

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СОЗДАНИИ
ЦИФРОВОЙ ТРЁХМЕРНОЙ МОДЕЛИ СТЕПНЫХ И
ПОЛУПУСТЫННЫХ ЛАНДШАФТОВ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ
СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ**

THE USING MODERN INFORMATION AND GEOINFORMATION
TECHNOLOGIES IN THE CREATION OF A DIGITAL
THREE-DIMENSIONAL MODEL OF STEPPE AND SEMI-DESERT
LANDSCAPES OF THE SOUTH-EASTERN PART OF THE STAVROPOL
TERRITORY



УДК 528:004.9:504.4(470.630)

DOI:10.24411/2588-0209-2019-10058

Малочкин Владимир Юрьевич, аспирант ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь, ORCIDID: <https://orcid.org/0000-0002-8230-2269>, vladimir-zelenokumsk@yandex.ru

Горбачёв Сергей Юрьевич, ассистент ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный аграрный университет», г. Ставрополь, Россия. ORCIDID: <https://orcid.org/0000-0003-0159-3883>, sergey93.93@mail.ru.

Vladimir Yu. Malochkin, postgraduate student, ORCIDID: <https://orcid.org/0000-0002-8230-2269>, vladimir-zelenokumsk@yandex.ru

Sergey Yu. Gorbachev, assistant, ORCIDID: <https://orcid.org/0000-0003-0159-3883>, sergey93.93@mail.ru

Аннотация

В статье представлены методика и результаты использования современных информационных и геоинформационных технологий при создании цифровой трёхмерной модели степных и полупустынных ландшафтов юго-восточной части Ставропольского края в пределах Советского района (городского округа). Актуальность создания карт и трёхмерных моделей ландшафтов предопределила необходимость совершенствования методик рационализации землеустройства на ландшафтно-экологической основе. Имея цифровую карту и трёхмерную модель ландшафтов в электронном виде, удобно последующее изучение территории путем послойного отображения информации на картографической основе с использованием ГИС, поскольку на экране компьютера объект имеет такой же вид, как и на местности.

Построение трёхмерной модели осуществляется в ГИС Mapinfo Professional в следующей последовательности:

- сбор и анализ архивного картографического материала;
- геореференсация и векторизация полученного картографического материала;
- получение сведений о рельефе по материалам радарной топографической съёмки (SRTM) и построение цифровой модели рельефа;
- создание трёхмерной модели степных и полупустынных ландшафтов юго-восточной части Ставропольского края в пределах Советского района.

В результате работ по созданию трёхмерной модели степных и полупустынных ландшафтов юго-восточной части Ставропольского края было выявлено, что в пределах Советского района находятся следующие ландшафты:

- Правокумско-Терский ландшафт злаковых степей и аллювиальных аккумулятивных четвертичных равнин, который занимает 60,6% или 126631 га

территории района;

– Левокумский ландшафт полынно-злаковых степей и аллювиальных аккумулятивных четвертичных равнин, занимающий 27,3% или 57046 га территории района;

– На западе района небольшие участки занимает Карамык-Томузловский ландшафт злаковых степей эрозионно-аккумулятивных равнин с долинно-балочным расчленением, который занимает 12,1% или 25284 га территории района.

Annotation

The article presents the methodology and results of using modern information and geoinformation technologies in the creation of a digital three-dimensional model of steppe and semi-desert landscapes of the south-eastern part of the Stavropol territory within the Soviet region. The relevance of the creation of maps and three-dimensional models of landscapes has made it necessary to improve the methods of rationalization of land administration on a landscape-ecological basis. Digital format of map and a three-dimensional model of landscapes provide an opportunity to examination the territory by layer-by-layer display of information on a cartographic basis using GIS, because on the computer screen the object has the same look as on the ground.

