

УДК 528.932

## МОДИФИКАЦИИ ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ТЕРРИТОРИИ КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССКОЙ РЕСПУБЛИКИ

## THE GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM MODIFICATIONS IN THE GEOMORPHOLOGICAL MODELING OF THE TERRITORY OF THE KARACHAY-CHERKESS REPUBLIC

©2015 **Аппоева Л. И., Коркмазова А. Б.**

Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева

©2015 **Appoeva L. I., Korkmazova A. B.**

U. D. Aliev Karachay-Cherkess State University

**Резюме.** Используя модификации ГИС-технологий, разработаны модели рельефа и отдельных геоморфологических элементов Карачаево-Черкесской республики, которые легли в основу анализа распределения территории по интервалам абсолютных высот и экспозициям склонов. Полученные результаты представляют собой информационную основу для геоэкологического мониторинга и оптимизации природопользования в условиях выраженной вертикальной зональности.

**Abstract.** Using modifications of GIS-technologies, the authors of the article developed models of a relief and separate geomorphological elements of the Karachay-Cherkess Republic which formed the basis of the analysis of distribution of the territory on intervals of absolute heights and expositions of slopes. The obtained results represent the information basis for the geoenvironmental monitoring and optimization of the environmental management in the conditions of the expressed vertical zonality.

**Rezjume.** Ispol'zuia modifikatsii GIS-tekhnologii, razrabotany modeli rel'efa i otdel'nykh geomorfologicheskikh elementov Karachaevo-Cherkesskoj respubliky, kotorye legli v osnovu analiza raspredeleniia territorii po intervalam absoljutnykh vysot i ekspozitsiiam sklonov. Poluchennyye rezul'taty predstavliaiut soboi informatsionnuiu osnovu dlia geoekologicheskogo monitoringa i optimizatsii prirodopol'zovaniia v usloviiakh vyrazhennoi vertikal'noi zonal'nosti.

**Ключевые слова:** горная территория, рельеф, орография, геоморфология, абсолютная высота, экспозиция, базы геоданных, ГИС-технологии, ГИС-карты, дифференциация территории, климат, анализ моделей.

**Keywords:** mountain territory, relief, orography, geomorphology, absolute height, exposition, geodata bases, GIS-technologies, GIS-cards, differentiation of the territory, climate, analysis of models.

**Kliuchevye slova:** gornaia territorii, rel'ef, orografiia, geomorfologiia, absoljutnaia vysota, ekspozitsiia, bazy geodannykh, GIS-tekhnologii, GIS-karty, differentsiatsiia territorii, klimat, analiz modeli.

ГИС – это интегрированная система, состоящая из компонентов, применяемых для сбора, структуризации, анализа, моделирования, визуализации и распространения пространственной геоэкологической информации. Она позволяет конкретизировать множественные информационные связи между качественными и количественными показателями в геосистемах, моделировать структуры и тенденции их

функционирования, а так же комплексно оценивать ситуацию с прогнозированием последующих изменений [1].

На первых этапах создания ГИС Карачаево-Черкесской республики формировались базы геоданных, результаты сбора и обработки которых поэтапно выводились для информационного обмена. Каждый из этапов информационного обмена имеет прямые и обратные связи, что делает ин-

формационную систему гибкой и масштабируемой.

Исследование подстилающих поверхностей (рельефа) с использованием ГИС-технологий в последние годы получило широкое распространение, в западной специальной литературе под названием геоморфометрии или количественной геоморфологии [7]. Цифровая модель рельефа – важный информационный источник сведений о рельефе, рассматриваемый в качестве основы морфометрического анализа. Компьютерная обработка пространственной информации находит широкое применение по насыщению данными районов, слабо обеспеченных наблюдениями, что позволяет вывести исследования на новый, более высокий уровень. В настоящее время пространственное моделирование становится неотъемлемой частью исследований в области рационального природопользования и природоохранной деятельности.

Целью наших исследований изначально предусматривалось пространственное моделирование рельефа и отдельных элементов орографии Карачаево-Черкесской Республики приемлемыми средствами ГИС, и, как результат – оценка роли морфометрических показателей в структуре и функционировании природных и антропогенных ландшафтов. В соответствии с целью исследования решались следующие задачи:

- создание цифровой модели рельефа;
- построение карт распределения территории КЧР по экспозициям, крутизне склонов и интервалам абсолютных высот;
- проведение графо-математического анализа моделей распределения морфометрических показателей определяющих высотно-поясную дифференциацию региональных ландшафтов.

