



DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.9>

UDC 551.4.03

LBC 40.3

GEOINFORMATION ANALYSIS OF THE RELIEF KUMO-MANYCH DEPRESSION ¹

Valery G. Yuferev

Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation

Alina V. Melikhova

Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation;
Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Vera V. Balynova

Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation
of the Russian Academy of Sciences, Volgograd, Russian Federation;
Volgograd State University, Volgograd, Russian Federation

Abstract. The territory of the Kumo-Manych depression is located in the fault zone of the tectonic plate and is a characteristic floodplain structure with a large number of swamps, lakes and channels. This territory is characterized by a high anthropogenic load associated with the intensive use of land for agricultural production and, as a consequence, with the manifestations of degradation processes. The relevance of the analysis of the relief of the territory is due to the influence of geomorphological characteristics on the magnitude and dynamics of erosion degradation of land. The methodological basis of the research is the catchment approach, which provides the structuring of landscape structures. The research methodology is based on the use of geoinformation systems for the development of analytical maps based on digital terrain models and geostatistical analysis of the spatial distribution of its structure. The results of the research are presented by analytical maps that allow us to determine the characteristics of the terrain of the terrain with their proximity to a certain location. These results make it possible to assess the erosion hazard of such sites and to develop measures in advance to prevent their degradation. Thus, geoinformation analysis of the relief of the Kumo-Manych depression allowed us to establish that about 47 % of the area of the research site is located in the height range from 20 to 80 m. The steepness of the slopes is insignificant, 52.7 % of the territory has a steepness of less than 1°. Another 38.2 % of the slopes have a steepness of less than 2°. Uncultivated slopes with a steepness of more than 8° occupy less than 1 % of the landfill area.

Key words: relief, geomorphology, geostatistics, elevation ranges, steepness.

Citation. Yuferev V.G., Melikhova A.V., Balynova V.V. Geoinformation Analysis of the Relief Kumo-Manych Depression. *Prirodnye sistemy i resursy* [Natural Systems and Resources], 2022, vol. 12, no. 2, pp. 67-76. DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.9>

УДК 551.4.03

ББК 40.3

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ АНАЛИЗ РЕЛЬЕФА КУМО-МАНЫЧСКОЙ ВПАДИНЫ ¹

Валерий Григорьевич Юферев

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН,
г. Волгоград, Российская Федерация

Алина Владимировна Мелихова

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН,
г. Волгоград, Российская Федерация;
Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Вера Васильевна Бальнова

Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН,
г. Волгоград, Российская Федерация;
Волгоградский государственный университет, г. Волгоград, Российская Федерация

Аннотация. Территория Кумо-Манычской впадины расположена в зоне разлома тектонической плиты и представляет собой характерную пойменную структуру с большим количеством болот, озер и протоков. Для этой территории характерна высокая антропогенная нагрузка, связанная с интенсивным использованием земель для сельскохозяйственного производства и, как следствие, с проявлениями процессов деградации. Актуальность анализа рельефа территории обусловлена влиянием геоморфологических характеристик на величину и динамику эрозионной деградации земель. Методологической основой исследований является водосборный подход, обеспечивающий структуризацию ландшафтных структур. Методика исследований базируется на использовании геоинформационных систем для разработки аналитических карт на основе цифровых моделей рельефа и геостатистического анализа пространственного распределения его структуры. Результаты исследований представлены аналитическими картами, позволяющими определить характеристики рельефа участков местности с их приуроченностью к определенному местоположению. Эти результаты позволяют провести оценку эрозионной опасности таких участков и заранее разработать меры по предотвращению их деградации. Таким образом, геоинформационный анализ рельефа Кумо-Манычской впадины позволил установить, что около 47 % площади полигона исследований размещено в диапазоне высот от 20 до 80 м. Крутизна склонов незначительна, 52,7 % территории имеет крутизну менее 1°. Еще 38,2 % склонов имеют крутизну менее 2°. Необрабатываемые склоны с крутизной более 8° занимают менее 1 % площади полигона.

Ключевые слова: рельеф, геоморфология, геостатистика, диапазоны высот, крутизна.

Цитирование. Юферев В. Г., Мелихова А. В., Бальнова В. В. Геоинформационный анализ рельефа Кумо-Манычской впадины // Природные системы и ресурсы. – 2022. – Т. 12, № 2. – С. 67–76. – DOI: <https://doi.org/10.15688/nsr.jvolsu.2022.2.9>

