируя журнал угловых измерений по оси X, можно установить, что только одно значение отклонения от вертикальной оси ствола башни не соответствует допустимому и превышает его на 4 мм.

По оси Y все значения отклонения от вертикальной оси ствола башни не соответствуют допустимым.

Таблица 2

Журнал угловых измерений и расчет отклонений от вертикальной оси ствола башни. Ось Y.

№ п/п	Отм, м	Круг таксео- метра	Угол (изм.)		KL-KR		Среднее	Откл.	Откл.	Выше допуска				
			град	мин	град	мин								
0	0	KL	313	19.4	180	00.0	310.6850 130.6850	0	0					
		KR	133	19.4										
		KL	308	02.8	180	00.0								
		KR	128	02.8										
1	10	KL	312	40.6	180	00.1	310.7033 130.7033	0.0183	22	12				
		KR	132	40.7										
		KL	308	43.8	180	00.1								
		KR	128	43.7										
2	15	KL	312	13.9	180	00.2	310.7241 130.7225	0.0383	46	31				
		KR	132	13.7										
		KL	309	13.0	180	00.0								
		KR	129	13.0										
3	22	KL	311	51.1	180	00.2	310.7667 130.7458	0.0712	86	64				
		KR	131	50.9										
		KL	309	38.5	180	00.1								
		KR	129	38.6										
4	28	KL	311	47.3	180	00.2	310.7483 130.7467	0.0625	75	47				
		KR	131	47.1										
		KL	309	42.5	180	00.0								
		KR	129	42.5										
5	33	KL	311	42.6	180	00.1	310.7550 130.7550	0.0700	84	51				
		KR	131	42.5										
		KL	309	48.0	180	00.1								
		KR	129	48.1										
6	38	KL	311	37.5	180	00.1	310.7408 130.7425	0.0566	68	30				
		KR	131	37.6										
		KL	309	51.4	180	00.1								
		KR	129	51.5										
7	43	KL	311	33.6	180	00.1	310.7525 130.7533	0.0679	82	39				
		KR	131	33.7										
		KL	309	56.7	180	00.0								
		KR	129	56.7										

На основании полученных данных были составлены исполнительные схемы вертикальности ствола опоры по осям X и Y. Так, например, для оси X был построен график (см. рис. 2), где по горизонтальной оси были отложены значения отклонений в мм, рассчитанные в таблице 2, а по вертикальной оси значения высот в метрах. Соответственно была построена схема вертикальности ствола опоры по оси Y (см. рис. 3).

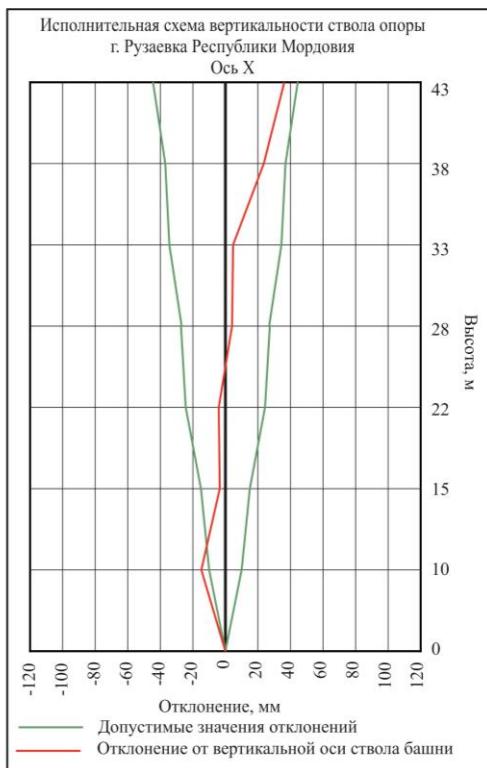


Рис. 2. Исполнительная схема вертикальности ствола опоры по оси X.

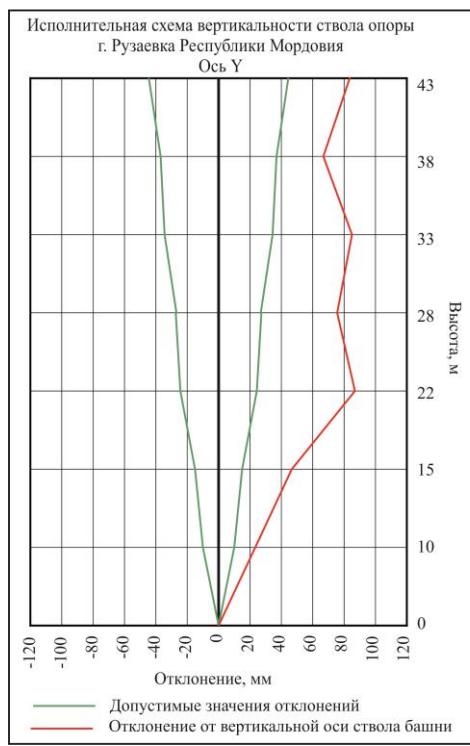


Рис. 3. Исполнительная схема вертикальности ствола опоры по оси Y.

Так, на схемах вертикальности наглядно показано отклонение ствола опоры по двум осям от допустимых значений.

Далее на основе рассчитанных отклонений от вертикальной оси ствола башни по осям X и Y, используя формулу (3) были рассчитаны значение крена во всех сечениях исследуемого сооружения. Полученные результаты были занесены в таблицу 3.

Таблица 3

Рассчитанные значения крена сооружения

№ пояса	Отметка, м	Значение крена, мм
0	0	0
1	10	26
2	15	46
3	22	86
4	28	75
5	33	84
6	38	71
7	43	89

На основании полученных результатов была построена исполнительная схема крена сооружения (см. рис. 4),

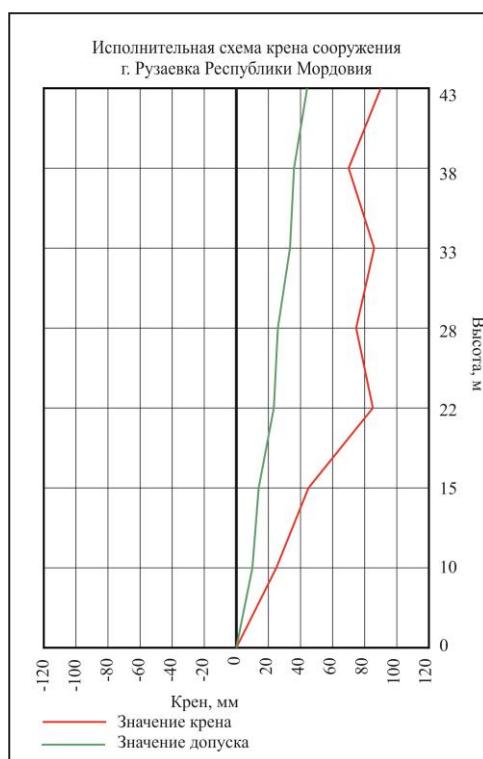


Рис. 4. Исполнительная схема крена сооружения, где по горизонтальной оси были отложены значения крена в мм, рассчитанные в таблице 4, а по вертикальной оси – значения высот в метрах.

На данной схеме наглядно показано отклонение сооружения по двум осям от вертикальной оси ствола башни. Итоговые значения крена представлены в таблице 4, а также наглядно отображены в виде исполнительной схемы на рисунке 4.

Результаты выполненных геодезических измерений позволяют оценить безопасность высотных инженерных объектов, а впоследствии могут быть положены в основу разработки проекта по реконструкции антенно-мачтового сооружения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерофеев П. С., Манухов В. Ф., Меркулов А. И. Необходимость применения в учебном процессе навыков геодезического мониторинга зданий и сооружений в условиях городской застройки // Картография и геодезия в современном мире: мат-лы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 50-летию кафедры геодезии, картографии и геоинформатики Мордовского государственного университета им. Н.П.Огарева, Саранск, 1 декабря 2010 г. / Отв. ред. В. Ф. Манухов. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2011. – С. 155–157.
2. Лысов Г. Ф. Учебная геодезическая практика: учеб. пособие. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 1993. – 132 с.
3. Манухов В. Ф. Применение GPS-технологий в инженерно-геодезических разбивочных работах // Актуальные вопросы строительства: мат-лы Всероссийской науч.-тех. конф. – Саранск: Изд-во Морд. ун-та, 2006. – С. 336–337.
4. Манухов В. Ф. Совершенствование методов топографических съемок и инженерно-геодезических работ с использованием современных технологий // Вестник Мордов. ун-та. – 2008. – № 1. – С. 105–108.
5. Манухов В. Ф., Коваленко А.К. Геодезический контроль за состоянием капитального здания ТЭЦ-3 // XXX Огаревские чтения: мат-лы науч. конф. Естественные и технические науки. – Саранск, 2002. – С. 151–152.
6. Манухов В. Ф., Разумов О. С., Спиридовон А. И. и др. Спутниковые методы определения координат пунктов геодезических сетей: учеб. пособие. – Изд.2-е, испр. и доп. – Саранск : Изд-во Морд. ун-та, 2011. – 128 с.
7. Манухов В. Ф., Тюряхин А. С. Глоссарий терминов спутниковой геодезии: учеб. пособие. – Саранск: Изд-во Морд. ун-та, 2006. – 48 с.
8. Манухов В. Ф., Тюряхин А. С., Русаков В. А. Обследование и оценка технического состояния несущих конструкций зданий и сооружений: учеб. пособие. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. – 76 с.
9. Родькин И. А., Юртаев А. И., Манухов В. Ф. Создание опорной межевой сети GPS // Естественно-технические исследования. Теория, методы, практика. – Саранск, 2004. – С. 113–114.
10. Уставич Г. А. Определение крена сооружений башенного типа GPS-приемниками и тахеометрами // Геодезия и картография. – 2003. – № 9. – С. 15–18.

КУРАМАГОМЕДОВ Б. М., АЛЕКСЕЕНКО Н. А., МЕДВЕДЕВ А. А.
ТЕПЛОВАЯ СЪЕМКА С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
В ГЕОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

Аннотация. В статье рассматривается опыт применения тепловой съемки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) при проведении географических исследований. Приведены результаты и методика обработки некоторых собственных экспериментов.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, тепловая съемка, БПЛА, аэрофотосъемка, обработка аэроснимков.

KURAMAGOMEDOV B.M., ALEKSEENKO N.A., MEDVEDEV A.A.
THERMAL SURVEYING WITH UNMANNED AERIAL VEHICLES
IN GEOGRAPHICAL RESEARCH

Abstract. This article considers the experience of thermal surveying with unmanned aerial vehicle (UAV) for doing geographical research. The results and processing methods of the authors' research work are presented.

Keywords: unmanned aerial vehicles, thermal surveying, UAV, aerial photography, processing of aerial photographs.

Современные исследования объектов, явлений и процессов в окружающей среде сопровождаются широким применением материалов дистанционного зондирования (ДДЗ) и геоинформационных технологий [3; 5]. Использование ДДЗ при научных исследованиях имеет давнюю историю. Однако, в начале нынешнего столетия интерес к аэросъемке вышел на новый виток. Этому способствовало появление и доступность гражданских беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Сфера применения БПЛА самая различная, но съемка с БПЛА актуально для проведения географических исследований на локальных и фациальных уровнях [1; 4].

К основным условиям популярности БПЛА относятся легкая развертываемость, мобильность, оперативность, низкая стоимость и получение данных высокого пространственного разрешения, возможность использования полезной нагрузки. В качестве полезной нагрузки на БПЛА, используются многозональные камеры, тепловизоры, LIDAR и гиперспектральные камеры, что позволяет проводить тематические исследования.

Об актуальности и новизне исследований в данном направлении свидетельствует устойчивый рост публикаций и патентов, характерный начиная с 2000-х гг. (см. рис.1). В разрезе предметной области исследований, более 80% приходится на инженерные работы,

связанные с усовершенствованием технических характеристик аппаратов. Несмотря, на то что работ, связанных с географическими исследованиями с помощью БПЛА значительно меньше, им также присуща тенденция постоянного увеличения. Эти работы посвящены, главным образом, разработке и усовершенствованию методов получения, обработки и дешифрирования снимков с БПЛА.



Рис. 1. Динамика количества публикаций о применении БПЛА (2000–2014 гг.).

Цель данной работы – демонстрация возможностей использования тепловой аэросъемки с БПЛА в различных областях географических исследований.

При средне-крупномасштабных географических исследованиях с помощью тепловых снимков необходимо использовать данные высокого пространственного разрешения. Главный источник тепловой съемки – метеорологические и ресурсные спутники. Фонд тепловых снимков накапливается с 60-х гг. с начала запуска метеорологических спутников, ведущих съемку на глобальном уровне. Ресурсные спутники ведут съемку с более высоким разрешением (максимальное – 20 м, с американского космического аппарата MTI (Multispectral Thermal Imager). В настоящее время съемку с высоким пространственным разрешением тепловых снимков (100 м) ведет ИК-радиометр TIRS на спутнике Landsat-8 [2].

Для более высоко детальной тепловой инфракрасной (ИК) используют аэросъемки с пилотируемых самолетов и вертолетов, с применением тепловизионной сканирующей системы высокого разрешения. Этот метод получения тепловых снимков (аэротеплоснимков) самый дорогостоящий и поэтому мало применяемый в географических исследованиях [4].

Развитие неохлаждаемых тепловых приборов (кремниевых или ванадиевых микроболометров), которые позволяют избежать использования тяжелых и дорогих охлаждаемых датчиков, обеспечивают их интеграцию с БПЛА и получение результатов с

высоким пространственным разрешением. Для используемых при тепловой аэросъемке тепловизоров важны такие технические характеристики, как диапазон температур, количество пикселей (ИК-разрешения), коэффициент излучения.

Диапазон температур позволяет измерять температуру лишь в указанном интервале, а за пределами откалиброванного диапазона возникает насыщение и сильное искажение действительных значений. От пространственного разрешения, как уже говорилось выше, зависит детальность изображения, и соответственно дешефрируемость, а также повышается точность измерения небольших объектов. Коэффициент излучения описывает способность поверхности испускать ИК-излучение [4].

Тепловые датчики можно разделить на две большие группы: специальные и бюджетные. Группа специальных датчиков разных компаний, приспособленных специально для съемки с БПЛА, имеет высокий ценовой диапазон. Знакомство с мировым опытом применения аэрометрологии с БПЛА показал, что такие датчики пока применяются лишь в ограниченных областях.

Наиболее доступные и популярные тепловизоры, имеют качество ниже специальных, но дают вполне пригодные для некоторых исследований результаты (см. рис. 2). Их используют как датчики к смартфонам.

Характеристики	FlirOne	Therm-App	Mu Optics	Seek Thermal
Поддержка iOS	•	–	•	•
Поддержка Android	–	•	•	•
Диапазон отображаемых температур	0 – 100 °C	5 – 90 °C	-66 – 90 °C	-40 – 330 °C
Разрешение камеры	80 x 60	384 x 288	160 x 120	206 x 156
Спектр волн	8 – 14um	7.5 – 14um	8 – 14um	7.2 – 13um
Частота съемки	8.6Hz	8.7Hz	–	< 9Hz
Цена	350 USD	999 USD	325 USD	199 USD

Рис. 2. Сравнительная характеристика бюджетных тепловизоров.

Интересный подход в использовании аэрометрологии совместно с многозональной съемкой с других датчиков представлен в работе [13]. Термальная съемка (термовизором FLIR Photon 320) применена для обнаружения мхов по степени здоровья на трех ключевых участках на Земле Уилкса в Антарктиде. В результате получены снимки, по которым легко дешифрируются участки сообщества мхов, что затруднительно сделать по фотографическим снимкам на фоне каменных россыпей и сильно переувлажненных участков. Для обработки и извлечения информации по тепловой съемке использованы возможности IDL / ENVI, в котором авторами написан специальный код. В дальнейшем для создания мозаики использован программный продукт Agisoft Photoscan.

Большой вклад в совершенствование технологий БПЛА внесли потребности в сфере сельского хозяйства. Поэтому наиболее развитая область применения БПЛА, в том числе теплосъемки – точное земледелие. Так, в работе [9] приведены результаты по оценки испаряемости и энергетического баланса над полем ячменя в западной Дании в течение весны и лета 2014 года. Это помогло разработать рекомендации по возделыванию культуры на данном поле. В другой работе [11] продемонстрированы возможности тепловой и гиперспектральной съемок с БПЛА для обнаружения напряженных участков водообеспеченности в пределах гетерогенного цитрусового сада.