The three-dimensional model developed in GIS Mapinfo Professional. Used the following sequence:

- collection and analysis of archival cartographic material;
- a georeferensation and vectorization of the received cartographic materials;
- obtaining data on a relief on materials of radar survey (SRTM) and creation of digital model of a relief;
- creation of three-dimensional model of steppe and semi-desert landscapes of a southeast part of Stavropol territory within Sovetsky region.

As a result of the work on the creation of a three-dimensional model of steppe and semi-desert landscapes of the south-eastern part of the Stavropol territory it was

revealed that within the Soviet region there are the following landscapes:

- The Pravokumsko-Tersky landscape of cereal steppes and alluvial accumulative quarternary plains which occupies 60.6% or 126631 hectares of the territory;
- The Levokumsky landscape of wormwood and cereal steppes and alluvial accumulative quarternary plains occupying 27.3% or 57046 hectares of the territory of the area;
- In the west of the district small sites are occupied by the Karamyk-Tomuzlovsky landscape of cereal steppes of erosive and accumulative plains with valley-beam the compartmentalization of the relief which occupies 12.1% or 25284 hectares of the territory.

Ключевые слова: GPS/ГЛОНАСС, ГИС, 3D-модель, цифровая трёхмерная модель, степные ландшафты, полупустынные ландшафты, Mapinfo Professional.

Keywords: GPS/GLONASS, GIS, 3D model, digital three-dimensional model, steppe landscapes, semi-desert landscapes, Mapinfo Professional.

На сегодняшний день наиболее значимыми геоинформационными продуктами являются цифровые модели рельефа, основанные на данных дистанционного зондирования Земли. Связано это с высокой потребностью в данных продуктах, а также благодаря использованию развитию современных информационных и геоинформационных технологий, обеспечивающих получение, обработку и предоставление данных потребителям [1]. Применение ГИС-технологий, интенсивно развивающихся на современном этапе, позволяет существенно упростить не только получение количественных данных, но и в дальнейшем провести по ним моделирование [3].

Цель исследования

Цель исследований заключается в создании цифровой трёхмерной модели степных и полупустынных ландшафтов юго-восточной части Ставропольского края в пределах Советского района (городского округа) с использованием современных информационных и геоинформационных технологий.

Объекты и методы исследования

Объектом исследований являются степные и полупустынные ландшафты юго-восточной части Ставропольского края в пределах Советского района (городского округа) (рис. 1).



Рисунок 1 – Ландшафты Ставропольского края

Район занимает относительно высокую слабоволнистую равнину, которая является частью обширного Терско-Кумского водораздела. Эта равнина прорезана сравнительно глубокими долинами рек Кумы, Мокрого Карамыка, Горькой Балки, Золки.

Распределение земельного фонда по категориям земель представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение земельного фонда Советского района по категориям

№ п/п	Наименование	Площадь, га
1	Земли сельскохозяйственного назначения	192622
2	Земли населенных пунктов	6174
3	Земли промышленности, энергетики, транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, земли для обеспечения космической деятельности, земли обороны, безопасности и земли иного специального назначения	1823
4	Земли особо охраняемых территорий и объектов	—
5	Земли лесного фонда	5284
6	Земли водного фонда	3058
7	Земли запаса	—
Итого земель в административных границах		208961

Основную часть территории района представлена двумя ландшафтами:

– Левокумский ландшафт расположен на юго-восточных склонах

Ставропольской возвышенности в среднем течении левобережной части р. Кумы.

– Правокумско-Терский ландшафт расположен в междуречье Терека и Кумы в восточной части района.

На западе района небольшими участками представлен Карамык-Томузловский ландшафт. Расположен в бассейнах левых притоков Кумы (Томузловки, Сухого и Мокрого Карамыка) на восточных склонах Ставропольской возвышенности.

Левокумский и Правокумско-Терский ландшафты относятся к провинции полупустынных ландшафтов, а Карамык-Томузловский к степной провинции [15].