На первом этапе работы выполнялась оцифровка «бумажной» основы – физической карты КЧР (масштаба 1:100000, сечением между горизонталями 20 м). Для удобства векторизации исходная топографическая карта сканировалась отдельными фрагментами с последующей «сшивкой». Векторизация осуществлялась в программе Easy Trace. Предварительно была выполнена привязка созданной растровой основы к географическим координатам, при средней ошибке не более 60 м. При картографировании применялась проекция Гаусса Крюгера на эллипсоиде Красновского в системе координат Пулково – 95.

В работе для представления множества отметок высот использовалась матрица нерегулярной треугольной сети – модель TIN («триангуляция Делоне»). Устранение неизбежных при векторизации неточностей осуществлялась построением TIN-модели, по которой определялись топологические и семантические ошибки, после чего в слой изогипс вносились необходимые поправки. В TIN цифровая модель рельефа представлена многогранной, объемной поверхностью, образованной набором высотных отметок в узлах треугольной сети. На базе TIN-модели построена гипсометрическая ГИС-карта территории Карачаево-Черкесии с сечением между изолиниями 200 м (рис. 1). По карте рассчитано распределение площади республики по абсолютным высотным интервалам.

Таблица 1 отражает распределение территории Карачаево-Черкесии по интервалам высот.

Из таблицы видно, что наибольшая площадь, 22% отмечена в интервале высот от 800 до 1200 м. Площади свыше 3000 м незначительны, что объясняется увеличением крутизны склонов, существенно снижающей поверхности проекций склонов, в этом диапазоне высот. Таким образом, к высотному интервалу - до уровня 2000 м относятся 67,3% площади республики, к высокогорью (выше 2000 м) – 32,7%. Дифференциация высот в Карачаево-Черкесской республике указывает на преобладание здесь среднегорий с вытекающими отсюда климатическими особенностями и высотно-поясными ландшафтами, требующими соответствующих методов хозяйствования, с учетом сохранения экологического баланса.

Одним из наиболее распространенных способов визуализации поверхности является светотеневая отмывка рельефа (рис. 2), которая выполнена с использованием функций модуля Spatial Analyst. При построении поверхности параметры раstra задавались, исходя из точности координатной привязки, что соответствовало размеру пикселя на местности 50 м [6, 4].

Предложенная картосхема рельефа Карачаево-Черкесии дополняет существующие схемы [2] новыми орографическими элементами. Морфоструктурное изображение показывает сложную динамическую взаимосвязь и взаимодействие геоморфологических структур, и их отражение в рельефе.