Опыт применения тепловой съемки наиболее успешен при изучении объектов животного мира. В работе [8] также используется аэрометаллодетекция для обнаружения оленят. Авторы предлагают оригинальную методику автоматического обнаружения объектов с помощью разработанного модуля Matlabanwendung в среде Matlab.

Результаты экспериментов в археологических работах показывают преимущества тепловой съемки при изучении объектов трудно различимых в видимом диапазоне [6; 7]. Методика обработки данных основана на использовании доступного программного обеспечения с открытым кодом. Такой подход вполне удовлетворяет требованиям исследователей при отсутствии возможности использования коммерческого ПО.

Нами проведены работы по тестированию возможностей аэрометаллодетекции при решении нескольких задач: состояние лесного массива, снежного покрова, минеральных источников и учет водоплавающей птицы. Для этого использовались тепловизоры FlirOne и Seek Thermal. При съемке этой аппаратурой важными условиями является дальность видимости, от чего зависит высота полета, и скорость полета, что важно для получения качественного изображения. Необходимо отметить, что съемка производится в виде автономного видеопотока. Камера FlirOne по сравнению с Seek Thermal имеет скромные параметры, но за счет специализированного ПО для обработки съемки более удобна.

В качестве летательной платформы использован гексакоптер RC 690 S Tarot 2. Он имеет в комплектации: систему интеллектуального пилотирования NAZA-M, модуль GPS и магнитный компас, пульт управления и приемник, силовой аккумулятор и индикатор состояния, USB интерфейс. К преимуществам перед другими недорогостоящими БПЛА можно отнести большое расстояние дистанционного управления (1,5 – 2 км), относительно большая допустимая грузоподъемность (до 3 кг), прочная и мобильная конструкция рамы.

Для удобства интерпретации данных тепловизионной съемки создана пополняемая библиотека наземных тепловых образов объектов (530 штук). Материалы наземной съемки корректируются в камеральных условиях, посредством программы FLIR Tools, предназначеннной для обработки данных съемки с тепловизоров FLIR. При обработке

снимков вносятся такие калибровочные данные, как относительная влажность, температура воздуха, температура внешней оптики, коэффициент излучения. Это позволяет получить результаты более близкие к реальным значениям температуры объектов. А одновременная фиксация объекта в тепловом и видимом диапазонах делает процесс дешифрирования более качественной (см. рис.3).

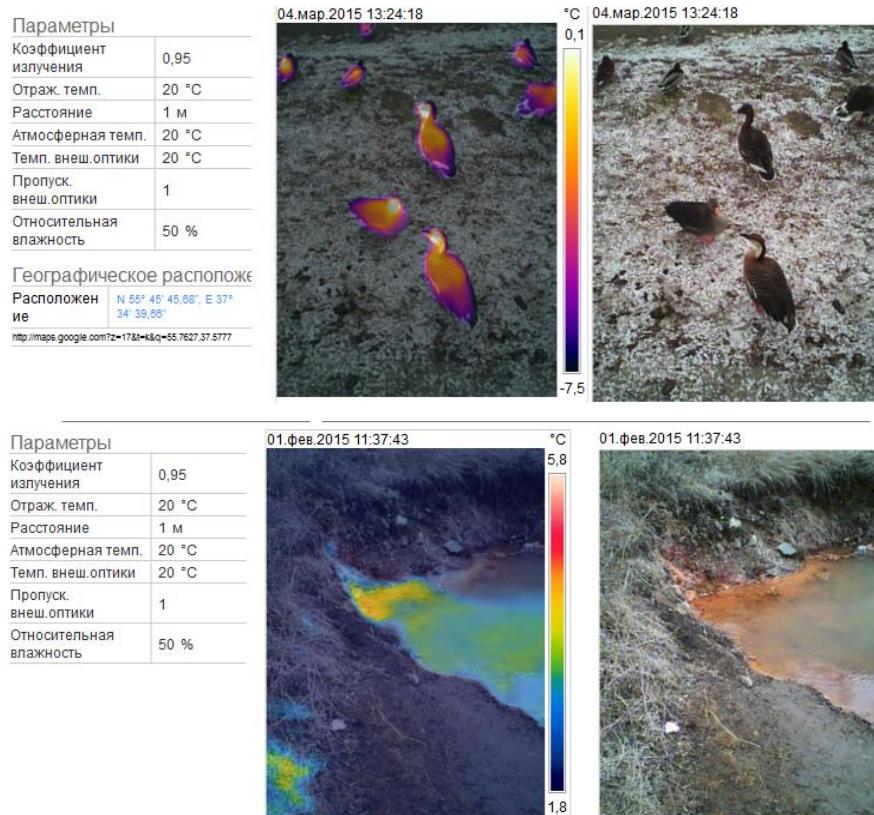


Рис. 3. Примеры тепловых образов гуся гуменника (вверху) и термального источника (внизу).

Для некоторых объектов, при съемке в условиях соответствующему диапазону калиброванных температур тепловизора, получены величины температур близкие к физической температуре. К примеру, это помогло выявить на фотоснимках трудноразличимые в траве невооруженным глазом объекты как муравейники, температура которой оказалось почти на 10⁰С выше чем окружающей среды (см. рис. 4).

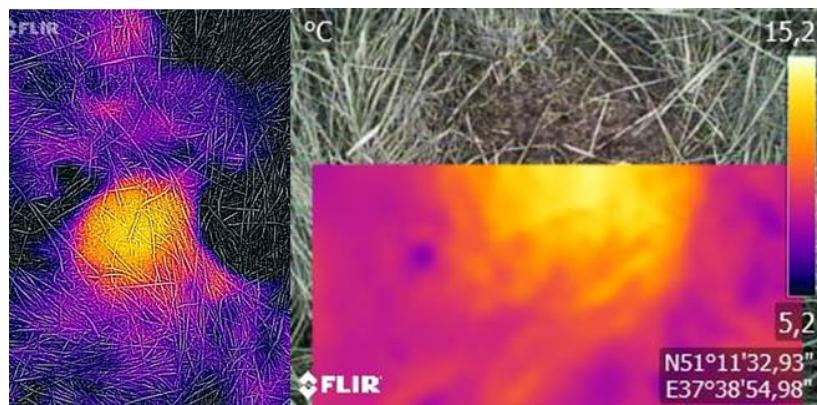


Рис. 4. Теплоснимок муравейника.

Первая тестовая аэротеплосъемка произведена в окрестностях г. Кисловодска. Объектами съемки выступали лесной массив и снежный покров. Съемка произведена с высоты 15 м 30 января 2015 г. в 14:00 ч. при температуре воздуха +5⁰С. По тепловым снимкам хорошо отслеживалось состояние снежного покрова. За счет отражения прямых солнечных лучей, плотный снежный покров выделялся как более теплый объект, чем протаивающий снег. А проталины на фоне снега, из-за наличия травяного покрова с высоким коэффициентом отраженного излучения, выделялись как участки более теплые, хотя и переувлажнены.

Деревья, лишенные листвы, имеют близкие к прошлогоднему травянистому покрову яркостные значения, что при автоматизированном или визуальном дешифрировании всего массива усложняет разделение этих двух классов объектов (см. рис.5). А привлечение телесъемки способствует более достоверному и качественному дешифрированию, т.к. деревья нагреваются от солнечных лучей и излучают энергию больше чем другие объекты, за счет своих отражательных свойств.

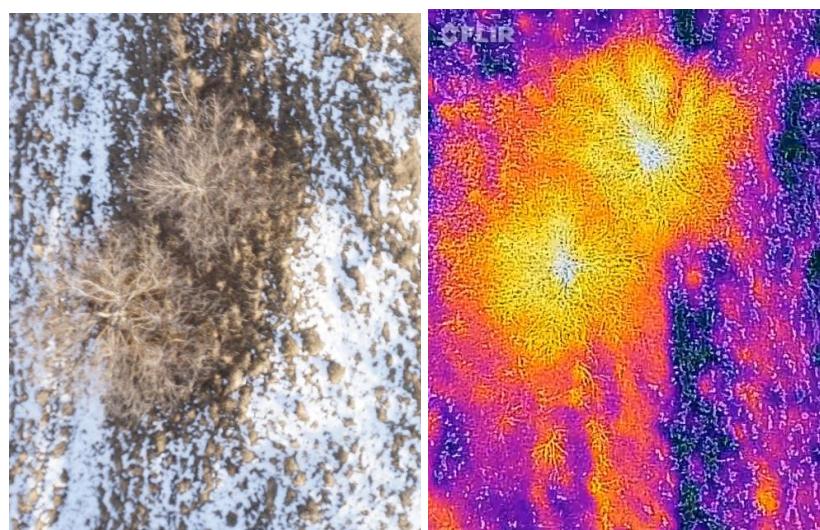


Рис. 5. Фрагменты аэрофотоснимка и аэротеплоснимка

Съемка минеральных источников выполнена в долине реки Хасаут в Республике Кабардино-Балкария на участке Долина Нарзанов. Съемка выполнена 1 февраля 2015 г. 11:30 ч. с высоты 15 м. при температуре воздуха +2⁰С. Хорошо выделялась на фоне снега и проталин река с присущей для водных объектов теплоотдачей. Вода из минеральных источников отличалась температурой выше чем у водной массы реки (см. рис. 6).

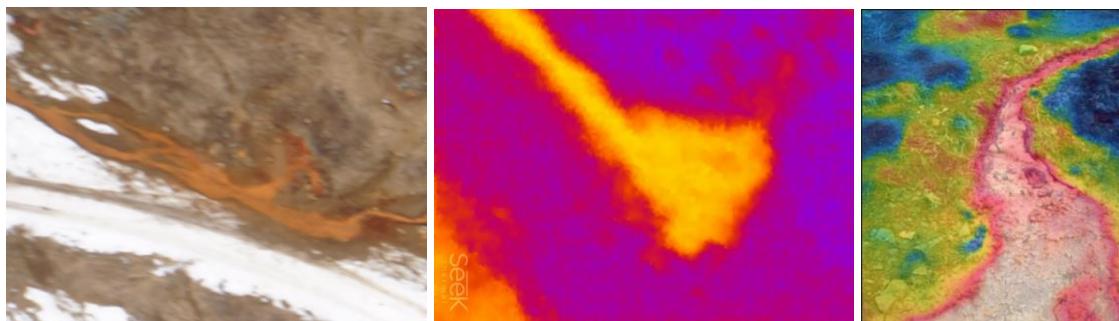


Рис. 6. Фрагменты участка Долины Нарзанов.

В начале марта произведена аэротеплосъемка пруда Московского зоопарка, для подсчета количества водоплавающей птицы. Высота полета составляла около 20 м. На этой высоте возможно съемка для обнаружения птиц, но видовое разделение крайне затруднительно. По видовому составу птицу такого размера возможно различать при съемке с высоты не более 10 м. Данные видеосъемки прошли процедуру обработки, создание мозаики и ее фильтрации в Erdas Imagine, для автоматического подсчета объектов (рис.7).

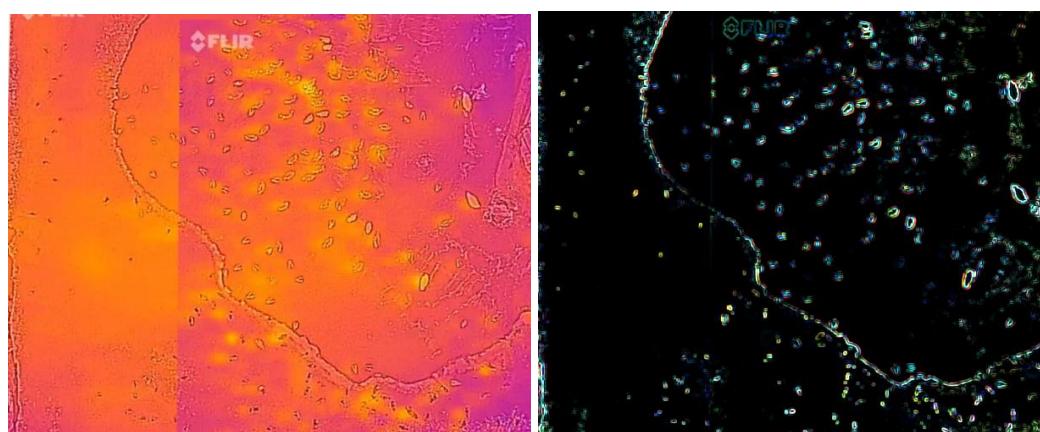


Рис. 7. Мозаика из тепловых снимков и результат автоматического выделения птиц.

Эксперименты позволяют сделать вывод о том, что тепловая съемка с БПЛА дает возможность получения пространственно-временных данных высокого разрешения, что говорит о географических исследованиях более качественного уровня. Тепловая съемка позволяет получить не только качественные, но и количественные данные (температуру объекта, либо разницу температур), что не может быть получено при спектральной съемке. Аэротеплосъемка с БПЛА является надежным источником при проведении наблюдений за суточным или сезонным ходом отдельных явлений природы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеенко Н., Медведев А., Карпенко И. Опыт использования беспилотных летательных аппаратов в биогеографических исследованиях на территории заповедника Белогорье // ИнтерКарто/ИнтерГИС-20: Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение: мат-лы Международной конф., Белгород, Харьков (Украина), Кигали (Руанда) и Найроби (Кения), 23 июля – 8 августа 2014 г. – Белгород; Изд-во Константа, 2014. – С. 69–80.
2. Балдина Е. А., Грищенко М. Ю., Федоркова Ю. Использование космических снимков в ИК-диапазоне для географических исследований [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.geogr.msu.ru/cafedra/karta/materials/heat_img/start.htm.
3. Варфоломеев А. Ф., Коваленко Е. А., Манухов В. Ф. ГИС-технологии при изучении и оценке взаимосвязи пространственного распространения почвенного покрова и рельефа // Геодезия и картография. – 2013. – № 7. – С. 47–53.
4. Книжников Ю. Ф., Кравцова В. И., Тутубалина О. В. Аэрокосмические методы географических исследований. – М.: Академия, 2011. – 416 с.
5. Манухов В. Ф., Кислякова Н. А., Варфоломеев А. Ф. Информационные технологии в аэрокосмической подготовке выпускников географов-картографов // Педагогическая информатика. – 2013. – № 2. – С. 27–33.
6. Медведев А., Алексеенко Н., Карпенко И. Мониторинг животного мира на особо охраняемых природных территориях с помощью беспилотных летательных аппаратов // Известия Самарского научного центра РАН. – 2015. – Т. 17. – № 6. – С. 304–309.
7. Armadale Index Page [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.armadale.org.uk/>.
8. Bäni D. Rehkitzrettung: Einsatz eines UAV mit Thermalkamera zur Ortung von Wildtieren [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.geometh-data.ethz.ch/publicat/diploma/2011_Baeni/grundidee.html.
9. Hoffmann H. et al. Estimating evapotranspiration with thermal UAV data and two source energy balance models // Hydrology and Earth System Sciences Discussions. – 2015. – Vol. 12. – pp. 7469–7502.
10. Turner D. et al. Spatial Co-Registration of Ultra-High Resolution Visible, Multispectral and Thermal Images Acquired with a Micro-UAV over Antarctic Moss Beds // Remote Sens. MDPI AG. – 2014. – Vol. 6. – No. 5. – pp. 4003–40241.
11. Zarco-Tejada P. J., González-Dugo V., Berni J. A. J. Fluorescence, temperature and narrow-band indices acquired from a UAV platform for water stress detection using a micro-hyperspectral imager and a thermal camera // Remote Sensing of Environment. – 2012. – Vol. 117. – pp. 322–337.

КАЛАШНИКОВА Л. Г., АФАНАСЬЕВ М. А.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК
С ЦЕЛЬЮ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ В ГИС-ПАКЕТЕ ARCGIS

Аннотация. В статье рассматриваются возможности применения различных сочетаний каналов космических снимков и их дешифрирование для целей картографирования территорий на примере Пензенской области.