Развитие компьютерных ГИС-технологий напрямую связано с распространением компьютерных информационных технологий, ведь более тридцати лет разрабатывались двухмерные ГИС, в которых информация о географических объектах представлена набором данных на плоскости [2].

Применение трёхмерных моделей связано с потребностью реалистичного отображения рассматриваемого объекта, так как такой способ облегчает планирование, контроль, а также принятие решений во многих отраслях, поскольку на экране компьютера объект имеет такой же вид, как и в реальном мире.

Имея цифровую карту и трёхмерную модель ландшафтов в электронном виде проводить анализ информации путем совмещения векторных слоёв в единой геоинформационной базе данных с использованием современного программного обеспечения.

В России наиболее распространённым программным обеспечением в области ГИС является MapInfo Professional. Применяя данную геоинформационную систему можно получить векторную графику следующим образом:

– ввод координат с клавиатуры;
– векторизация растровых изображений;
– импорт из GPS/ГЛОНАСС-приемников и другого геодезического оборудования, а также из других ГИС.

MapInfo Professional позволяет работать как картографическими, так и с семантической данными [5].

Построение трёхмерной модели осуществляется в ГИС Mapinfo Professional в следующей последовательности:

- сбор и анализ фондового (архивного) картографического материала;
- геореференсация и векторизация полученного картографического материала;
- получение сведений о рельефе по материалам радарной топографической

съёмки (SRTM) и построение цифровой модели рельефа;

– создание трёхмерной модели степных и полупустынных ландшафтов юго-восточной части Ставропольского края в пределах Советского района.

На первом этапе осуществляется сбор и анализ фондового (архивного) картографического материала, проводится инвентаризация и формализация данных. В нашей стране большое количество картографического материала хранится только на бумажных носителях, в виде таблиц и описаний, которые не могут быть использованы в современных геоинформационных технологиях без предварительной обработки данных и структурирования семантической составляющей карт. Только после этого появляется возможность создания на их основе цифровых картографических материалов посредством векторизации.

На втором этапе проводится геореференсация и векторизация картографического материала. До настоящего времени основой для пространственно-территориальной привязки карт и наземных обследований являлись топографические карты. С появлением системы глобального позиционирования (GPS) топографические карты перестали быть единственной основой пространственно-территориальной привязки наземных обследований. Совершенствование материалов дистанционного зондирования, математического аппарата позиционирования спутников и ортофотографических проекционных преобразований позволило получать данные с точностью пространственно-территориальной привязки, не уступающей топографическим картам [11].

Для пространственной привязки можно использовать до трёх геореференцированные космические снимки высокого разрешения, топографическую карту, а также материалы, полученные из государственного кадастра недвижимости, такие как кадастровые планы и выписки на земельные участки.

В данной работе пространственная привязка картографического материала проводится на основе материалов из государственного кадастра недвижимости, имеющих координатную привязку МСК-26 от СК-95. Поэтому каждый контур ландшафта, прошедший процедуру векторизации имеет свою пространственную привязку в геодезической системе координат [8].

Векторизация проводится в ГИС Mapinfo Professional, которая проводится посредством оцифровки пространственных данных и созданием векторного слоя из полигонов и точек на растровом изображении карты ландшафтов Ставропольского края и послойным отображением ландшафтов в границах района на космоснимке (рис. 2) [7].