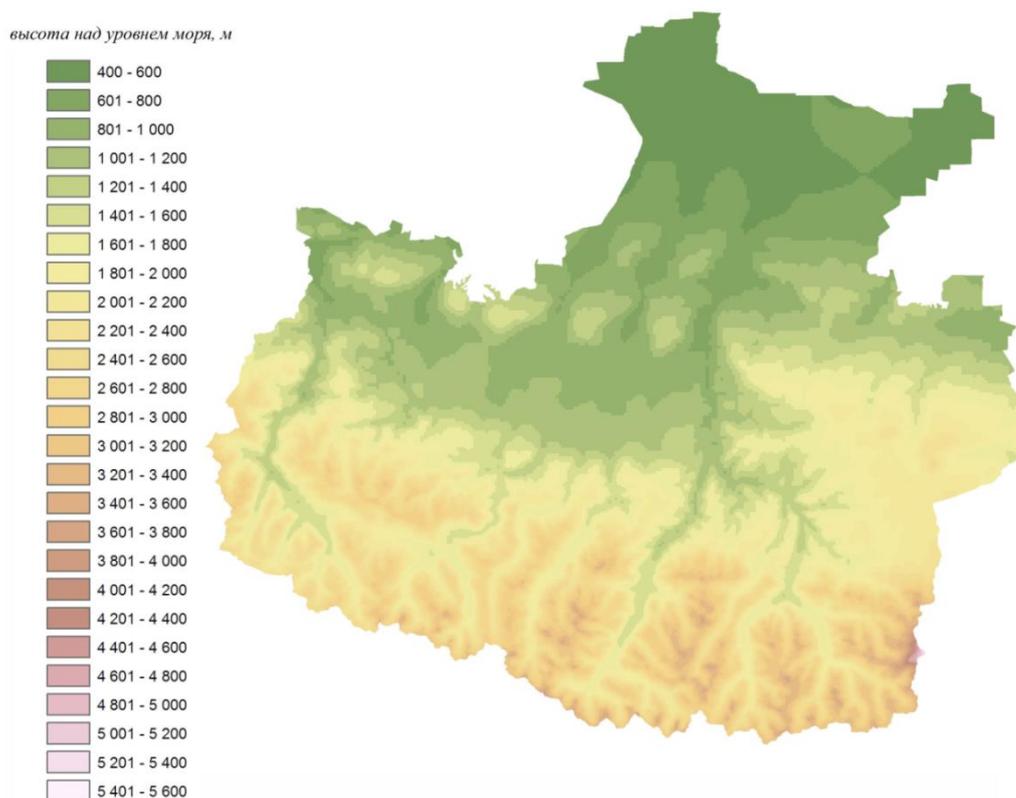


Рис. 1. Гипсометрическая карта-схема территории Карачаево-Черкесской республики

Таблица 1

Сведения о распределении проекционной площади по заданным высотным ступеням

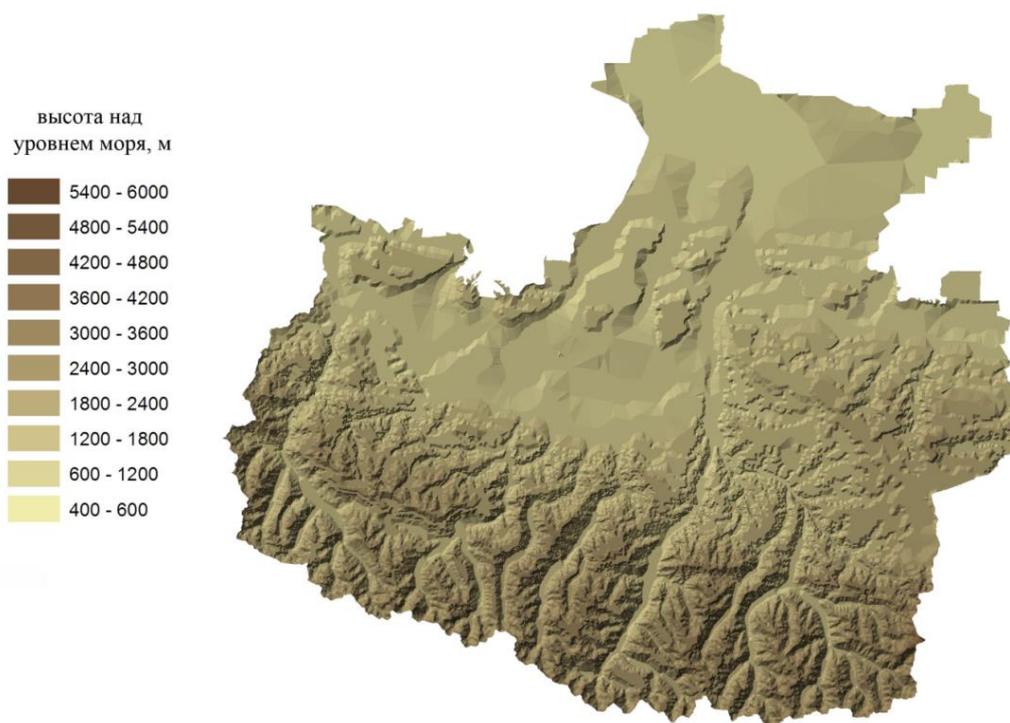
Высотный интервал, м	Площадь		Высотный интервал, м	Площадь	
	км <sup>2</sup>	%		км <sup>2</sup>	%
360-400	11,7	0,3	2000-2200	1408,0	9
400-600	843,2	6	2200-2400	817,6	5
600-800	1376,4	9	2400-2600	718,6	5
800-1000	1566,0	10	2600-2800	692,3	5
1000-1200	1724,7	12	2800-3000	510,0	3
1200-1400	1303,2	9	3000-3200	455,7	3
1400-1600	1081,3	7	3200-3400	209,5	2
1600-1800	1100,9	7	3400-3600	50,9	0,7
1800-2000	1116,4	7			

Изменением масштаба ГИС изображения рельефа позволяет исследовать пространственно-временной характер геоморфологических образований и тенденции физико-географических и эрозионных процессов.