Ключевые слова: космический снимок, спектральный канал, ГИС-технологии, ArcGIS, дешифрирование, карта.

KALASHNIKOVA L. G., AFANASEV M. A.
THE USE OF SATELLITE IMAGERY
FOR MAPPING IN GIS-PACKAGE ARCGIS

Abstract. The article considers various combinations of channels of satellite imagery and their decryption for mapping. The study is based in the territory of the Penza region.

Key words: satellite image, spectral channel, GIS technology, ArcGIS, decryption, map.

Вопрос выбора темы научно-исследовательской работы в основном и в частности предопределяет Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки 05.03.03 «Картография и геоинформатика». Это предполагает использование информационных и геоинформационных технологий и овладение обучаемыми базовыми знаниями в области компьютерных и мультимедийных технологий, аэрокосмическими методами картографирования и моделирования, основанное на компьютерных технологиях обработки снимков. Формирование информационно-профессиональной компетентности происходит вследствие решения задач учебного и научно-исследовательского характера [4; 5; 10].

В последнее время и в исследовательской деятельности студентов географического факультета Мордовского национального исследовательского университета им. Н. П. Огарева широко используется космическая информация [1; 7–9]. Направлений, где возможно применение космических снимков, очень много. В частности, снимки широко используются для целей картографирования.

В настоящее время изучение материалов космических съемок невозможно без использования ГИС-технологий и программ обработки данных дистанционного зондирования (ДДЗ). Неодинаковое пространственное разрешение снимка, зоны спектра,

размер кадра у разных серий спутников позволяют подобрать наиболее подходящие и доступные снимки для решения конкретных задач.

Для данной работы были выбраны снимки Landsat 4-5 ТМ. Серия американских гражданских спутников Landsat запускается с 1972 г. На спутниках Landsat 4-5, запущенных в 1982-1984 гг., использовалась цифровая аппаратура MSS (Multispectral Scanner) и TM (Thematic Mapper):

- MSS: разрешение 80 м, 4 зоны спектра (зеленая, красная, две ближних инфракрасных);
- TM: разрешение 30 м, 7 зон спектра (синяя, зеленая, красная, ближняя инфракрасная (ИК), две средних ИК, дальняя ИК).

Размер кадра Landsat составляет 185x170 км. Landsat 5 прекратил свою работу совсем недавно – в декабре 2012 г. Снимки с этого спутника использовались в нашей работе. Мультиспектральные цифровые изображения с пространственным разрешением 30 м получены через сервис EarthExplorer Геологической службы США. Все они представлены в картографической проекции UTM, основанной на координатной системе отсчета WGS-84, т.е. предварительно уже обработаны.

Обработка ДДЗ в последнее время все более тесно интегрируется с ГИС. ГИС-пакет ArcGIS предоставляют широкий набор инструментов для работы с растровыми данными, что обеспечивает возможность обработки ДДЗ и использования аналитических функций ГИС [2]. В то же время ГИС-пакет ArcGIS обладает развитыми функциями картографической визуализации пространственных данных.

Визуальный сопоставительный анализ нескольких зональных снимков на экране малоэффективен, поэтому разработаны и применяются разнообразные преобразования, преследующие две цели: сжать информацию, т.е. получить одно изображение вместо нескольких, и улучшить визуальное восприятие снимка [6]. В ArcGIS для синтезирования цветного изображения предназначен инструмент «Объединить каналы» группы инструментов «Растр».

Нами были проверены различные сочетания каналов. Например, комбинация «естественные цвета», представляющая собой сочетание каналов 3, 2 и 1 (видимые диапазоны), выводит объекты земной поверхности так, как они воспринимаются человеческим глазом. Стандартная комбинация «искусственные цвета» (4; 3; 2) показывает растительность в оттенках красного. При использовании комбинации каналов 4, 5 и 1 здоровая растительность отображается в оттенках красного, коричневого, оранжевого и зеленого и т.д. [3].

С целью выбора комбинации, наиболее подходящей для решения ранее поставленной задачи дешифрирования территории Пензенской области, было проведено сравнение результатов классификации изображений с различными вариантами синтеза цветного изображения.

Сравнивание синтезированных изображений проходило при помощи неконтролируемой классификации изокластеров и классификации по методу максимального подобия, доступных в ГИС-пакете ArcGIS. Для анализа были выбраны комбинации каналов (5, 4 и 3; 3, 2 и 1).

Результаты неконтролируемой классификации изокластеров космических снимков с различными комбинациями спектральных каналов представлены на рисунках 1 и 2.

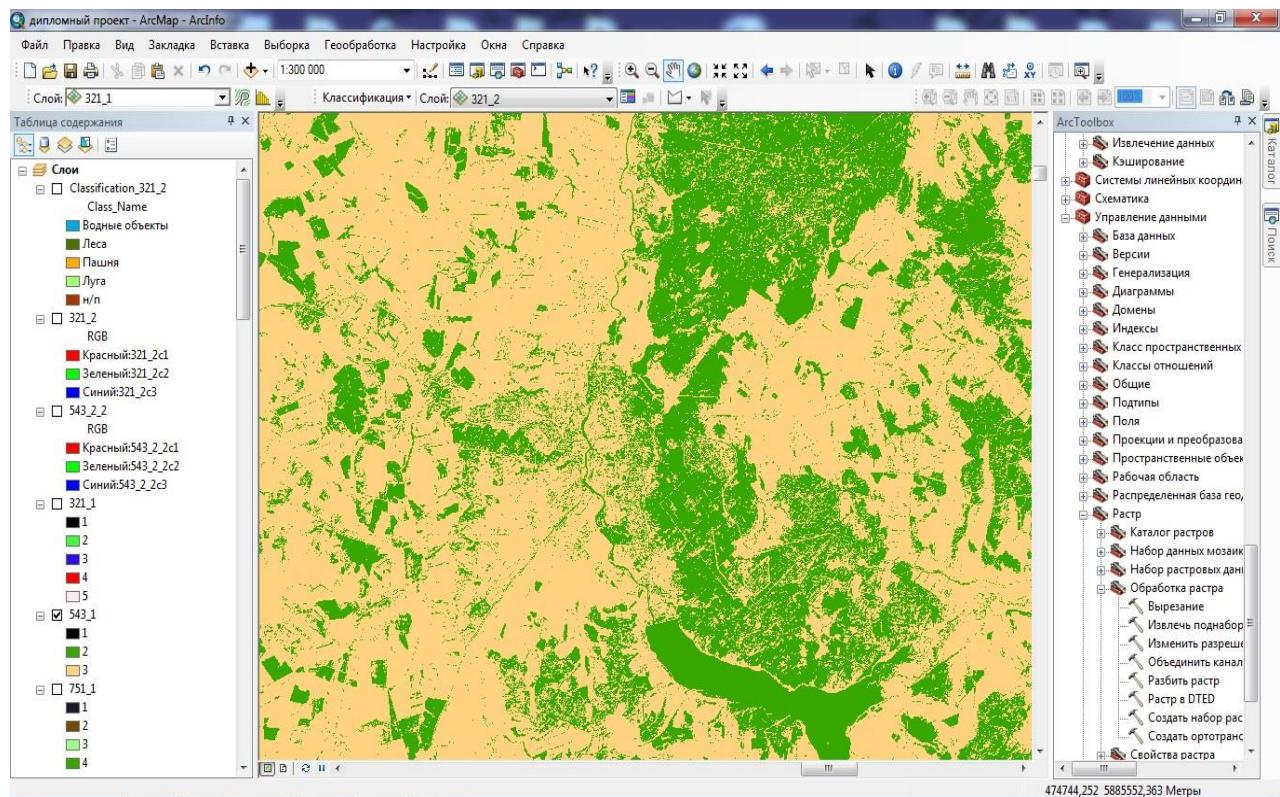


Рис. 1. Результат неконтролируемой классификации многозонального снимка с комбинацией каналов 5, 4 и 3.

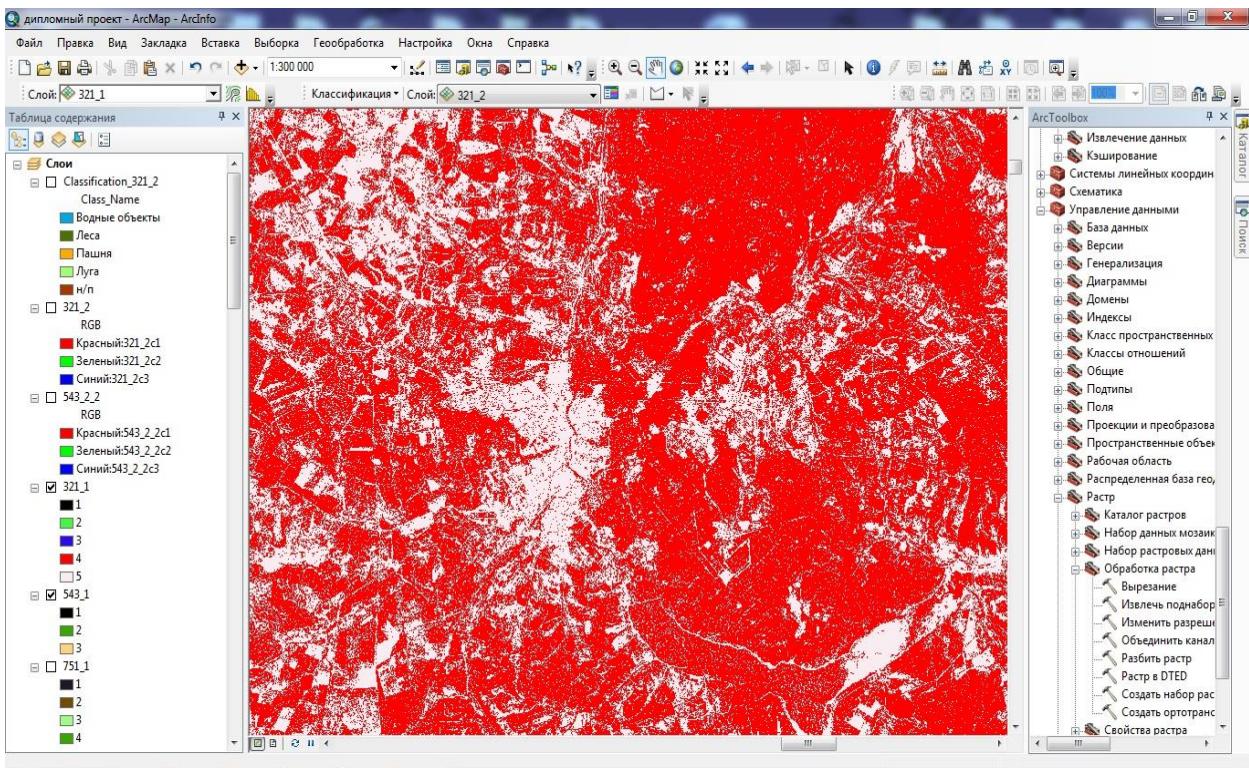


Рис. 2. Результат неконтролируемой классификации многозонального снимка с комбинацией каналов 3, 2 и 1.

Проанализировав выходные растры, можно сделать вывод, что комбинация спектральных каналов 5; 4; 3 для наших целей подходит больше, нежели комбинация из спектральных каналов 3; 2; 1. Что обусловлено наличием в первом случае зонального снимка, измеряющего ближний инфракрасный спектр.

Также было проведено сравнение методов, доступных в ГИС-пакете ArcGIS:

- неконтролируемая классификация изокластеров;
- метод главных компонентов;
- интерактивная контролируемая классификация.

До выполнения последнего метода для входного изображения важно построить пирамидные слои, интерактивная классификация с обучением выполняется с разрешением, соответствующим текущему пирамидному слою в отображении. При отображении крупным планом небольшого экстента изображения классификация ускоряется и инструмент обрабатывает только пиксели текущего экстента изображения. Проанализировав полученные данные, выбираем наиболее качественную классификацию, которая получается при использовании метода главных компонентов.

Однако стоит отметить, что при использовании интерактивной контролируемой классификации достоверность результатов зависит от того, насколько правильно выбраны эталоны (см. рис. 3).

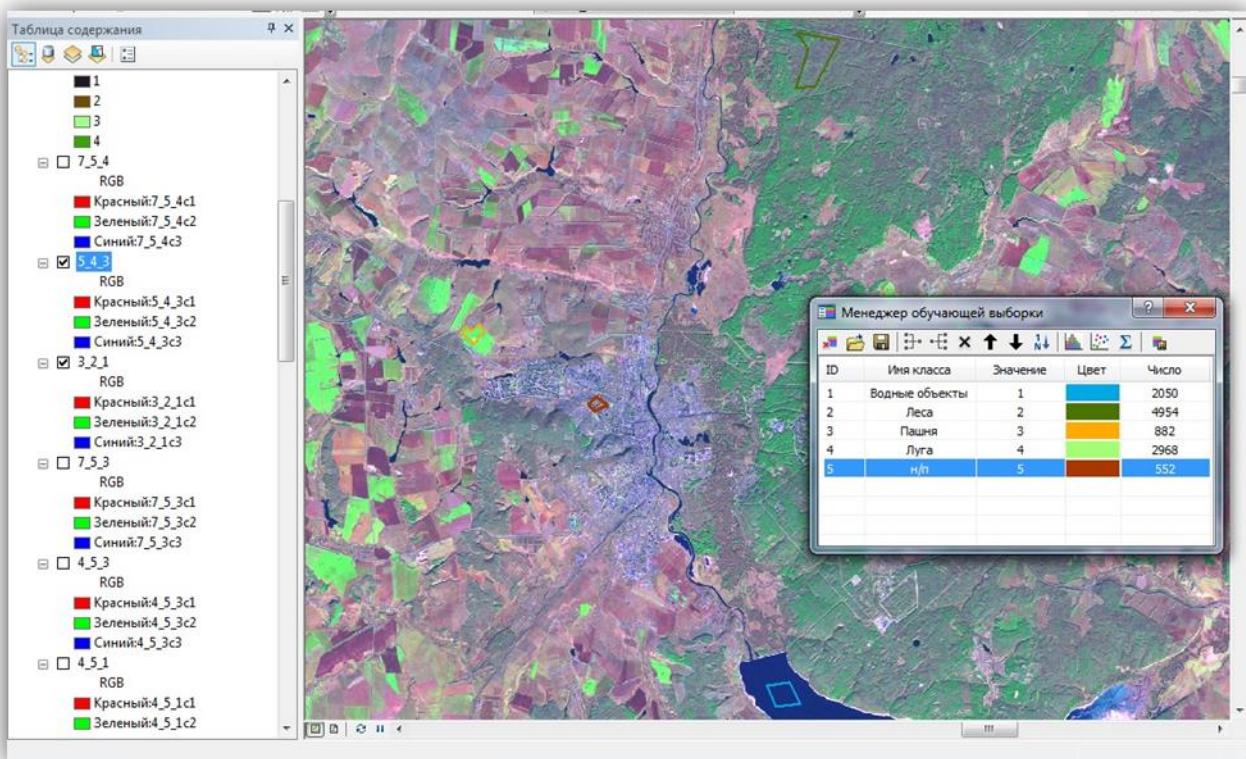


Рис. 3. Выбор эталонных значений и создание легенды.

Для целей картографирования была составлена мозаика снимков, покрывающая всю территорию Пензенской области. Дополнительно был загружен векторный слой – административные границы Пензенской области.

Посредством проведения интерактивной контролируемой классификации синтезированных изображений с ранее определенными подходящими комбинациями спектральных каналов получены растровые изображения, на основе которых было проведено визуальное дешифрирование многозонального снимка. Созданные векторные слои были преобразованы в проекцию Гаусса-Крюгера. Затем было выполнено оформление карты Пензенской области, на которой отображено современное состояние основных элементов – лесных массивов, дорожной сети, гидрографии (см. рис. 4).