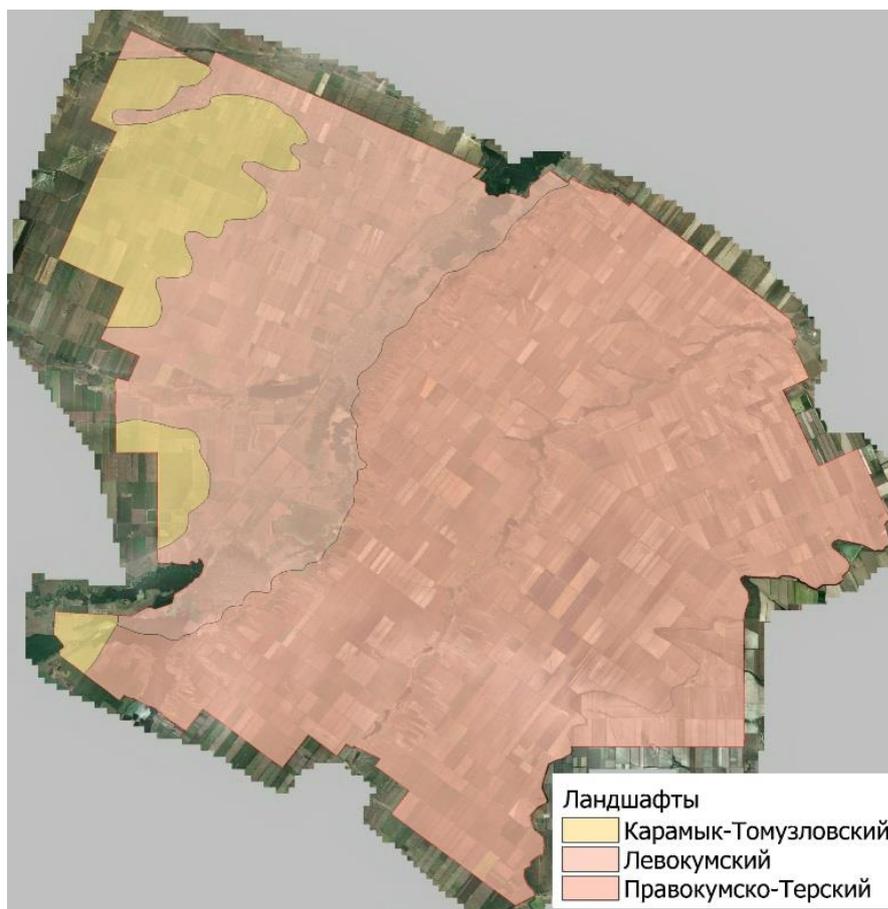


Рисунок 2 – Степные и полупустынные ландшафты юго-восточной части Ставропольского края в пределах Советского района

На следующем этапе необходимо получить сведения о рельефе местности для построения цифровой модели рельефа путём векторизации топографической карты или по материалам радарной топографической съёмки (SRTM). В данной работе данные о рельефе местности получены по материалам радарной топографической съёмки (SRTM) (рис. 3) [6, 9].



Рисунок 3 – Радарная топографическая съёмка Советского района

По результатам обработки данных SRTM получены данные о рельефе местности в виде горизонталей с сечением 5 метров (рис. 4).