Смоделированный рельеф территории КЧР так же является отражением перераспределения тепла и влаги, указывая на тесную связь орографических элементов с климатическими составляющими: температурой воздуха, осадками, циркуляцией

воздушных потоков. Установлена тесная зависимость гидротермических показателей с абсолютной высотой, экспозицией склонов, другими элементами рельефа и орографии.

Используя цифровую модель рельефа, построена карта-схема распределения площадей по экспозициям склонов, на основе которой, определены доли площадей на территории КЧР по экспозициям склонов, табл. 2.



**Рис. 2. Рельеф Карачаево-Черкесской республики с привязкой к географическим координатам**

**Таблица 2**  
**Дифференциация территории Карачаево-Черкесии по экспозициям склонов**

Ориентация склона, град	Экспозиция склона	Соотношение экспозиций склонов, %
-	Горизонтальный	31
0-22,5	С	5
22,5-67,5	СВ	8
67,5-112,5	В	8
112,5-157,5	ЮВ	10
157,5-202,5	Ю	9
202,5-247,5	ЮЗ	8
247,5-292,5	З	9
292,5-337,5	СЗ	8
337,5-360	С	4

Созданная цифровая модель рельефа послужила основой для моделирования тепло и влагообеспеченности республики. Высота над уровнем моря и экспозиция склонов это основные факторы, которые учитывались при построении ГИС-модели теплообеспеченности. На основании температурных градиентов по различным склонам «привязанным» к средним многолетним показателям температуры воздуха на стационарных метеостанциях Карачаево-Черкесии, было рассчитано распределение среднегодовых температур воздуха по

экспозициям склонов в разных высотных интервалах. Эти данные были привязаны к цифровой модели рельефа и изображены в виде изолиний. Полученные значения обрабатывались в модуле Geostatistical Analyst методом крикинга. Этот метод основан на математических, статистических моделях и понятии корреляции.

Основными факторами, перераспределяющими осадки в горах, являются высота над уровнем моря и удаленность от Главного Кавказского хребта (ГКХ). Для создания ГИС-модели влагообеспеченности рассчитываются вертикальные и горизонтальные градиенты осадков. Используя цифровую модель рельефа и модуль Spatial Analyst более чем для 10000 точек воспроизводятся высота над уровнем моря и расстояние до ГКХ. Результатом обработки точечного слоя с набором факторов (высота над уровнем моря, удаленность от ГКХ широтный и высотный градиенты, средние многолетние суммы осадков на метеостанциях КЧР) в модуле Геоэстатистический анализ позволяют создать ГИС-модель влагообеспеченности [3].

Построенные геоморфологические модификации ГИС-моделей отображают пространственное распределение биологического, ландшафтного (географического) разнообразия и позволяют оценить параметры трансформации экосистем, степень

фрагментации, взаимосвязанности, типа размещения и т.д. Все это представляет собой информационную основу при разработке мероприятий по восстановлению и сохранению экологически комфортной социальной среды. Информативность

ГИС-карт позволяет использовать их для принятия управленческих решений в агропользовании, лесопользовании, прогнозировании экологической ситуации в горных районах и т.д.

#### Литература

1. Битюков Н. А. Геоинформационные системы: Учебное пособие. Сочи: СГУТиКД, 2007. 242 с.  
 2. Гвоздецкий Н. А. Орографическая схема Большого Кавказа // Победенные вершины. М.: Географгиз, 1950. С. 209-223. 3. Дега Н. С., Онищенко В. В. Геоэкологическая оценка горных районов Карачаево-Черкесии для рационального природопользования и охраны окружающей среды. [Электронный ресурс]: монография. Карачаевск: КЧГУ, 2014. 148 с. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). 4. Дега Н. С., Онищенко В. В. Моделирование социально-экологической структуры функционирования территории Карачаево-Черкесии с использованием ГИС-технологий / Вестник КЧГУ. № 26. Карачаевск, 2009. С. 281-287. 5. Дега Н. С. Онищенко В. В. Опыт использования ГИС-технологий в исследовании экосистемного разнообразия ООПТ Северного Кавказа // Актуальные вопросы экологии и природопользования. Сб. мат. Межд. н-практической конференции. Ставрополь, 2005. С. 329-334. 6. Погорелов А. В., Салпагаров А. Д., Киселев Е. Н., Куркина Е. В. Геоинформационный метод в практике региональных физико-географических исследований. Труды Тебердинского государственного биосферного заповедника. Вып 45. Северокавказское из-во МИЛ. Кисловодск, 2007. 199 с. 7. Pike R. J. Geomorphometry – progress, practice, and prospect // Z. Geomorph. Suppl. 101, 1995. P. 221-238.