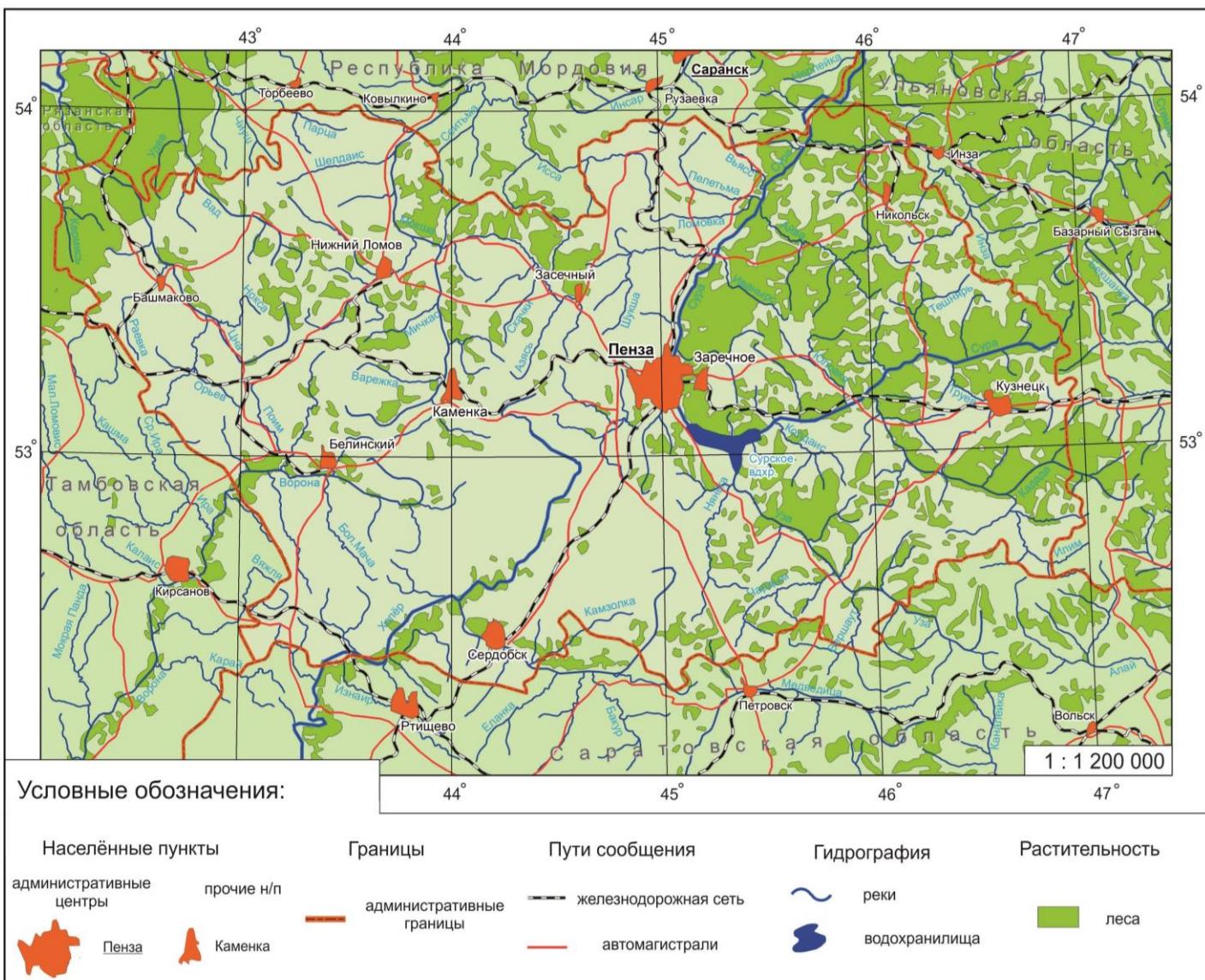


Рис. 4. Созданная карта Пензенской области.

По результатам работы можно сделать вывод о том, что снимки Landsat являются материалом, доступным и подходящим для обработки в среде ArcGIS. К положительным аспектам использования снимков серии Landsat можно отнести существование обширного архива данных, а также их многозональность, которая позволяет получать разные варианты интерпретирования исходных снимков и решать различные картографические задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варфоломеев А. Ф., Коваленко Е. А., Манухов В. Ф. ГИС-технологии при изучении и оценке взаимосвязи пространственного распространения почвенного покрова и рельефа // Геодезия и картография. – 2013. – № 7. – С. 47–53.

2. Ивлиева Н. Г., Росяйкина Е. А. Обработка данных дистанционного зондирования Земли в ГИС-пакете ArcGIS [Электронный ресурс] // Огарев-online. Раздел "Науки о Земле". – 2015. – № 4. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/obrabotka-danniyh-distacionnogo-zondirovaniya-zemli-v-gis-pakete-arcgis>.
3. Интерпретация комбинаций каналов данных Landsat TM / ETM+ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gis-lab.info/qa/landsat-bandcomb.html>.
4. Калашникова Л. Г., Манухов В. Ф. Применение ГИС-технологий в процессе расселения финно-угорских народов // Электронный сетевой полitemатический журнал «Научные труды КубГТУ»: мат-лы XX Междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные процессы в высшей школе» [Электронный ресурс]. – 2014. – №4. – С.185–187. – Режим доступа: <http://ntk.kubstu.ru/>.
5. Князева Г. Н., Манухов В. Ф., Щевелева Г. М. Информационно-компетентностное сопровождение образовательного процесса в акмеологическом аспекте // Интеграция образования. – 2015. – Т. 19, № 2. – С. 73–80.
6. Лабутина И. А. Дешифрирование аэрокосмических снимков: учеб. пособие для студентов вузов. – М.: АспектПресс, 2004. – 184 с.
7. Манухов В. Ф., Варфоломеев А.Ф., Манухова В.Ф. О геоинформационной поддержке междисциплинарных исследований // Электронный сетевой полitemатический журнал «Научные труды КубГТУ»: мат-лы XX Междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные процессы в высшей школе» [Электронный ресурс]. – 2014. – №4. – С.182 – 184. – Режим доступа: <http://ntk.kubstu.ru/>.
8. Манухов В. Ф., Ивлиева Н. Г., Варфоломеев А. Ф. и др. Реализация компетентностного подхода в выпускных квалификационных работах студентов картографо-геоинформационного направления // Геодезия и картография. – 2015. – № 1. – С. 60–64.
9. Манухов В. Ф., Кислякова Н. А., Варфоломеев А. Ф. Информационные технологии в аэрокосмической подготовке выпускников географов-картографов // Педагогическая информатика. – 2013. – № 2. – С. 27–33.
10. Манухов В. Ф., Щевелева Г. М. Формирование компетенций в профессиональном образовании картографо-геоинформационного направления // Интеграция образования. – 2014. – № 3. – С. 39–45.

**ПРИМАЧЕНКО Е. И., ТРЕСВЯТСКИЙ Е. Д. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС-
ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННОГО КЛИМАТА В РЕГИОНАХ
ПРИВОЛЖСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ОКРУГА**

Аннотация. В статье описываются методы исследования инвестиционного климата при помощи ГИС-технологий. Картографирование и моделирование инвестиционного климата позволяет отобразить развитие регионов Приволжского федерального округа в сфере инвестиций.

Ключевые слова: инвестиционный климат, инвестиционный рейтинг, инвестиции, гис-технологии, картографическая база данных, математико-картографическое моделирование.

**PRIMACHENKO E. I., TRESVYATSKIY E. D. THE USE OF GIS-TECHNOLOGY FOR
STUDYING OF THE INVESTMENT CLIMATE OF THE VOLGA FEDERAL DISTRICT
REGIONS**

Abstract. The article describes the methods of studying the investment climate by means of GIS-technology. Mapping and modelling of the investment climate displays the investment development of the Volga Federal District regions.

Keywords: investment climate, investment rating, investment, GIS-technology, map database, mathematical and cartographic modelling.

В настоящее время ГИС-технологии, методы геоинформационного картографирования, математико-картографическое моделирование получили широкое распространение и используются для решения различных задач в народном хозяйстве и образовании [1; 3; 6-8].

Современное развитие регионов РФ зависит от различных видов инвестиций так же, как и от социально-экономических программ, инфраструктуры, промышленности и природных ресурсов. Перед нашей страной остро стоит необходимость модернизации и обновления основных фондов, перевооружения существующего оборудования с целью повышения конкурентоспособности действующих предприятий, а также вложений в инновационные проекты. Правительство активно пропагандирует подобные идеи. Тем не менее, главная задача так и не решена – в первую очередь необходимо создать комфортные условия для инвесторов. *Инвестиции* – вложения капитала с целью получения прибыли. Они являются неотъемлемой частью современной экономики. От кредитов инвестиции отличаются степенью риска для инвестора (кредитора) – кредит и проценты необходимо возвращать в оговоренные сроки независимо от прибыльности проекта, инвестиции возвращаются и приносят доход только в прибыльных проектах. Если проект убыточен – инвестиции могут быть утрачены полностью или частично [4]. *Инвестиционный климат* – совокупность социально-экономических, политических и финансовых факторов, определяющих степень привлекательности инвестиционного рынка и величину инвестиционного риска [4]. Для

инвесторов и инвестиций важны все плюсы и минусы развитости региона, и все это возможно изучать и анализировать при помощи картографических моделей и современных геоинформационных технологий.

С картографической точки зрения работы по этой тематике ведутся некоторыми агентствами и компаниями. Имеется ряд тематических карт, которые отображают: рейтинг потенциала региона, недоинвестированные и переинвестированные регионы, инвестиционный рейтинг. В данной статье рассматриваются возможности использования различных картографических моделей для отображения инвестиционного климата в регионах Приволжского федерального округа (ПФО).

Говоря об инвестиционном климате можно сказать, что это понятие охватывает различные социально-экономические показатели. Инвестиционный климат характеризуют внутренние политические и экономические факторы. Для его оценки используют такие группы показателей как: экономика региона, бизнес и торговля, население и качество жизни, образование и наука, инфраструктура и связь.

Как показывают исследования разных агентств, в Российской Федерации инвестиционный климат является неблагоприятным. Иностранные инвесторы не торопятся вкладывать в экономику России и занимают позицию выжидания [10]. Приволжский федеральный округ относится к оценке инвестиционного климата как региональный. То есть нужно выделять отдельные регионы и, исходя из этого, давать комплексную оценку.

Лидирующие позиции инвестиционной привлекательности в федеральном округе, по данным агентства «Эксперт РА», занимает Республика Татарстан, Республика Башкортостан и Пермский край. А Республика Мордовия и Республика Марий Эл – это регионы, в которых инвестиционная привлекательность остается на низком уровне. Положительную динамику в этом направлении имеют такие регионы, как Самарская и Нижегородская области [10].

Главная цель любой географической информационной системы (ГИС) – это наглядно представить пространственные данные и сделать из них качественное картографическое изображение. ГИС содержит данные о пространственных объектах в форме их цифровых представлений (векторных, растровых, квадротомических и иных) [2]. Возможности ГИС заключаются в наборе средств создания и объединения баз данных с возможностями их географического анализа и наглядной визуализации в виде различных карт, графиков, диаграмм, прямой привязке друг к другу всех атрибутивных и графических данных. В данном исследовании использовался пакет ГИС программ ArcGIS 10.0 компании ESRI.

ГИС-технологии, математико-статистические методы и математико-картографическое моделирование – все это в совокупности помогает создать наиболее целостную картину такого явления как инвестиционный климат в Приволжском федеральном округе. Применение этих методов поможет специалистам в этом вопросе в обеспечение необходимыми материалами для анализа и прогноза.

Для целей картографирования и моделирования инвестиционного климата использовались социально-экономические и инвестиционные показатели. Основным показателем являлся инвестиционный климат и исходя из него, уже брались взаимосвязанные показатели.

Метод определения инвестиционного климата достаточно сложный и каждые рейтинговые агентства используют свою методику, так что единой системы определения климата нет. С инвестиционным климатом связано достаточно много признаков, поэтому в данной работе для картографирования использовались следующие показатели: инвестиционный рейтинг, риск, уровень, потенциал и иностранные инвестиции.

Для создания картографических моделей необходима база данных, которая должна быть:

- согласованной по времени, что означает что, хранящиеся в ней количественные данные должны соответствовать определенному времени и быть актуальными;
- полной, т.е. достаточно подробной для предполагаемого создания ГИС или картографического произведения;
- позиционно точной, абсолютно совместимой с другими данными, которые могут добавляться в нее;
- достоверной – правильно отражающей характер явлений, для этого необходимо четко определить включенные в нее атрибуты явлений;
- легко обновляемой;
- доступной для любых пользователей [5].

В атрибутивной таблице нашей базы данных содержатся данные о: рейтинге инвестиционного риска; показателях, взаимосвязанных с финансовым и инфраструктурным положением регионов в ПФО, а также об инвестиционной привлекательности регионов. Информация для атрибутивной таблицы слоев была взята с сайта Федеральной службы государственной статистики (Росстат). С сайта рейтингового агентства «Эксперт РА» [10] были получены многие показатели инвестиционного климата в ПФО, так как оно является ведущим агентством в России по рейтингам регионов, и имеет наработанную методику составления инвестиционного климата по регионам. В качестве дополнительного источника данных об инвестициях использовались исследования международной компании «Ernst & Young». Основным источником для рейтинга у стран служил проект «Doing Business» группы Всемирного банка.

Кроме этого, для составления карт нам необходимы следующие пространственные данные: реки, озера и водохранилища; города; автомобильные и железные дороги; границы зарубежных стран; субъекты РФ. В исследовании выполнен ряд операций для осуществления качественной тематической картографической интерпретации статистических данных. Так же была проведена установка нужной проекции, вырезание слоев и настройка отображения слоев. Методы обработки применялись различные, в зависимости от задач. Обработка показателей происходила в программе

Microsoft Office Excel, данное программное обеспечение (ПО) позволяет работать с таблицами, обрабатывать числовые значения, а также из нее удобно подгружать данные в атрибутивную таблицу ГИС ArcGIS.

В данном исследовании применялись статистические методы, один из них – это среднее значение показателя, или средняя величина. Средняя величина – это обобщающий показатель статистической совокупности, который погашает индивидуальные различия значений статистических величин, позволяя сравнивать разные совокупности между собой [4]. Так как информация о инвестиционном климате бралась с «Эксперт РА», то средняя величина использовалась для отображения климата в федеральных округах. Так же среднюю величину можно использовать для усреднения рейтинга регионов ПФО.

После занесения информации в атрибутивную таблицу можно создавать различные виды карт и математико-картографические модели, также атрибутивные данные удобно обрабатывать в самой ГИС.

В ходе исследования были созданы следующие виды карт:

- карта инвестиционной привлекательности федеральных округов РФ;
- комплексные карты для изучения инвестиционного климата;
- оценочная карта инвестиционного климата;
- карты анаморфозы инвестиций;
- карты-призмы рейтинга инвестиционного климата;
- карты анимации временной динамики инвестиционного климата в РФ и ПФО.

Анализ карты инвестиционной привлекательности федеральных округов РФ позволяет определить, в каких федеральных округах инвестиционный климат имеет высокий, средний или низкий потенциал. Карта показывает, что ПФО имеет умеренный (средний потенциал) инвестиционный климат. Этую карту можно использовать для выявления основных закономерностей распределения инвестиционного климата на территории РФ.

В данном исследовании были составлены три комплексные карты, определяющие и характеризующие инвестиционный климат в субъектах ПФО. Каждая карта включает в себя различные способы отображения показателей.

Первая карта «Инвестиции и инвестиционный риск» отображает показатели, связанные с инвестициями в экономику субъектов ПФО. На данной карте отображены инвестиции в основной капитал (млн. руб.) способом картодиаграммы, средневзвешенный индекс инвестиционного риска способом количественного фона, ранг инвестиционного потенциала показан способом значков.

Вторая карта «Субъективное экономическое благополучие» отображает показатели,

связанные с экономической ситуацией в субъектах РФ. Данная карта показывает такие явления как валовой региональный продукт (млн. руб.) способом количественного фона, иностранные инвестиции (тыс. долларов США) способом картодиаграммы, среднемесячная заработка платы работников организаций (руб.) способом картодиаграммы. Для нормировки значения валового регионального продукта был построен вариационный ряд.

Третья карта «Организации с участием иностранного капитала» отображает информацию об организациях с иностранными активами. На данной карте отображено: средняя численность работников на 1000 жителей способ картограммы, оборот организаций (млрд. руб.) и число организаций с участием иностранного капитала способом картодиаграммы. Для наглядного отображения значений показателя средней численности работников на 1000 жителей так же был построен вариационный ряд.