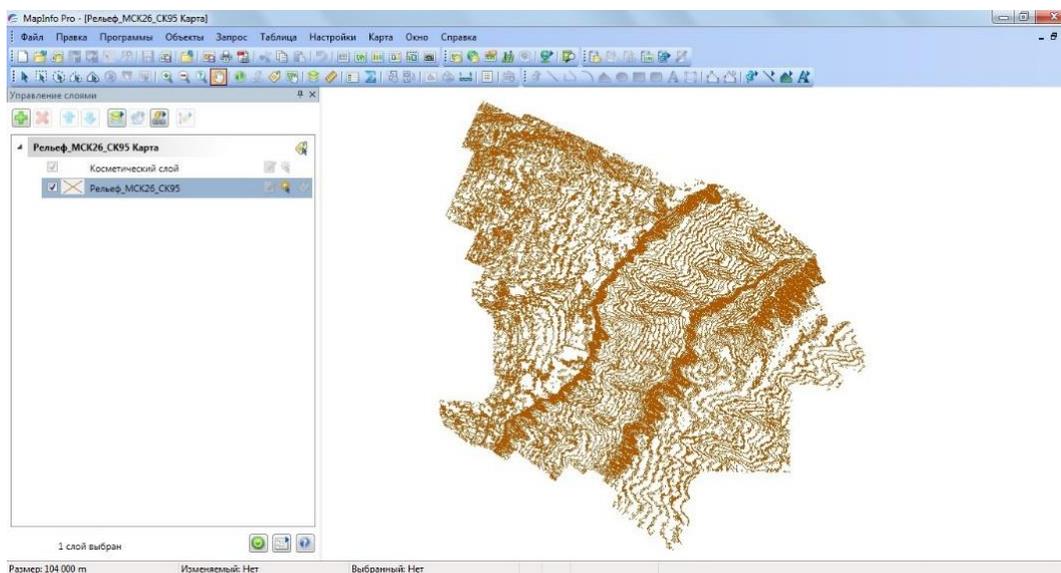


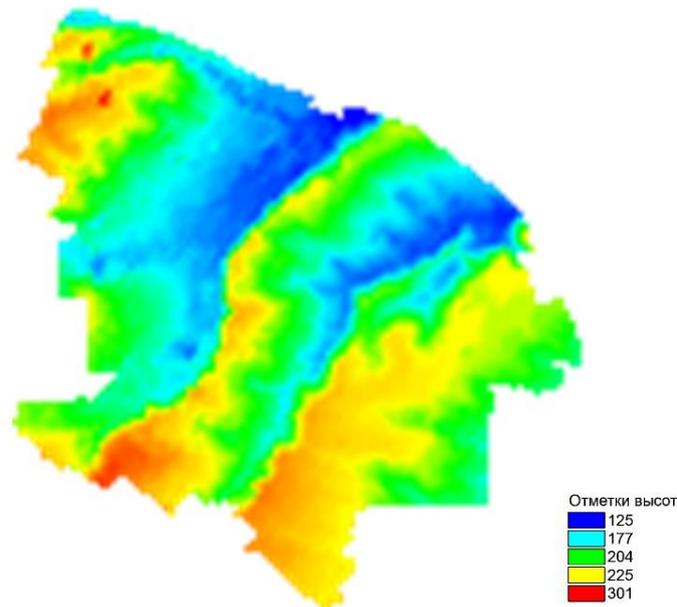
Рисунок 4 – Рельеф Советского района с сечением горизонталей 5 метров

Далее создается цифровая модель рельефа в ГИС Marinfo Professional в следующей последовательности:

- выполнить команду «Карта – создать тематическую карту – выбрать слой с

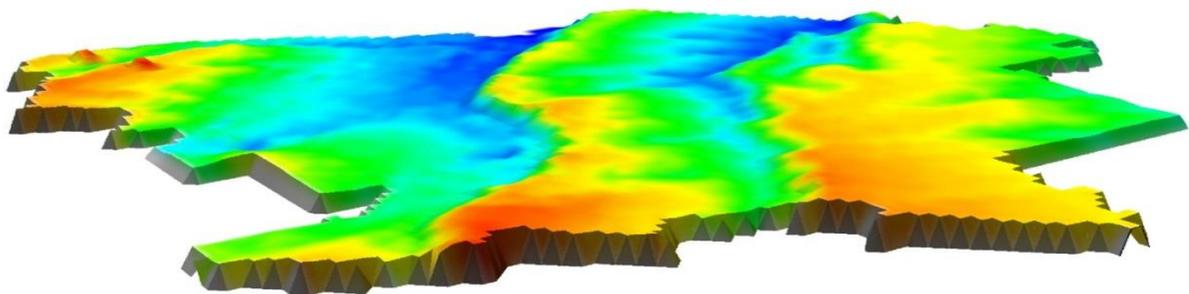
рельефом и поле с отметкой высоты»;

– выбрать метод интерполяции (TIN или IDW) – ОК. В данном случае выбрали TIN-интерполяцию (рис. 5).



**Рисунок 5 – Тематическая карта рельефа Советского района
(TIN-интерполяция)**

– выполнить команду «Карта – создать 3D-карту – поставить разрешение модели и вертикальный масштаб, в данном случае указали разрешение 1000 на 1000 и масштаб 0,16 (рис. 6).