#### References

1. Bitjukov N. A. Geographic information systems: Manual. Sochi: SGUTiKD, 2007. 242 p. 2. Pogorelov A. V., Salpagarov A. D., Kiselyov E. N., Kurkina E. V. Geoinformation method in the practice of regional physiographic researches. Proceedings of Teberda State Biospheric Reserve. Issue 45. The North Caucasian MIL Publishing. Kislovodsk, 2007. 199 p. 3. Dega N. S., Onishchenko V. V. The experience of using the GIS-technologies in the research of the ecosystem variety of OOPT of the North Caucasus // Topical issues of ecology and environmental management. Collection of materials of the International scientific and practical conference. Stavropol, 2005. P. 329-334. 4. Gvozdetsky N. A. Orographic scheme of the Greater Caucasus // The conquered tops. M.: Geografiz, 1950. P. 209-223. 5. Dega N. S., Onishchenko V. V. Modeling of the social-and-ecological structure of functioning of the territory of Karachay-Cherkessia using the GIS-technologies / Bulletin of KChSU. # 26. Karachaevsck, 2009. P. 281-287. 6. Degas N. S., Onishchenko V. V. Geoecological assessment of mountainous areas of Karachay-Cherkessia for the rational environmental management and environmental protection. [Electronic resource]: monograph. Karachayevsk: KChSU, 2014. 148 p. 7. Pike R. J. Geomorphometry – progress, practice, and prospect. Z. Geomorph. Suppl. 101, 1995, P. 221-238.

#### Literatura

1. Bitjukov N. A. Geoinformacionnye sistemy: Uchebnoe posobie. Sochi: SGTiKD, 2007. 242 s.  
 2. Gvozdeckij N. A. Orograficheskaja shema Bol'shogo Kavkaza // Pobezhdennye vershiny. M.: Geo-grafgiz, 1950. S. 209-223. 3. Dega N. S., Onishhenko V. V. Geojekologicheskaja ocenka gornyh rajonov Karachaevo-Cherkessii dlja racional'nogo prirodnopol'zovanija i ohrany okruzhajushhej sredy. [Jelek-tronnyj resurs]: monografija. Karachaevsck: KChGU, 2014. 148 s. 1 jelektron. opt. disk (CD-ROM). 4. Dega N. S., Onishhenko V. V. Modelirovanie social'no-jekologicheskoj struktury funkcionirovanija territorii Karachaevo-Cherkessii s ispol'zovaniem GIS-tehnologij / Vestnik KChGU. № 26. Karacha-evsk, 2009. S. 281-287. 5. Dega N. S. Onishhenko V. V. Opyt ispol'zovanija GIS-tehnologij v issle-dovanii jekosistemnogo raznoobrazija OOPT Severnogo Kavkaza // Aktual'nye voprosy jekologii i prirodnopol'zovanija. Sb. mat. Mezhd. n-prakticheskoj konferencii. Stavropol', 2005. S. 329-334. 6. Pogorelov A. V., Salpagarov A. D., Kiselev E. N., Kurkina E. V. Geoinformacionnyj metod v prak-tike regional'nyh fiziko-geograficheskikh issledovanij. Trudy Teberdinskogo gosudarstvennogo biosfernogo zapovednika. Vyp 45. Severokavkazskoe iz-vo MIL. Kislovodsk, 2007. 199 s. 7. Pike R. J. Geomorphometry – progress, practice, and prospect // Z. Geomorph. Suppl. 101, 1995. P. 221-238.

*Статья поступила в редакцию 26.10.2015 г.*