Полученные карты можно сопоставить и получить субъективное мнение об инвестиционном климате и его различных сторонах в ПФО. Сравнивая три полученных карты, мы видим то, что главным лидером по инвестициям в ПФО является Республика Татарстан. Так же можно заметить, что регионами с недостаточными инвестициями являются Республика Мордовия и Марий Эл, соответственно и инвестиционный рейтинг в этих регионах пониженный. Исследования инвестиционного климата при помощи ГИС- технологий позволяет создавать оценочные карты. Для исследования инвестиционного климата можно привлечь оценочные карты, так как они могут систематизировать несколько показателей в один оценочный.

Алгоритм для создания оценочных карт разработан В. С. Тикуновым [9]. Он позволяет получить синтетические характеристики оценочного положения изучаемых территориальных единиц. Суммарный оценочный показатель рассчитывался на основе следующих показателей: валовой региональный продукт; число организаций и предприятий; численность экономически активного населения; выпуск квалифицированных рабочих и служащих; дефицит бюджета. Варьируя показатели и методы оценки, можно получить различные характеристики, но во многом они будут похожи, если брать инвестиционную составляющую.

Технология создания карты заключалась в том, чтобы обработать показатели в ПО MS office Excel. Определялись минимальные, максимальные и наихудшие (самые худшие среди других) значения каждого показателя. После этого разность каждого значения показателя и наихудшего значения делилось на разность максимального и минимального значения. Полученные результаты суммировались и включались в атрибутивную таблицу слоя «ПФО».

В результате математико-картографического моделирования была получена карта (см. рис.1). Она отображает интегральную характеристику инвестиционного климата и может использоваться для дальнейших исследований. Вопрос об исследовании инвестиционного климата является весьма сложным, так он включает в себя большое количество экономических аспектов. Важным является подобрать достоверный источник об инвестиционном климате регионов для его

картографирования, таким источником послужили федеральная служба государственной статистики, рейтинговое агентство «Эксперт РА» [10]. Проблема в данном исследовании заключалась в отсутствии систематизированной классификации инвестиционного климата, и поэтому не всегда точно можно отобразить различные показатели. Данное исследование нуждается в дальнейшей доработке для наиболее детального изучения инвестиционного рейтинга в регионах ПФО при помощи ГИС-технологий.

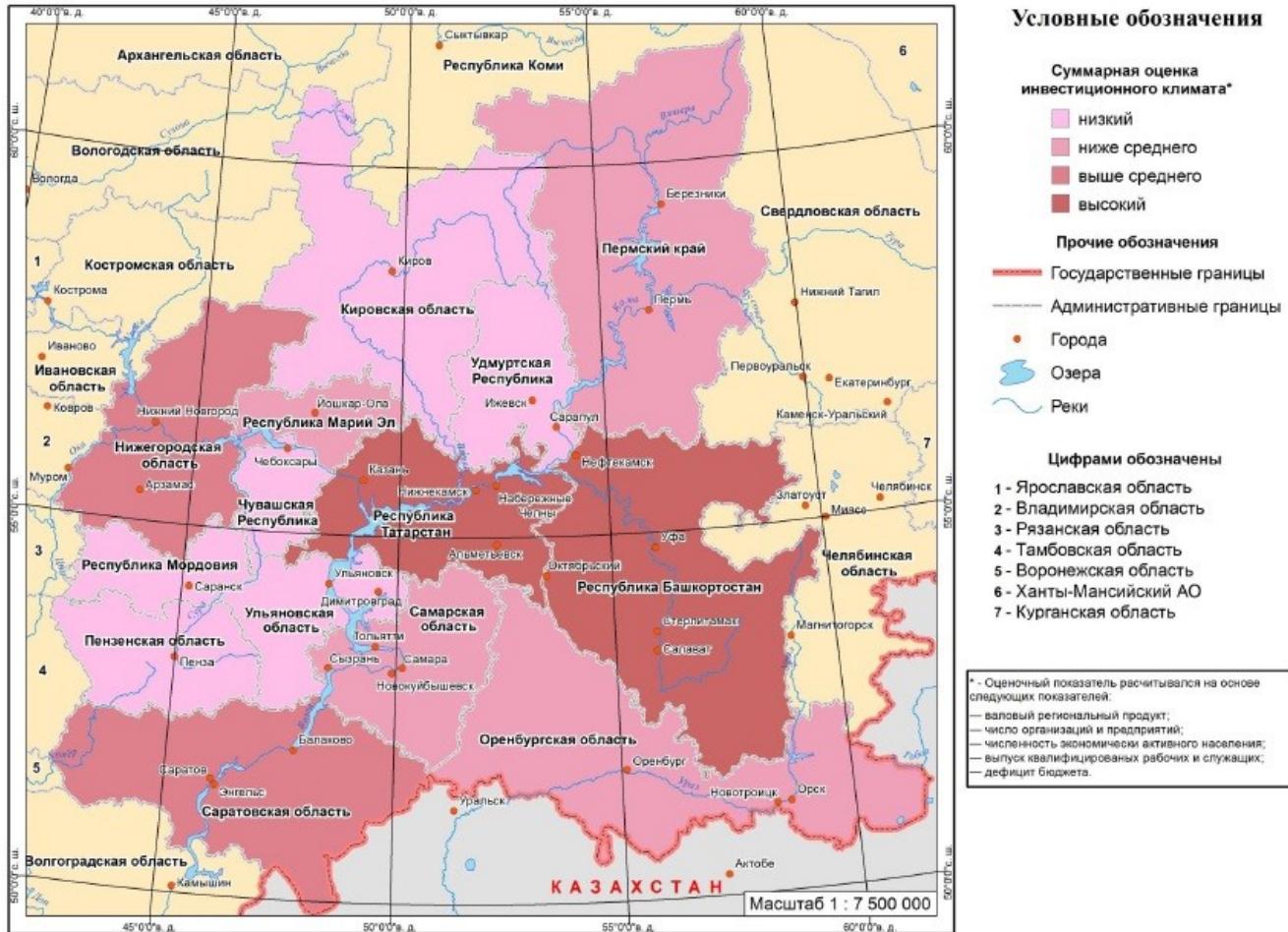


Рис. 1. Оценка инвестиционного климата

Целесообразно изучить больше процессов и аспектов, чтобы составить более углубленные и систематизированные карты для изучения инвестиционного климата, а также для более целостного представления инвестиционного климата нужно создать алгоритм создания прогнозных карт по данной тематике.

ЛИТЕРАТУРА

- Гасанова А. М., Примаченко Е. И., Синицына А. О. Пространственное моделирование показателей демографического маркетинга (на примере регионов ПФО) [Электронный ресурс] // Огарев-online. Раздел "Науки о Земле". – 2015. – № 4. – Режим доступа: <http://journal.mrsu.ru/arts/prostranstvennoe-modelirovanie-pokazatelej-demograficheskogo-marketinga-na-primere-regionov-pfo>.

2. Капралов Е. Г., Кошкарев А. В., Тикунов В. С. и др. Геоинформатика: в 2 кн. – Кн. 1: учебник для студ. высш. учеб заведений / Под ред. В. С. Тикунова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 400 с.
3. Ивлиева Н. Г., Манухов В. Ф. Реализация современных информационных технологий в курсовых и дипломных работах // Геодезия и картография. – 2008. – № 1. – С. 59–63.
4. Лопатников Л. И. Экономико-математический словарь // Словарь современной экономической науки. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Дело, 2003. – 520 с.
5. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование: учебник. – 2-е изд., испр. – М.: КДУ, 2010. – 424 с.
6. Манухов В. Ф. Варфоломеев А. Ф., Манухова В. Ф. О геоинформационной поддержке междисциплинарных исследований [Электронный ресурс] // Электронный сетевой политехнический журнал «Научные труды КубГТУ»: мат-лы XX Междунар. науч.-практ. конф. «Инновационные процессы в высшей школе». – 2014. – № 4. – С. 182–184. – Режим доступа: <http://ntk.kubstu.ru/>.
7. Манухов В. Ф., Ивлиева Н. Г., Тюряхин А. С. Непрерывное образование применительно к картографо-геодезической специальности // Геодезия и картография. – 2009. – № 8. – С. 58–63.
8. Тесленок С. А., Манухов В. Ф. Геоинформационные технологии при создании цифровых ландшафтных карт // Геодезия и картография. – 2009. – № 4. – С. 25–29.
9. Тикунов В. С. Моделирование в картографии: учебник – М.: Изд-во МГУ, 1997. – 405 с.
10. Инвестиционный климат российских регионов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.raexpert.ru/ratings/regions>.

ВАКУЛИЧ О. А., ВАРФОЛОМЕЕВ А. Ф., КИСЛЯКОВА Н. А.

ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРЫ ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ

ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

(НА ПРИМЕРЕ ТЕМНИКОВСКОГО РАЙОНА РЕСПУБЛИКИ МОРДОВИЯ)

Аннотация. Статья посвящена изучению структуры использования земель с помощью дешифрирования космической информации на примере Темниковского района Республики Мордовия. Территория района является сбалансированной в экологическом отношении, но высокой антропогенной нагрузке подвергаются центральные и юго-восточные части вследствие их сельскохозяйственной освоенности и концентрации населения.

Ключевые слова: структура использования земель, дешифрирование космической информации, космический снимок.

VAKULICH O. A., VARFOLOMEEV A. F., KISLYAKOVA N. A.

LAND-USE STRUCTURE OF A TERRITORY:

A STUDY OF TEMNIKOVSKY DISTRICT OF MORDOVIA REPUBLIC

Abstract. The article studies the structure of land-use by means of deciphering space information. The study is based on the data of Temnikovsky district, Mordovia Republic. The territory of the district is eco-balanced though its central and south-east parts are exposed to high anthropogenic load due to agricultural development and population concentration.

Keywords: structure of land-use, decryption of space information, space image.

Подготовка бакалавров картографов по направлению «Картография и геоинформатика» предполагает использование информационных и геоинформационных технологий и овладение обучаемыми современными геоинформационными технологиями существенно помогает при изучении теоретического материала, различных методик исследования и анализа источников информации, позволяет формировать информационно-профессиональную компетентность при решении задач учебного и научно-исследовательского характера, которые частично рассмотрены в работах [1; 4; 6].

Рыночная экономика, реконструкция общественного производства и перспективы развития важнейших отраслей народного хозяйства выдвигают новый заказ на подготовку специалистов [8–10]. Оздоровление экологически неблагополучных районов и возрождение депрессивных территорий с помощью традиционных подходов современного индустриального общества предполагает большие организационные, материальные и

финансовые усилия, которые не имеют перспективы на успех. Многие идеи устойчивого развития малоприменимы для нашей страны с переходной, а на самом деле – мобилизационной и чрезвычайной экономикой. Требуются принципиально новые подходы (инновационные процессы), направленные на организацию постиндустриального, экологически совместимого и безопасного общества. Так как управление природными и, в том числе, земельными ресурсами осуществляется в рамках административных единиц и отдельных его подразделений (землепользований), то они рассматриваются в качестве объекта изучения (эколого-хозяйственных систем). Такой подход облегчает сбор информации и практическую реализацию результатов исследований.

Материалами для научного исследования являются схема функционального зонирования территории Темниковского муниципального района, схема границ Темниковского муниципального района и входящих в его состав поселений, космические снимки, статистические данные [1–3].

Для определения степени антропогенной нагрузки (АН) земель вводятся экспертные балльные оценки. Каждый вид земель получает соответствующий балл, после чего земли объединяются в однородные группы; от АН, минимальной на землях естественных уроцищ и фаций, до максимальной АН – на землях, занятых промышленностью, транспортом (см. табл. 1). Каждому антропогенному воздействию или их совокупности соответствует свой предел устойчивости природных и природно-антропогенных ландшафтов. Чем разнообразнее ландшафт, тем он более устойчив [7].

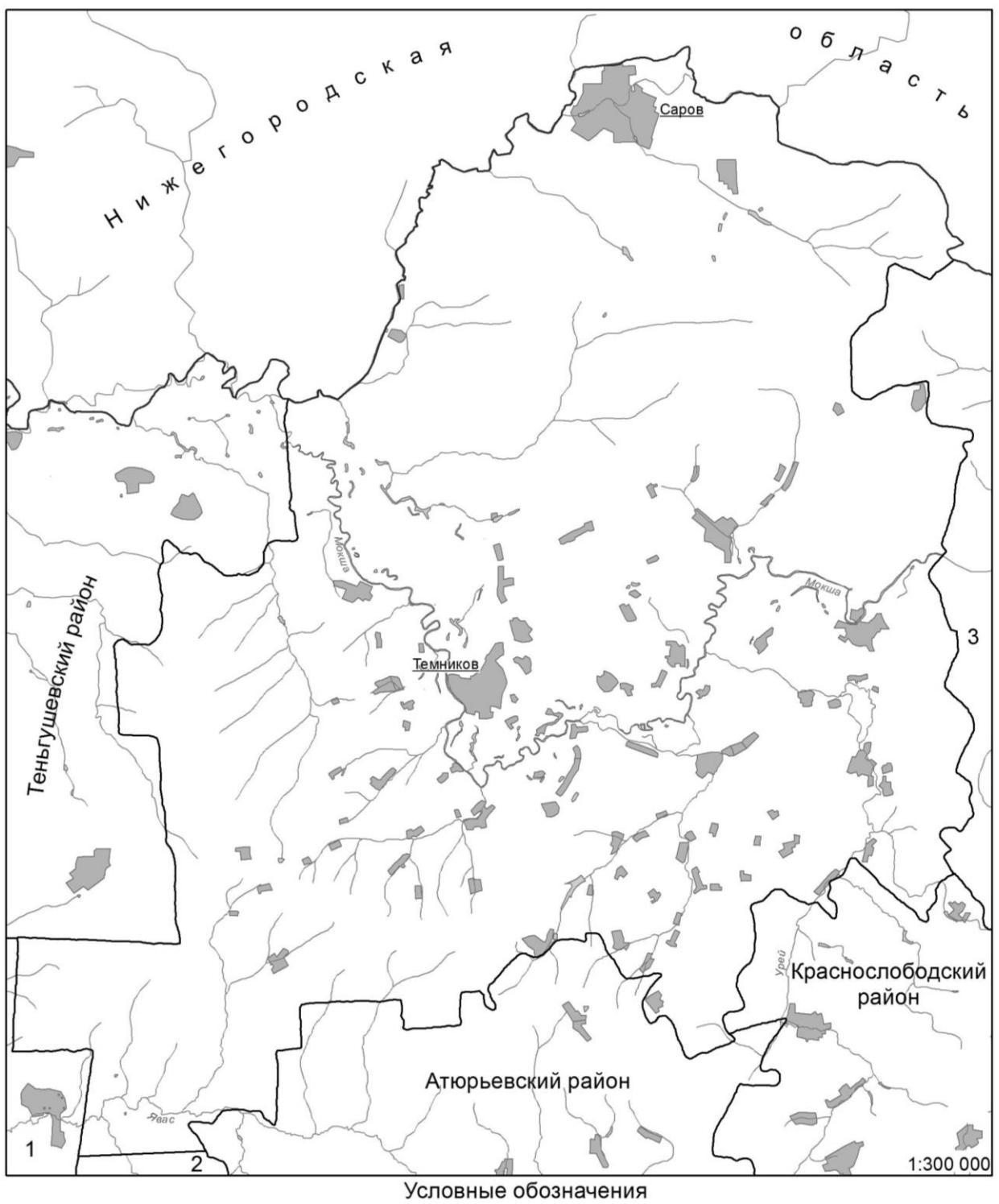
Таблица 1

Классификация земель по степени антропогенной нагрузки

Степень АН	Балл	Виды и категории земель
Высшая	6	Земли промышленности, транспорта городов, поселков, инфраструктуры; нарушенные земли
Очень высокая	5	Орошаемые и осушаемые земли
Высокая	4	Пахотные земли; ареалы интенсивных рубок; пастбища и сенокосы, используемые нерационально
Средняя	3	Многолетние насаждения, рекреационные земли
Низкая	2	Сенокосы; леса, используемые ограниченно
Очень низкая	1	Природоохранные и неиспользуемые земли

Вместе с тем, уровень естественной защищенности территории также зависит от распределения земель по степени АН. Земли, характеризующиеся высокой степенью антропогенной нагрузки, как правило, имеют низкую естественную защищенность.