**Рисунок 6 – 3D-модель рельефа Советского района
(TIN-интерполяция)**

На последнем этапе на полученную 3D-модель рельефа накладывается оцифрованный слой ландшафтов, в результате чего получена трёхмерная модель степных и

полупустынных ландшафтов юго-восточной части Ставропольского края в пределах Советского района (рис. 7) [10, 12].

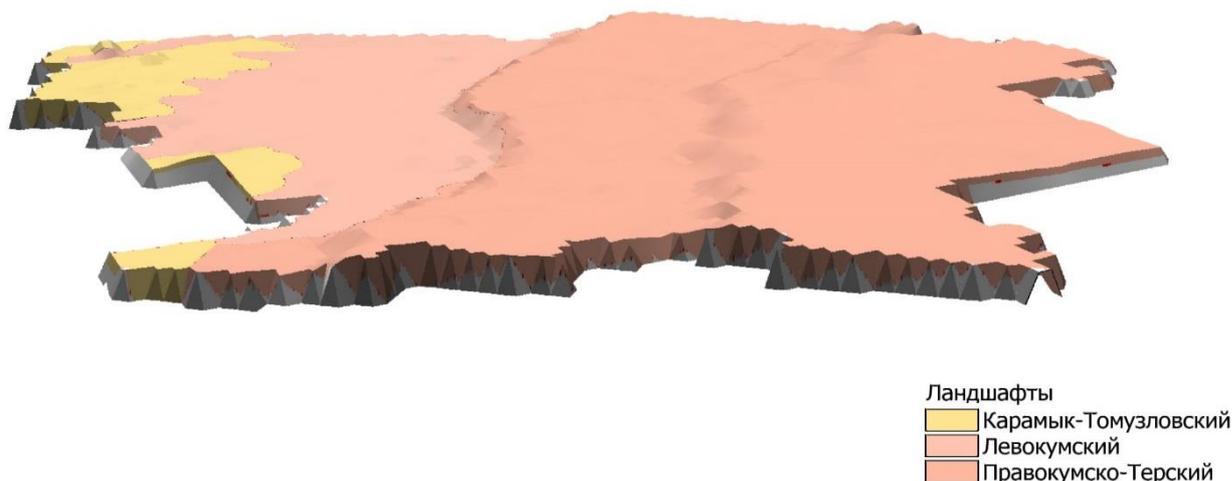


Рисунок 7 – Трёхмерная модель степных и полупустынных ландшафтов юго-восточной части Ставропольского края в пределах Советского района

Результаты исследований

В результате работ по созданию трёхмерной модели степных и полупустынных ландшафтов юго-восточной части Ставропольского края было выявлено, что в пределах Советского района (городского округа) находятся ландшафты, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Экспликация ландшафтов в границах Советского района (городского округа)

Провинция	Номер ландшафта	Ландшафт	Площадь, га	%
Провинция полупустынных ландшафтов	15	Правокумско-Терский	126631	60,6
	14	Левокумский	57046	27,3
Провинция степных ландшафтов	12	Карамык-Томузловский	25284	12,1
Итого			208961	100

Проанализировав данные таблицы 2 можно сделать вывод:

- Правокумско-Терский ландшафт занимает 60,6% или 126631 га территории района;
- Левокумский ландшафт занимает 27,3% или 57046 га территории района;
- На западе района небольшие участки (12,1% или 25284 га территории района) занимает Карамык-Томузловский ландшафт [13, 14].

Благодаря применению современных информационных и геоинформационных

технологий были выполнены следующие работы:

- проведена векторизация карты степных и полупустынных ландшафтов юго-восточной части Ставропольского края в пределах Советского района;
- по результатам обработки данных SRTM получены данные о рельефе местности в виде горизонталей с сечением 5 метров;
- создана тематическая карта и 3D-модель рельефа с TIN-интерполяцией;
- создана трёхмерная модель степных и полупустынных ландшафтов юго-восточной части Ставропольского края в пределах Советского района.