Темниковский район



Условные обозначения

- Границы субъектов РФ
- Границы районов Республики Мордовия
- Населенные пункты

Цифрами на карте обозначены:

- 1 Зубово-Полянский район
- 2 Торбеевский район
- 3 Ельниковский район

Рис.1. Административная карта Темниковского района Республики Мордовия.

Таким образом, от структуры землепользования зависит, как происходит распределение и перераспределение антропогенных нагрузок по территории и, в конечном счете, устойчивость ландшафтов. В этом случае соответствие структуры землепользования (хозяйственной специализации) структуре ландшафтов имеет важное научно-практическое значение. Важным представляется установление предельных величин соотношений различных земель и угодий. Для различных регионов они будут разными в зависимости от природно-зональных и хозяйственных условий.

Темниковский район расположен на северо-западе Республики Мордовия, граничит с Нижегородской и Рязанской областями (см. рис. 1). Площадь составляет 1,9 тыс. км². Население – 17,2 тыс. чел. (2010 г.). Центр – г. Темников [3]. В северной части района господствуют ландшафты смешанных лесов водно-ледниковых равнин Окско-Донской низменности, в южной – лесостепь Приволжской возвышенности.

При работе со снимками в первую очередь важны спектральный диапазон съемки, который определяет биогеофизические характеристики объектов, передаваемые снимками, и технология получения изображения, от которой зависят изобразительные, радиометрические и геометрические свойства снимков. Эти две характеристики представляют основу классификации космических снимков, учитывающей возможности их географического дешифрирования [7].

В настоящей работе основным источником будут космические снимки с дополнительным привлечением статистической информации и схем функционального зонирования территории. Данный выбор был сделан исходя из того, что статистическая информация, имеющаяся на исследуемую территорию, является неактуальной, а различного рода карты, схемы и планы не позволяют выделить все необходимые виды земельных угодий. Поэтому основой для работы послужила мозаика из космоснимков. Территория Темниковского района полностью покрыта снимками достаточно высокого разрешения.

В процессе выполнения работы, были использованы программное обеспечение (ПО) SAS.Планета и ArcGIS 10.0. Программа SAS.Планета – свободная программа, предназначенная для просмотра и загрузки спутниковых снимков высокого разрешения и обычных карт, представляемых такими сервисами, как Google Earth, Google Maps и др. Данное программное обеспечения (ПО) позволяет сохранить снимки в выбранном масштабе, качестве, проекции и с файлами привязки. Для изучения территории Темниковского района было использовано 38 снимков. Мозаика из космоснимков была получена в ПО ArcGIS 10.0., дальнейшие расчетные и картографические работы также производились в этой программной среде. Итогом операций явился файл мозаики изображений, представленный на рисунке 2.

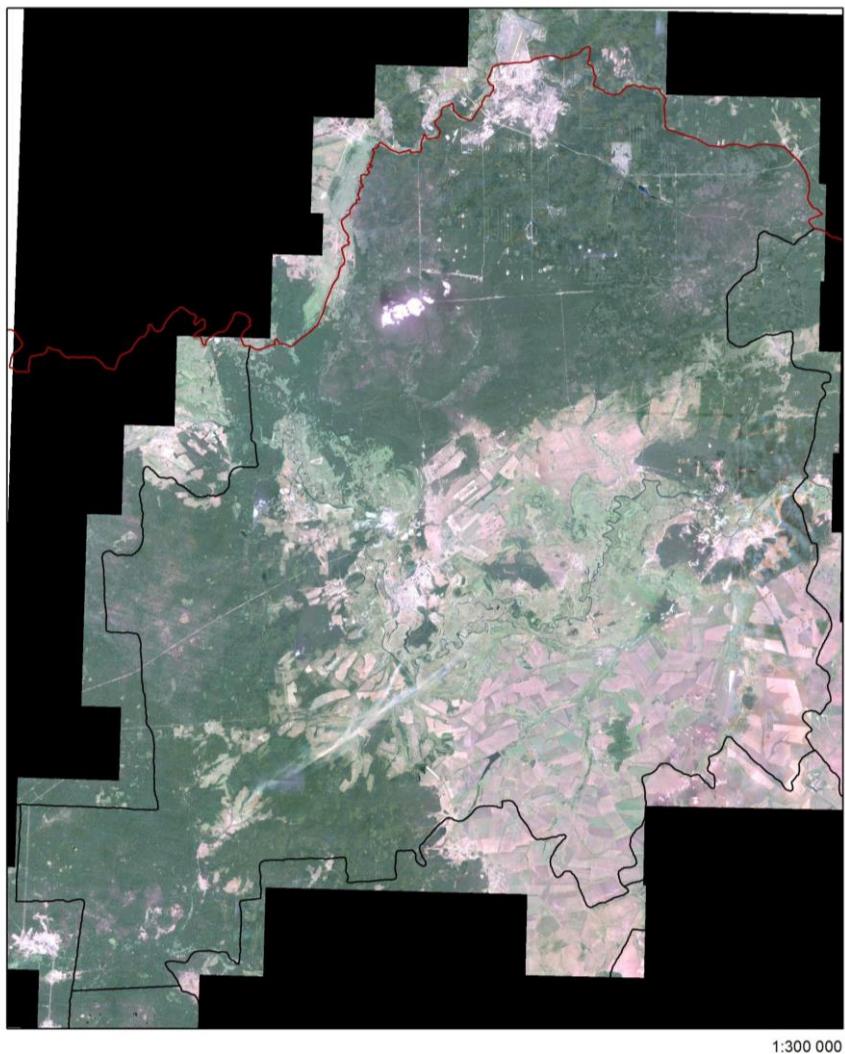


Рис. 2. Мозаика из космических снимков на территорию Темниковского района Республики Мордовия.

На следующем этапе исследований по полученной мозаике из космоснимков создавалась карта земельных угодий Темниковского района Республики Мордовия. Для решения этой задачи, были проведено дешифрирование полученной ранее мозаики; привязка карты-схемы функционального зонирования территории и схемы границ Темниковского муниципального района и входящих в его состав поселений, а также оцифровка пространственных объектов. На этапе дешифрирования пространственных объектов и создания полигональных слоев необходимо учитывать особенности реальных объектов и возможности программного обеспечения. Суть дешифрирования составляет расшифровка содержания снимков, распознавание изображенных объектов, определение их качественных и количественных характеристик, извлечение информации на основе зависимостей, существующих между свойствами объектов и их отображением на снимках.

Было проведено визуальное дешифрирование на основе прямых и косвенных признаков дешифрирования. Так, например, водные объекты выделяются по цвету (обычно черно-синие, черно-зеленые оттенки) и гладкой текстуре. Пахотные земли обычно определяются правильной

геометрической формой или близкой к ней, а также своеобразной текстурой, полученной в результате обработки почвы. Лесные массивы на снимке имеют темно-зеленый цвет различных оттенков и неоднородную текстуру и т.д. (см. рис. 3).



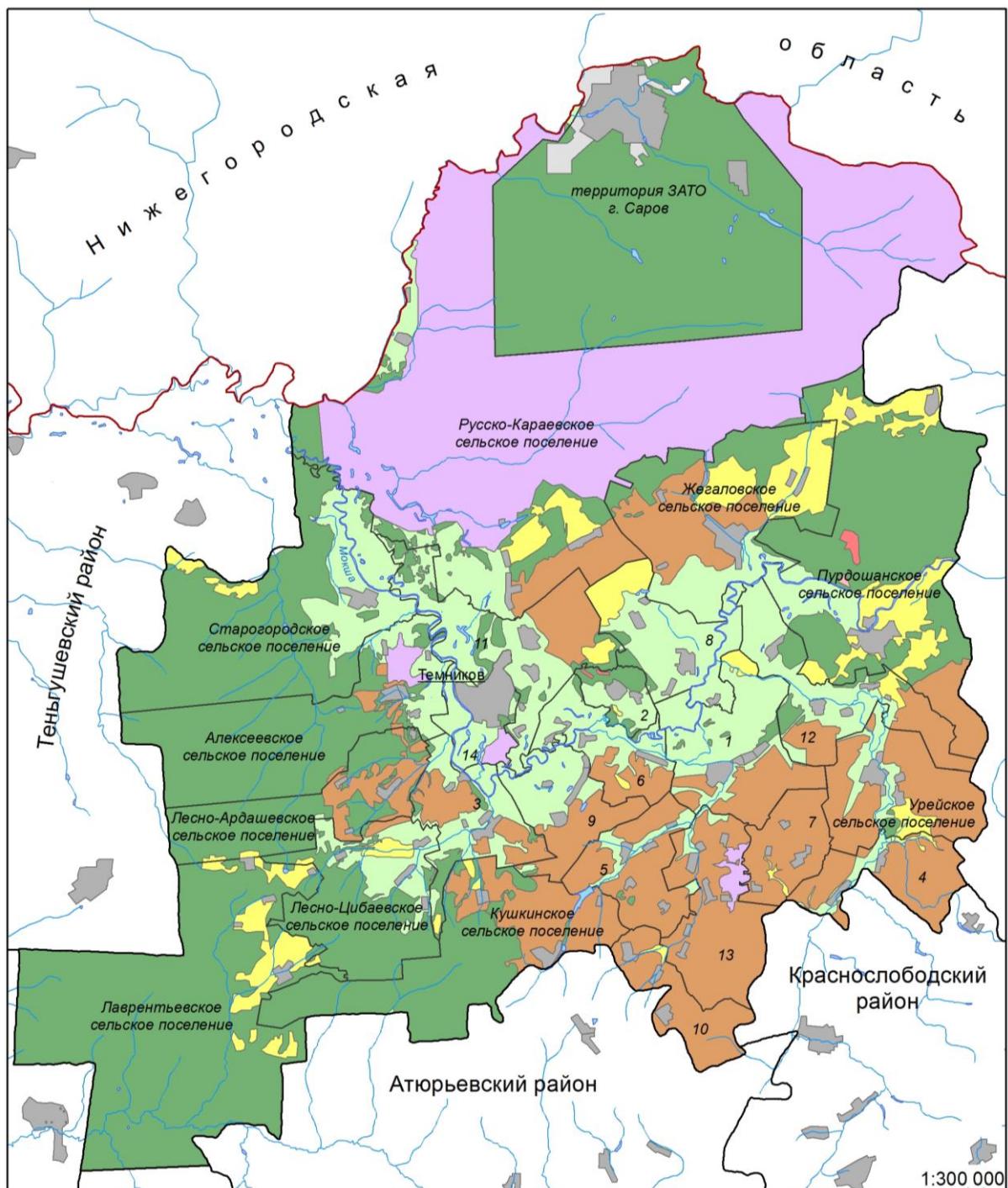
Рис. 3. Отображение на космическом снимке различных пространственных объектов. А – водные объекты; Б – лесные массивы; В – пахотные земли.

При оцифровке дешифрированных пространственных объектов было использовано ПО ArcGIS 10. В итоге была создана карта земельных угодий Темниковского района масштаба 1: 300 000 (см. рис. 4). Всего в результате оцифровки на территории района были выделены следующие категории земель: водные объекты, земли населенных пунктов, земли промышленности, природоохранные территории, земли рекреации, ареалы вырубок, лесные массивы, сенокосы, пастбища, пахотные земли, неиспользуемые земли.

Далее на полученную карту были наложены границы поселений Темниковского района (см. рис. 5), так как именно в пределах данных границ наиболее интересна информация по структуре землепользования. Границы сельских поселений были оцифрованы со схемы границ муниципального Темниковского района и входящих в его состав сельских поселений. Схема была привязана в ПО MapInfo.

Карты составлялись в проекции Гаусса-Крюгера (Пулково 1942, зона 8). Такая проекция хорошо подходит для картографических исследований на территории Республики Мордовия. Все карты были составлены в масштабе 1:300 000, так как в данном масштабе территория Темниковского района полностью размещается на формате листа А4.

Имея карту земельных угодий Темниковского района (см. рис. 4) и карту сельских поселений (см. рис. 5), можно вычислить значения площади различных категорий земель в их пределах (см. рис. 6).



Условные обозначения

- Границы субъектов РФ
- Границы районов Республики Мордовия
- Границы сельских поселений Темниковского района
- Реки
- Озера, водохранилища
- Населенные пункты
- Земли промышленности
- Природоохранные территории
- Земли рекреации

Вырубки

Лесные массивы

Сенокосы, пастбища

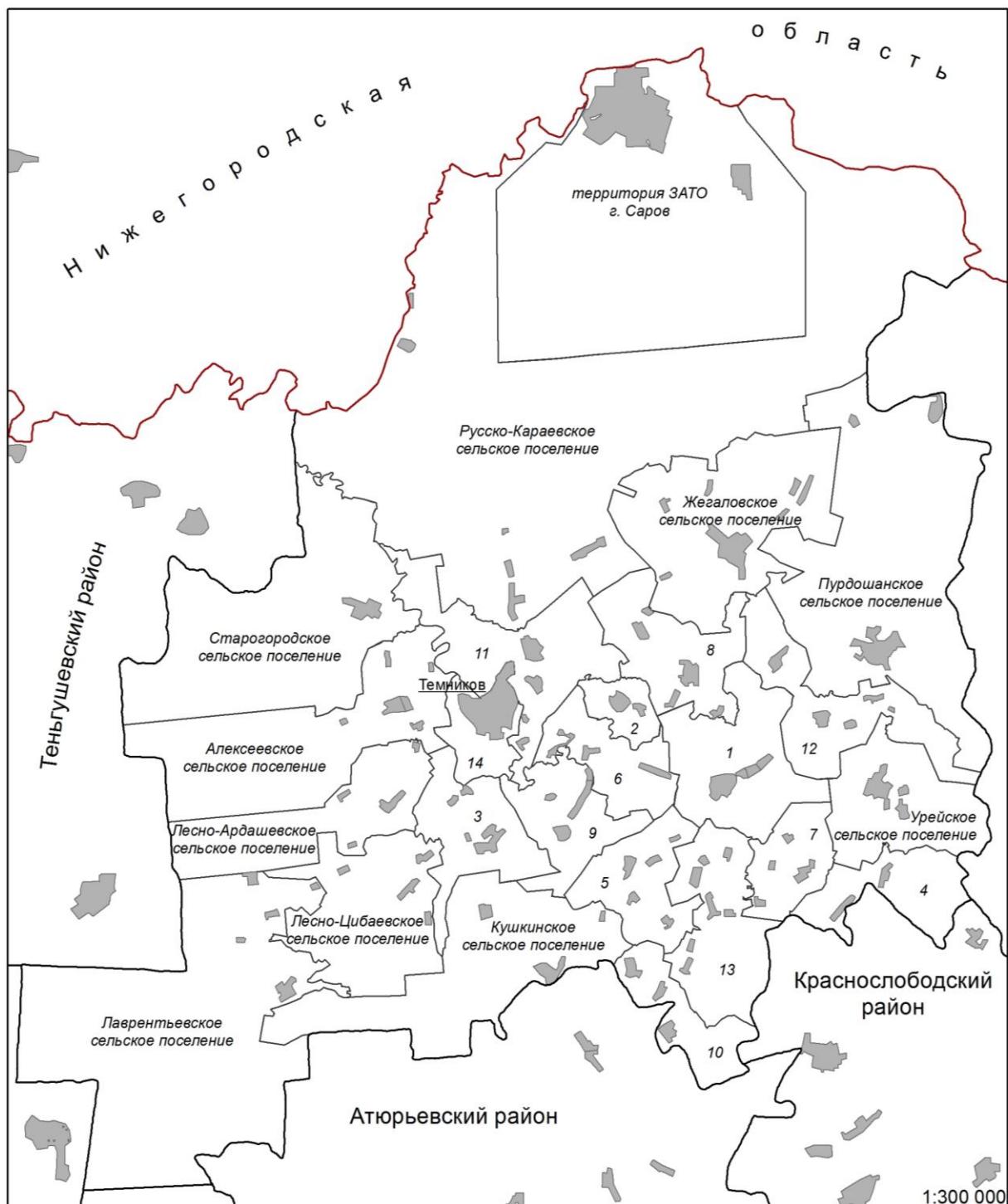
Пахотные земли

Неиспользуемые земли

Цифрами на карте обозначены:

- 1 Аксельское сельское поселение
- 2 Андреевское сельское поселение
- 3 Бабеевское сельское поселение
- 4 Булаевское сельское поселение
- 5 Ишайское сельское поселение
- 6 Кондринское сельское поселение
- 7 Матвеевское сельское поселение
- 8 Митряловское сельское поселение
- 9 Подгорно-Канаковское сельское поселение
- 10 Польско-Цибаевское сельское поселение
- 11 Русско-Тювеевское сельское поселение
- 12 Староковыляйское сельское поселение
- 13 Тархановское сельское поселение
- 14 Темниковское городское поселение

Рис. 4. Карта земельных угодий Темниковского района Республики Мордовия.



Условные обозначения

- Границы субъектов РФ
- Границы районов Республики Мордовия
- Границы сельских поселений Темниковского района
- ◆ Населенные пункты

Цифрами на карте обозначены:

- 1 Аксельское сельское поселение
- 2 Андреевское сельское поселение
- 3 Бабеевское сельское поселение
- 4 Булаевское сельское поселение
- 5 Ишайское сельское поселение
- 6 Кондринское сельское поселение
- 7 Матвеевское сельское поселение
- 8 Митряловское сельское поселение
- 9 Подгорно-Канаковское сельское поселение
- 10 Польско-Цибаевское сельское поселение
- 11 Русско-Тювеевское сельское поселение
- 12 Староковыляйское сельское поселение
- 13 Тархановское сельское поселение
- 14 Темниковское городское поселение

Рис. 5. Карта сельских поселений Темниковского района Республики Мордовия.



Рис. 6. Процентное соотношение земельных угодий Темниковского района Республики Мордовия.

Данная задача была реализована в ArcGIS 10. Исходя из рисунка видно, что большую часть территории Темниковского района (около 60%) занимают земли с низкой антропогенной нагрузкой, такие как лесные массивы, природоохранные территории. Около 30% территории занимают земли, используемые в хозяйственной деятельности человека (в основном, в сельском хозяйстве) – пашни, сенокосы, пастбища, земли промышленности рассредоточены на очень небольших площадях и занимают меньше 1% района.

ЛИТЕРАТУРА

1. Варфоломеев А. Ф., Манухов, В. Ф., Меркулов П. И. Геоинформационные технологии в исследовании эколого-хозяйственного баланса // Геодезия и картография. – 2010. – № 4. – С. 43–47.
2. Ивлиева Н. Г., Манухов В. Ф. Картографическое моделирование особенностей формирования и становления мордовской автономии // Геодезия и картография. – 2012. – № 1. – С. 15–22.
3. Ивлиева Н. Г., Манухов В. Ф. О создании школьно-краеведческого атласа отдельного муниципального района // Геодезия и картография. – 2010. – № 11. – С. 34–42.

4. Кирюшин А. В., Кирюшин В. А., Маскайкин В. Н. Системный эколого-геохимический анализ загрязнения снежного покрова республики Мордовия // Сборник научных трудов Sworld. – 2014. – Т. 17. – № 2. – С. 52–58.
5. Книжников Ю. Ф. Кравцова В. И., Тутубалина О. В. Аэрокосмические методы географических исследований: Учебник для студентов высших учебных заведений. – М.: Академия. – 2004. – 336 с.
6. Князева Г. Н., Манухов В. Ф., Щевелева Г. М. Информационно-компетентностное сопровождение образовательного процесса в акмеологическом аспекте // Интеграция образования. – 2015. – Т. 19. – № 2. – С. 73–80.
7. Коцурев Б. И. Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории. – Смоленск: СГУ, 1999. – 154 с.
8. Манухов В. Ф., Ивлиева Н. Г., Варфоломеев А. Ф. и др. Реализация компетентностного подхода в выпускных квалификационных работах студентов картографо-геоинформационного направления // Геодезия и картография. – 2015. – № 1. – С. 60–64.
9. Манухов В. Ф., Ивлиева Н. Г., Примаченко Е. И. Учебно-научно-инновационный комплекс как фактор повышения качества подготовки специалиста // Геодезия и картография. – 2007. – № 11. – С. 55–59.
10. Манухов В. Ф., Щевелева Г. М. Формирование компетенций в профессиональном образовании картографо-геоинформационного направления // Интеграция образования. – 2014. – № 3. – С. 39–45.

МЫНОВ А. А., ТЕСЛЕНOK К. С.

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛЬЕФА КАК ПЕРВЫЙ ЭТАП
ВЫЯВЛЕНИЯ МЕСТ ВОЗМОЖНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ЦЕНТРОВ
ГОРНОЛЫЖНОГО ТУРИЗМА В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ¹

Аннотация. Рассмотрены особенности начального этапа определения участков, потенциально пригодных для размещения горнолыжных центров. Исследования выполнены с использованием возможностей геоинформационных технологий создания и анализа цифровой модели рельефа и полученных на ее основе производных моделей. Работы такого рода особенно актуальны для равнинных регионов с малопересеченным рельефом, типичным для большей части территории Республики Мордовия.

Ключевые слова: геоинформационная система, ГИС, ГИС-технологии, цифровое моделирование рельефа, цифровая модель рельефа, ЦМР, геоинформационное картографирование и моделирование, горнолыжный центр, горнолыжный спорт, горнолыжный туризм, Республика Мордовия.

MYNOV A. A., TESLENOK K. S.

DIGITAL TERRAIN MODELING AS A FIRST STEP IN PLACING
OF ALPINE SKIING TOURISM CENTERS IN MORDOVIA REPUBLIC

Abstract. The article considers the initial stage of identifying potentially suitable places for alpine ski centers. The study was carried out by using of geoinformation technologies for creating and analyzing a digital elevation model and its derivatives. Such studies are particularly relevant to the lowland flat ground which makes a large part of the territory of Mordovia Republic.

Keywords: geoinformation system, GIS, GIS technology, digital terrain modeling, digital elevation model, DEM, geoinformation mapping and modeling, ski center, alpine skiing, ski tourism, Mordovia Republic.

Мордовия заслуженно имеет славу спортивной республики. Она входит в число четырех лучших регионов России по развитию массового физкультурного движения. Основой этих достижений стали республиканский закон «О физической культуре и спорте» и более десяти Указов Главы и Постановлений Правительства Мордовии, создавшие условия как для высших спортивных достижений, так и развития массового физкультурного движения, «спорта для всех». Тем не менее, массовым спортом в Мордовии охвачено пока не более 15% населения. Немаловажную роль в этом играет приуроченность большей части спортивных сооружений к столице республики или крупным районным центрам. Так,

¹ Статья выполнена при поддержке РФФИ (проект №14-05-00860-а).

единственный Региональный центр по зимним видам спорта, включающий лыжный стадион с биатлонным комплексом (лыжно-биатлонный центр Республики Мордовия) и функционирующее на его базе Автономное учреждение дополнительного образования «Региональный центр – специализированная детско-юношеская спортивная школа олимпийского резерва по зимним видам спорта Республики Мордовия» расположены в Саранске. В то же время, в республике имеется значительное количество мест, не в меньшей степени пригодных для развития массового горнолыжного спорта и туризма.

Анализ спроектированной, разработанной и построенной нами карты регионов России с развитыми центрами горнолыжного спорта и туризма (рис. 1) выявил парадоксальную ситуацию: Мордовия (как, кстати, и другие финно-угорские регионы), имея значительную долю представителей коренной титульной нации с традиционным занятием (особенно для северных регионов) зимними видами спорта, не относится к числу таких субъектов.

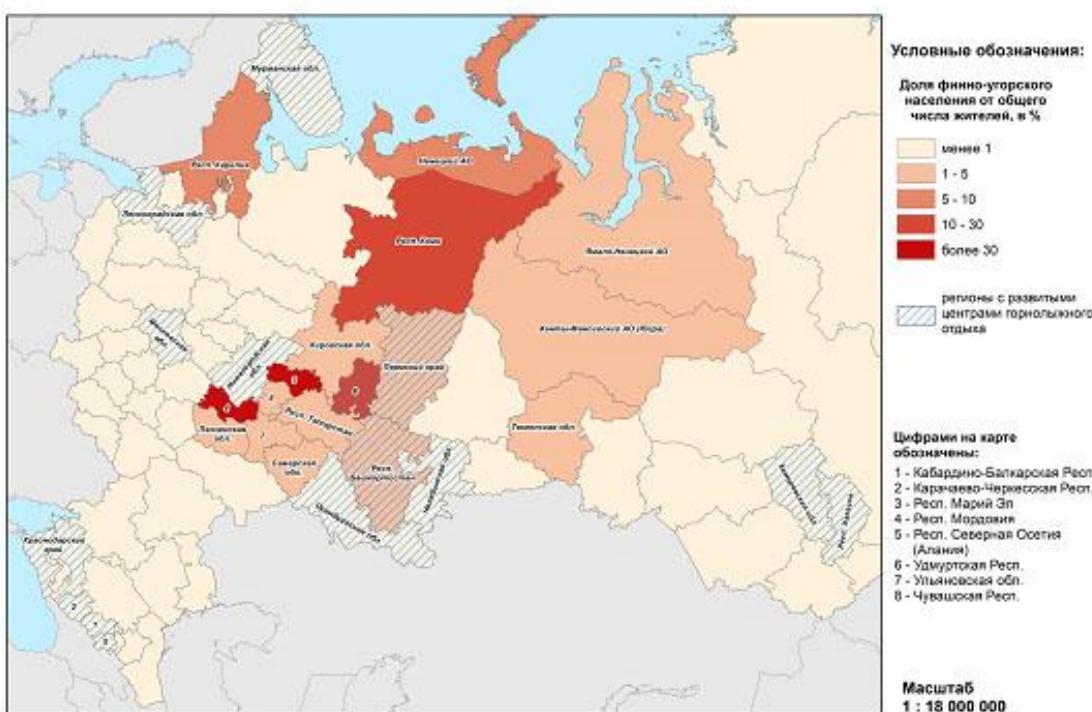


Рис. 1. Регионы России с развитыми центрами горнолыжного спорта и туризма.

Как и любая территория, Республика Мордовия с методологических позиций может быть представлена в виде сложной территориально-общественной геосистемы, единства взаимодействия компонентов ландшафтно-экологического и социально-экономического комплекса «природа – население – хозяйство» [9; 10]. Ее частным локальным проявлением могут быть признаны горнолыжные комплексы и горнолыжные центры, результаты исследования которых в виде выявленных характеристик и взаимосвязей, пригодных для решения практических задач управления, могут быть отображены в серии геоинформационно-картографических моделей. Картографический метод исследования, как

один из важнейших традиционных методов в науках о планетах Солнечной системы, Земле и человеческом обществе, находит широкое и многоплановое практическое применение. Использование карт для познания изображенных на них явлений и процессов подразумевает изучение структуры, взаимосвязей, динамики и эволюции объектов, явлений и процессов во времени и пространстве, прогноз их развития, получение их различных качественных и количественных характеристик.

Исследование территорий и комплексов различной природы и их отдельных компонентов, предполагает также и широкое использование количественных методов их интерпретации, выраженных в исследовании закономерностей пространственной дифференциации этих систем, их компонентов и свойств, анализе связей между ними. Основным методом изучения многообразных связей и закономерностей признан математический анализ [6], а его важной особенностью является сочетание с традиционными картографическими методами [10]. Сегодня все большую популярность получило тематическое картографирование и математико-картографическое моделирование окружающей среды для различных целей [3–10], (включая спортивную и туристско-рекреационную деятельность [1; 2 и др.]), позволяющее получать полную количественную и качественную информацию по исследуемым объектам, процессам и явлениям.

С конца прошлого и, особенно, с начала нынешнего века, интерес к изучению различных территориальных систем существенно возрастает именно в связи с лавинообразным развитием компьютерной обработки изображений, систем автоматизированного картографирования, географических информационных систем (ГИС) и геоинформационных технологий. Управление горнолыжными комплексами и горнолыжными центрами на основе картографирования предполагает обработку и анализ больших массивов данных – как о состоянии их природного блока [8; 9], так и об особенностях всестороннего практического использования. При оперировании этой информацией наиболее приемлемым и оправданным с разных точек зрения является проектирование, разработка и создание соответствующих геоинформационных систем разных уровней и направленности, в которых в разнообразных видах (картографическом, графическом, текстовом и др.) представляется и визуализируется выходная информация максимально полных банков исходных данных [3–5; 7–10].

Для определения мест, в максимальной степени соответствующим требованиям размещения горнолыжных комплексов и горнолыжных центров, было решено использовать возможности цифрового моделирования рельефа и геоинформационно-картографического анализа полученных цифровых моделей рельефа (ЦМР) и их производных.

Под ЦМР понимается математическое представление (модель) участка земной

поверхности, полученное путем обработки данных о высотном положении [3; 5; 7]. Методика и технология построения ЦМР разных масштабных уровней на базе разнообразного программного обеспечения достаточно хорошо апробирована как для территории исследуемого региона [7], так и для ряда других [3; 8 и др.].

Для определения на базе ЦМР участков, потенциально пригодных для размещения горнолыжных центров, нами были использованы возможности, предоставляемые ГИС ArcView и ArcGIS. Исходная цифровая основа была представлена точечной темой отметок высот и урезов воды на территорию Республики Мордовия масштаба 1:200 000 в формате shp ГИС ArcView [7]. В качестве одного из методов интерполяции был определен Inverse Distance to a Power (обратно-взвешенных расстояний, IDW, ОВР), основанный на взвешивании точек таким образом, что влияние известного значения затухает с увеличением расстояния до неизвестной точки, параметры которой необходимо определить. Взвешивание присваивается исходным точкам со значениями абсолютной высоты на основе коэффициента взвешивания, контролирующего, как влияние точки будет уменьшаться с увеличением расстояния до нее. Чем выше коэффициент взвешивания, тем меньше будет эффект, оказываемый точкой. По мере возрастания коэффициента значение неизвестной точки будет приближаться к значению ближайшей точки с известным значением [1; 3; 5].

Метод интерполяции IDW (как, впрочем, и другие) не лишен недостатков. Так, качество получаемых результатов может достаточно существенно снизиться, если распределение исходных точек данных с известными значениями будет иметь неравномерный характер. Кроме того, экстремальные (максимальные и минимальные) значения интерполированной поверхности могут быть зафиксированы только в точках исходных данных, что нередко приводит к небольшим пикам и углублениям вокруг них (артефактам). В связи с этим, метод IDW может быть использован в случаях, когда множество точек с исходными данными является достаточно плотным для выявления степени локального изменения отображаемой поверхности [1; 3; 5].

Использование метода IDW в нашем случае позволило получить корректную цифровую модель рельефа (рис. 2), когда экстремальные значения отметок абсолютной высоты рельефа полученной модели совпали с действительными значениями высоты на местности. Кроме того, автоматическое создание ЦМР на основе метода IDW позволяет получить наиболее оптимальную для существующей в пределах исследуемой территории степень вертикального расчленения местности шкалу высот [1].