Выводы

Актуальность создания карт и трёхмерных моделей ландшафтов связана с необходимостью совершенствования методик рационализации землеустройства на ландшафтно-экологической основе. При наличии цифровой карты и трёхмерной модели ландшафтов удобно последующее изучение территории, благодаря совмещению векторных слоёв в единой геоинформационной базе данных, с использованием современных информационных и геоинформационных технологий.

В настоящее время применение трёхмерной модели ландшафтов актуально для оценки сельскохозяйственных земель, проведения работ по инвентаризации земель и землеустройству, решения прикладных мелиоративных задач, а внедрение ГИС-технологий позволит сократить время их проведения и повысить качество полученных результатов [4].

Литература

1. Аншаков Г. П., Мятлов Г. Н., Малиновский В. А. Метод создания цифровых моделей рельефа местности и его практическое применение на примере Самарской области // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (Национального исследовательского университета). 2015. № 4 (14). С. 7–16.
2. Варламов А. А., Гальченко С. А. Земельный кадастр. Т. 6 Географические и земельные информационные системы : М. : КолосС, 2005. 400 с.
3. Глейзер И. В., Копанева И. М., Рублёва Е. А. Некоторые аспекты использования ГИС-технологий при морфометрическом анализе рельефа // Вестник Удмуртского университета. Серия «Биология. Науки о Земле». 2006. №2. С. 143–146.
4. Глотов А.А. Применение данных о рельефе для эффективного использования сельскохозяйственных земель // Геопрофи. Москва, 2013. № 4. С. 20–22.
5. Коцур Е. В., Веселова М. Н. Применение ГИС Mapinfo Professional при создании карты агроландшафтов (на примере Павлоградского района Омской области) // Вестник ОмГАУ. 2016. №2 (22). С. 121–127.

6. Кошелев А.В. Цифровое картографирование почв с использованием данных SRTM // Известия нижеволжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4 (52). С. 159–166.
7. Лисицкий Д. В., Кацко С. Ю. Назначение и особенности цифрового картографического изображения в геоинформационном картографировании // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2005. №.4. С. 22–28.
8. Малочкин В. Ю. Разработка методики проведения инвентаризации земель сельскохозяйственного назначения посредством ГИС // Международный сельскохозяйственный журнал. 2019. №2. С. 17–21.
9. Павлова А.И., Каличкин В.К. Использование материалов космической съемки и ГИС для геоморфологического районирования территории // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2009. № 11. С. 5–14.
10. Павлова А. И. Применение методов цифрового моделирования рельефа для картографирования эрозионных земель // В мире научных открытий. 2016. №2 (74). С. 159–169
11. Руководство по среднемасштабному картографированию почв на основе ГИС / М.С. Симакова, Д.И. Рухович, В.И. Белобров, Э.Н. Молчанов, Н.П. Чижикова, И.П. Гаврилова, М.И. Герасимова, М.Д. Богданова. М.: Почв, ин-г им. В.В. Докучаева, 2008. 243 с.
12. Сысоев А. В., Елшина Т. Е. Создание и обработка цифровых моделей рельефа в среде ГИС // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2017. №1. С. 72–77
13. Целовальников А. С., Ключин П. В., Марьин А. Н. Использование ГИС-технологий при ландшафтном мониторинге земель Ставропольского края // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2010. №6. С. 57–63.
14. Целовальников А. С. Мониторинг антропогенной нагрузки и деградационных процессов земель сельскохозяйственного назначения Ставропольского края с использованием геоинформационных технологий: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Москва, 2010. 27 с.
15. Шальнев В. А. Современные ландшафты Ставропольского края : моногр. Ставрополь : СГУ, 2002. 227 с.