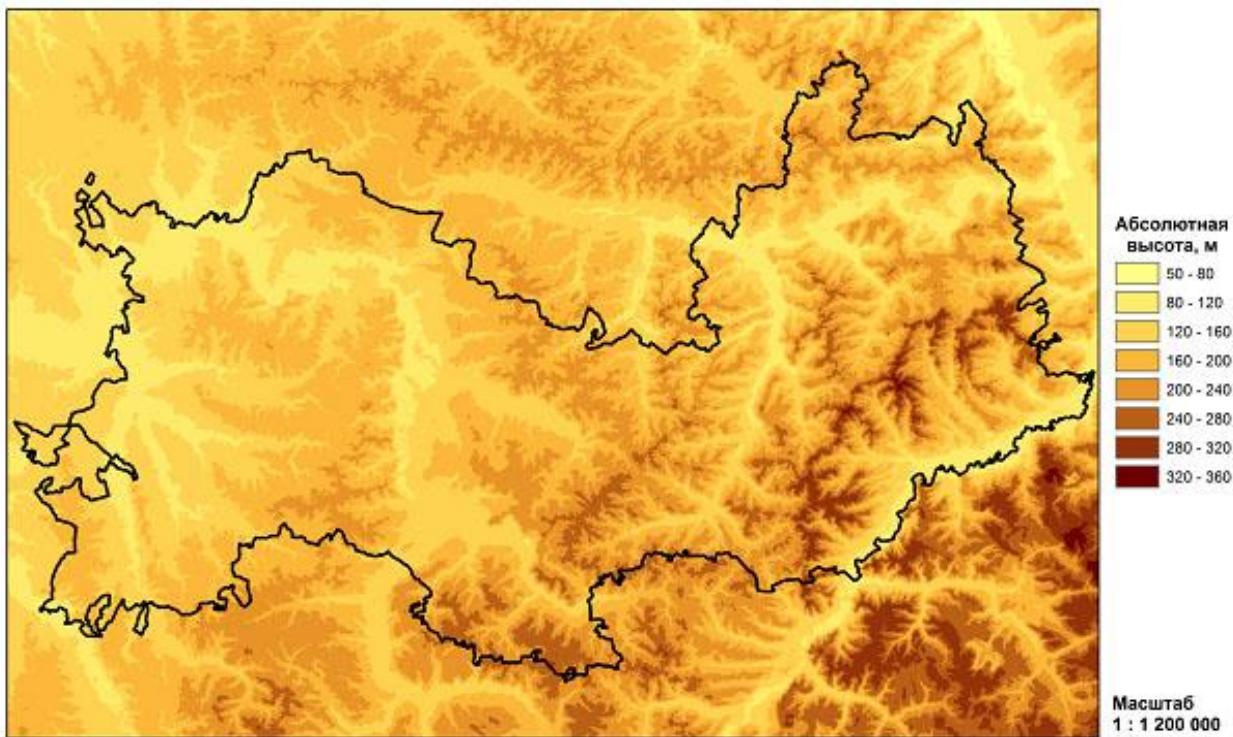


Рис. 2. Цифровая модель рельефа Республики Мордовия.

Алгоритм построения ЦМР в ГИС ArcGIS включал такие технологические этапы, как:

- подгрузка исходных данных для ЦМР (точечные и полилинейные векторные данные в виде отметок высот, урезов воды, горизонталей);
- выполнение работы в ArcToolbox: «Инструменты 3D Analyst» → «Интерполяция растра» → «Топо в растр»;
- выбор ранее подгруженных слоев в качестве входных данных → выбор значений высоты «HV» в колонке «Поле», выбор в колонке «Тип» для слоев урезов воды и отметок высот PointElevation, для слоя с горизонталами – Contour → определение размера входной ячейки (значение 50);
- осуществление настройки высоты сечения рельефа.

Полученная цифровая гипсометрическая модель рельефа территории Республики Мордовия и прилегающих районов (в пределах соответствующих листов топографической карты масштаба 1:200 000) после выполнения необходимых дополнительных настроек и корректирования, представлена на рисунке 2.

Таким образом, начальный подготовительный этап комплексного изучения особенностей территории Республики Мордовия, применительно к выбору наиболее оптимальных мест размещения горнолыжных комплексов и горнолыжных центров, позволил разработать структуру и создать базу данных, получить различные варианты ЦМР, провести оценочные работы с получением качественных и количественных характеристик рельефа и составлением аналитических картосхем с результатами оценок.

Для получения производных карт, использованных на следующем этапе исследований для определения потенциальных и отбора наиболее оптимальных по разным показателям пригодности участков размещения горнолыжных комплексов и горнолыжных центров, были использованы возможности расширений базовых ГИС ArcView и ArcGIS «Spatial Analyst» и «3D Analyst». Этот этап включал построение карт уклонов и экспозиции склонов в ArcToolbox:

- проведение работы в ArcToolbox: «Инструменты Spatial Analyst» → «Поверхность» → «Уклон/Экспозиция»;
- использование в качестве входного растра ЦМР, построенной на предыдущем шаге;
- осуществление настройки полученных карт уклонов и экспозиции склонов.

Соответствующие цифровые модели на всю территорию республики и прилегающие районы, полученные после выполнения необходимых настроек и корректирования, представлены на рисунке 3.

Далее с целью отбора допустимых и недопустимых (пригодных и непригодных для размещения горнолыжных комплексов, и горнолыжных центров) значений величин уклонов и экспозиции склонов нами были выполнены операции переклассификации (реклассификации) и оверлея (наложения, пересечения) слоев [3; 5].

Переклассификация и конвертирование в векторные данные так же выполнялись с использованием ArcToolbox:

- работа в ArcToolbox: «Инструменты Spatial Analyst» → «Переклассификация»;
- создание двух классов: допустимые (2) и недопустимые (1) значения уклона и экспозиции;
- работа в ArcToolbox → «Конвертация» → «Растр в полигоны», где в качестве входного растра используются переклассифицированные слои;

Пересечение производилось с использованием инструментария геообработки:

- Геообработка → «Пересечение»;
- входные объекты представлены полигональными данными по благоприятным (допустимым) значениям величин уклонов и экспозиции склонов.

В качестве допустимых (благоприятных) величин крутизны склонов в соответствии с литературными данными отбирались показатели средней крутизны более 12° , экспозиции склонов – участки с северной составляющей (северо-восток, север, северо-запад) и северные, а также учитывалась площадь наиболее подходящих участков (свыше $0,3 \text{ км}^2$, что является минимальным показателем для организации горнолыжного центра).

Привлечение на следующем этапе социально-экономических показателей – данных по транспортной доступности и дорожной сети (железным и автомобильным дорогам)

позволило получить приведенную на рисунке 4 модель 37 мест возможного размещения центров горнолыжного туризма.

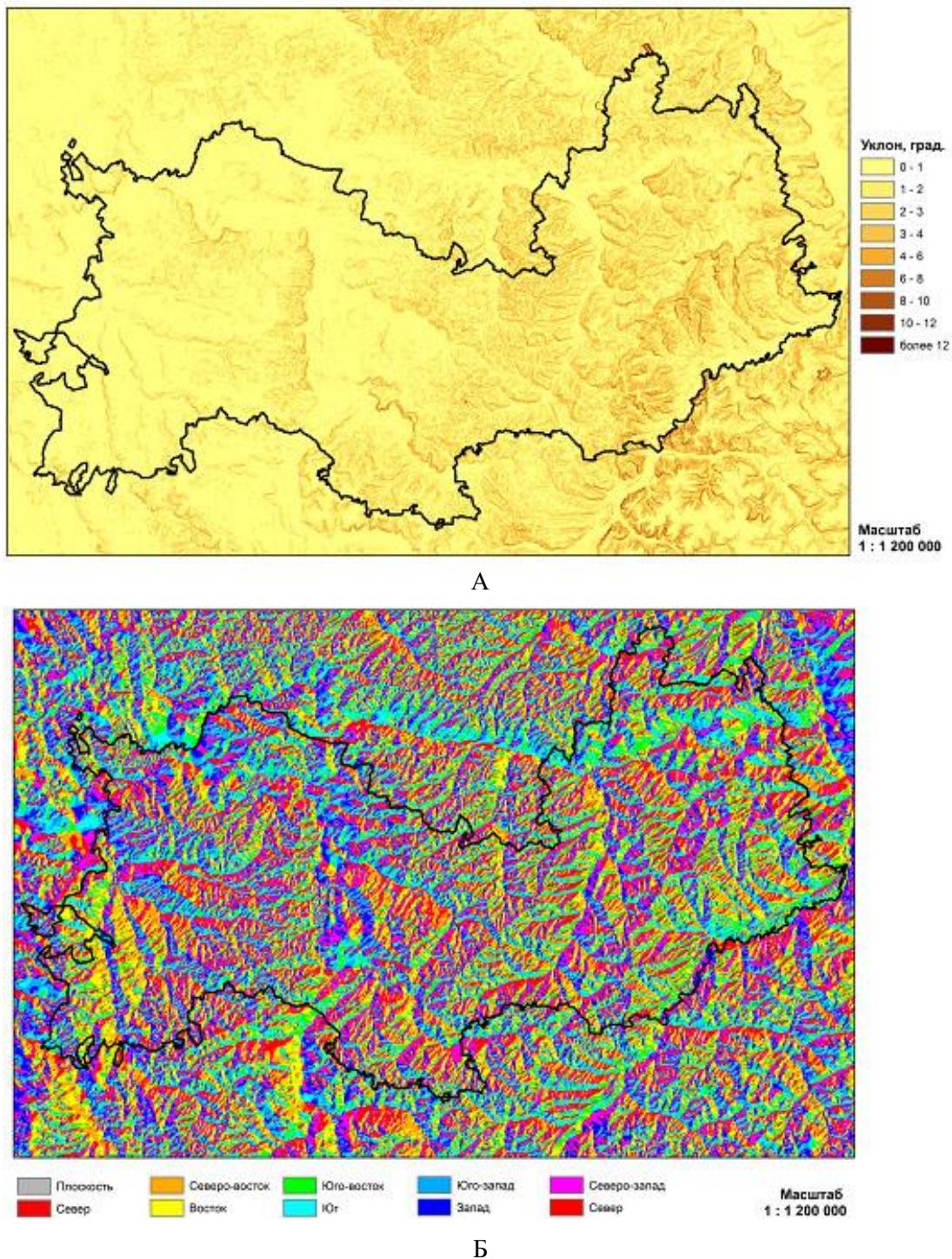


Рис. 3. Цифровые модели углов наклона (А) и экспозиции (Б) склонов Республики Мордовия.

Анализ созданной модели потенциально пригодных для размещения центров горнолыжного туризма участков показал, что сообразно особенностям рельефа республики (см. рис. 1, 2) их подавляющая часть (89,2%) расположена в ее восточной части.

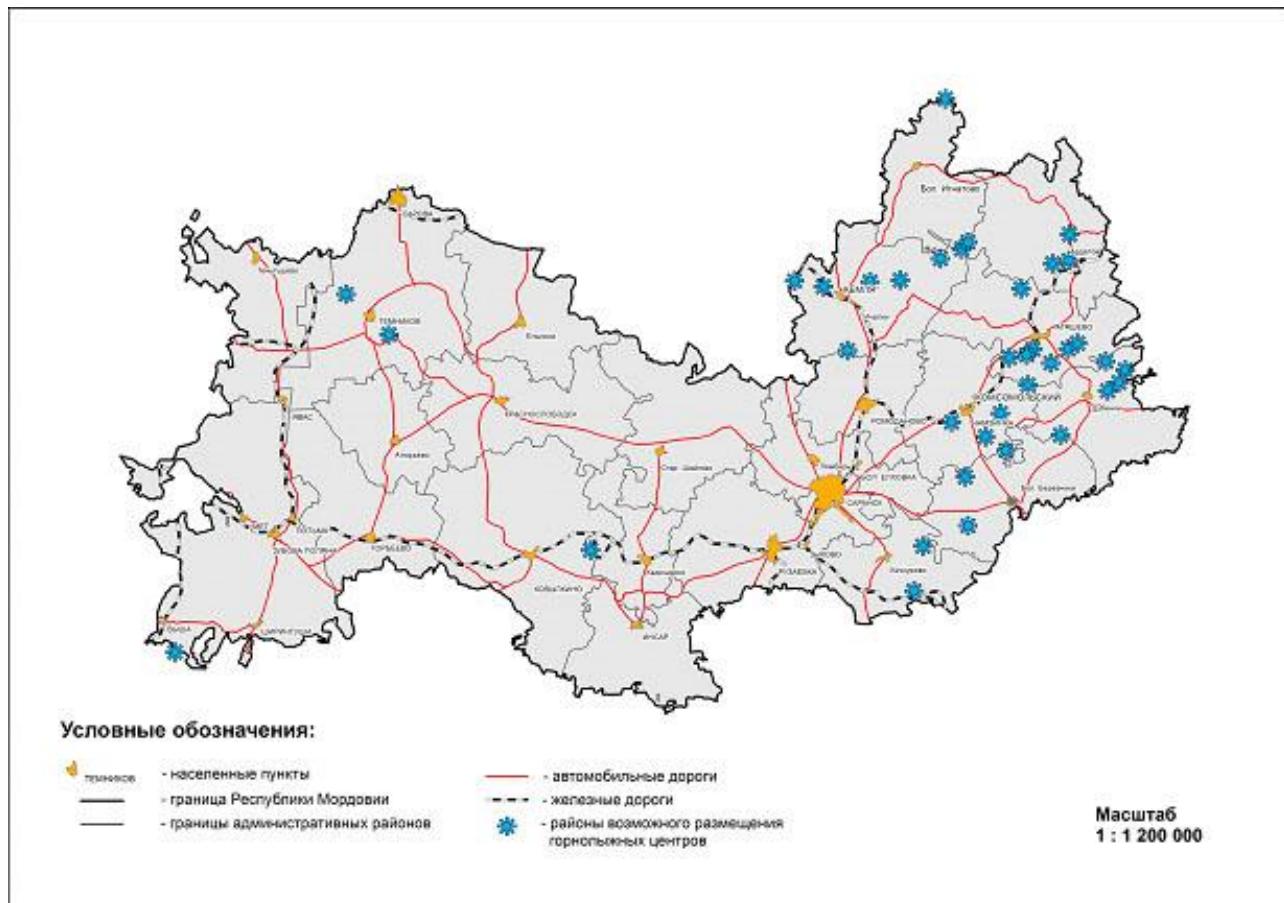


Рис. 4. Цифровая модель мест возможного размещения горнолыжных центров в Республике Мордовия.

Полученные на основе комплексного ГИС-анализа ЦМР производные геоинформационно-карографические модели могут найти широкое применение в организации планирования и размещения, создаваемых геосистем рекреационной направленности (от отдельных комплексов и центров до целых туристско-рекреационных зон) и управления ими, решая, в конечном счете, так же задачи оптимизации регионального природопользования, включая рациональное использование земельных ресурсов региона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вакулич О. А., Левашкина О. М., Тесленок С. А. Предварительная подготовка тематических слоев для создания карт туристско-рекреационных особых экономических зон // Картография и геодезия в современном мире: материалы второй Всерос. науч.-практ. конф., Саранск, 8 апр. 2014. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – С. 23–29.
 2. Васильев О. Д., Чистов С. В. Опыт тематического картографирования (на примере карты эстафеты Олимпийского огня «Сочи-2014») [Электронный ресурс] // Огарев-online. Раздел «Науки о Земле». – 2015. – № 4. – URL: <http://journal.mrsu.ru/arts/opyt>

tematiceskogo-kartografirovaniya-na-primere-karty-ehstafety-olimpijskogo-ognya-sochi-2014.

3. Капралов Е. Г., Кошкарев А. В., Тикунов В. С. и др. Геоинформатика: в 2 кн. – Кн. 1: учебник для студ. высш. учеб. заведений / Под. ред. В. С. Тикунова. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 384 с.
4. Ивлиева Н. Г., Карасев А. С., Манухов В. Ф. Применение ГИС-технологий в прикладных исследованиях в области финно-угроведения // Геодезия и картография. – 2012. – № 6. – С. 17–23.
5. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование. Методы геоинформатики и цифровой обработки космических снимков: Учебник. – М.: КДУ, 2008. – 424 с.
6. Справочник по картографии / А.М. Берлянт, А.В. Гедымин, Ю.Г. Кельнер и др. / Под ред. Е. И. Халугина. – М.: Недра, 1988. – 428 с.
7. Тесленок К. С., Тесленок С. А. Цифровое моделирование рельефа в предотвращении и ликвидации некоторых чрезвычайных ситуаций природного характера // Картография и геодезия в современном мире: мат-лы второй Всерос. науч.-практ. конф., Саранск, 8 апр. 2014 г. – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2014. – С. 155–161.
8. Тесленок С. А. Особенности визуализации элементарных природных комплексов цифровой ландшафтной карты // Вестник Воронежского университета. Серия География. Геоэкология. – 2014. – № 3. – С. 49–52.
9. Тесленок С. А., Манухов В. Ф., Тесленок К. С. Ландшафтные карты информационных ресурсов интернета и их использование в учебном процессе // Изв. Смоленского государственного университета. – 2013. – № 3. – С. 337–347.
10. Тикунов В. С. Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. – М., Смоленск: Изд-во СГУ, 1999. – 176 с.