Literatura

1. Anshakov G. P., Myatov G. N., Malinovskij V. A. Metod sozdaniya cifrovyyh modelej rel'efa mestnosti i ego prakticheskoe primenenie na primere Samarskoj oblasti // Vestnik

Samarskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. akademika S.P. Korolyova (Nacional'nogo issledovatel'skogo universiteta). 2015. № 4 (14). S. 7–16.

2. Varlamov A. A., Gal'chenko S. A. Zemel'nyj kadastr. T. 6 Geograficheskie i zemel'nye informacionnye sistemy : M. : KolosS, 2005. 400 s.

3. Glejzer I. V., Kopaneva I. M., Rublyova E. A. Nekotorye aspekty ispol'zovaniya GIS-tehnologij pri morfometricheskom analize rel'efa // Vestnik Udmurtskogo universiteta. Seriya «Biologiya. Nauki o Zemle». 2006. №2. S. 143–146.

4. Glotov A.A. Primenenie dannyh o rel'efe dlya effektivnogo ispol'zovaniya sel'skohozyajstvennyh zemel' // Geoprofi. Moskva, 2013. № 4. S. 20–22.

5. Kocur E. V., Veselova M. N. Primenenie GIS Mapinfo Professional pri sozdanii karty agrolandshaftov (na primere Pavlogradskogo rajona Omskoj oblasti) // Vestnik OmGAU. 2016. №2 (22). С. 121–127.

6. Koshelev A.V. Cifrovoe kartografirovanie pochv s ispol'zovaniem dannyh SRTM // Izvestiya nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2018. № 4 (52). S. 159–166.

7. Lisickij D. V., Kacko S. YU. Naznachenie i osobennosti cifrovogo kartograficheskogo izobrazheniya v geoinformacionnom kartografirovanii // Interekspo Geo-Sibir'. 2005. №.4. S. 22–28.

8. Malochkin V. YU. Razrabotka metodiki provedeniya inventarizacii zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya posredstvom GIS // Mezhdunarodnyj sel'skohozyajstvennyj zhurnal. 2019. №2. S. 17–21.

9. Pavlova A.I., Kalichkin V.K. Ispol'zovanie materialov kosmicheskoy s'emki i GIS dlya geomorfologicheskogo rajonirovaniya territorii // Sibirskij vestnik sel'skohozyajstvennoj nauki. 2009. № 11. S. 5–14.

10. Pavlova A. I. Primenenie metodov cifrovogo modelirovaniya rel'efa dlya kartografirovaniya erozionnyh zemel' // V mire nauchnyh otkrytij. 2016. №2 (74). S. 159–169

11. Rukovodstvo po srednemashtabnomu kartografirovaniyu pochv na osnove GIS / M.S. Simakova, D.I. Ruhovich, V.I. Belobrov, E.N. Molchanov, N.P. CHizhikova, I.P. Gavrilova, M.I. Gerasimova, M.D. Bogdanova. M.: Pochv, in-g im. V.V. Dokuchaeva, 2008. 243 s.

12. Sysoev A. V., Elshina T. E. Sozdanie i obrabotka cifrovyyh modelej rel'efa v srede GIS // Interekspo Geo-Sibir'. 2017. №1. S. 72–77

13. Celoval'nikov A. S., Klyushin P. V., Mar'in A. N. Ispol'zovanie GIS-tehnologij pri landshaftnom monitoringe zemel' Stavropol'skogo kraya // Zemleustrojstvo, kadastr i monitoring zemel'. 2010. №6. S. 57–63.

14. Celoval'nikov A. S. Monitoring antropogennoj nagruzki i degradacionnyh processov zemel' sel'skohozyajstvennogo naznacheniya Stavropol'skogo kraja s ispol'zovaniem geoinformacionnyh tekhnologij: avtoref. dis. ... kand. geogr. nauk. Moskva, 2010. 27 s.

15. SHal'nev V. A. Sovremennye landshafty Stavropol'skogo kraja : monogr. Stavropol' : SGU, 2002. 227 s.