Введение

Кумо-Манычская впадина является понижением, протянувшимся по долготе между бассейнами Каспийского и Черного морей. Территориально она расположена между Прикаспийской и Кубано-Приазовской низменностью. Впадина расположена в зоне разлома тектонической плиты. В последнее время на территории исследований наблюдается аридизация климата, что привело к уменьшению количества и качества водотоков [11]. За последние 100 лет суммарная длина малых рек здесь уменьшилась практически вдвое, что обусловлено антропогенным воздействием на них. Современный рельеф территории впадины представляет собой разветвленную гидрографическую сеть с протоками, болотами и лиманами. В связи с эрозионными изменениями отдельных участков на территории впадины актуально изучение его современного состояния. При изучении рельефа Кумо-Манычской впадины установлено, что ландшафт и его структурные компоненты имеют хорошо определяемые грани-

цы в пространстве, в связи с этим важными являются их геоморфологические характеристики [7]. При этом необходимо выявить особенности рельефа рассматриваемой территории. Поэтому водосбор принимается основой ландшафтной структуры полигона, соответствующей структуре природно-территориального комплекса. Использование ландшафтно-водосборного подхода в исследованиях предусматривает определить водосбор в качестве структурной единицы, объединяющей производственно-территориальный комплекс. При этом можно выявить генетически сходные по геоморфологическим, эдафическим, эрозионным и гидрологическим характеристикам поверхности [4; 5].

Важной особенностью является выделение водосбора по аэрофотоснимкам и космоснимкам с использованием цифровой модели рельефа, что позволяет использовать его как основную таксономическую единицу при геоинформационном картографировании [6; 9].

Современные геоинформационные технологии обеспечивают анализ пространствен-

ных данных для определения особенностей рельефа на полигоне исследований, что обеспечивает исследование и получение основных геоморфологических параметров на территории исследований [1; 2; 3].

Материалы и методы исследования

Исследования геоморфологических характеристик территории с использованием водосборного подхода проводятся с использованием баз пространственных данных, в которых содержатся данные по территории, выбранной для проведения исследований. Основным источником данных являются глобальные цифровые модели рельефа (например, SRTM, ASTER GDEM) [12], определяются с использованием систем геопозиционирования GPS, ГЛОНАСС [10], или при проведении геодезических измерений. В среде геоинформационных программных комплексов (QGIS, ARCGIS, GlobalMapper и др.) создаются геоинформационные слои [8] соответствующих пространственных данных и цифровой модели рельефа. В целом цифровая картографическая модель представляет собой комплекс компьютерного цифрового представления пространственных данных с визуализацией их содержания.

Проведение геоморфологического анализа пространственного распределения высот производится с использованием геостатистического анализа совокупности численных данных о рельефе. Преобразование данных для получения новых значений проводится по математическим формулам, где каждому значению аргументов по простиранию соответствуют определенные значения функции (крутизна, уклон и др.).

В имеющихся современных геоинформационных программных комплексах имеются встроенные инструменты управления пространственными данными как внутренними, так и внешними, что значительно сокращает время на ввод и анализ данных.

Методика геоморфологического моделирования в агроландшафтах состоит в следующем: выбирается участок для проведения исследования; формируются геоинформационные картографические слои; создается векторный слой, включающий полигон, совпада-

ющий с границами выбранного участка; выполняется загрузка пространственных данных; проводится конвертация электронных таблиц в рабочий формат; выбираются существующие цифровые модели высот.

В геоинформационной среде создается картографических слой «контуры» и проводится генерация изолиний абсолютных высот.

В результате реализации методики по уточненным цифровым моделям проводится анализ рельефа. По полученным данным в этой программе можно разработать: изолинейные карты высот; карты крутизны склонов; карты уклонов; карты экспозиции склонов; построить цифровые модели профилей; карту водосборов с основными водотоками.

В результате исследований получается полная картина особенностей рельефа объекта исследования, которая позволяет определить возможность хозяйственного использования территории.

Результаты и обсуждение

Под влиянием различных факторов в агроландшафтах проходят определенные процессы, при этом изменяются условия их функционирования. Большое влияние на состояние агроландшафтов оказывает антропогенное воздействие в результате хозяйственной деятельности человека. При ведении сельского хозяйства осуществляется воздействие на ландшафт. В случае обработки почв проходит изменение параметров почвенного слоя, разрушается структура и параметры: перемешиваются слои почвы, изменяются физические параметры. При этом изменяется характер микрорельефа, разрушается биологическая экосистема почвы. Параметры рельефа на территории исследования непосредственно влияют на степень деградации сельскохозяйственных земель, что обусловлено усилением воздействия факторов, вызывающих такую деградацию. Оценить влияние рельефа на развитие деградации земель можно только с использованием данных о его характеристиках, причем на больших площадях. Вследствие чего геоинформационный анализ рельефа с использованием геостатистического анали-

за является самостоятельной задачей, решение которой обеспечивает описание физико-географической схемы взаимодействия компонентов ландшафта. Комплексность оценки территории обеспечивает водосборный подход, при котором водосбор является обособленной единицей, а использование геоинформационного анализа для получения и обобщения геоморфологических пространственных данных дает основу для определения закономерностей формирования и интенсивности процессов деградации земель. Объектом геоморфологического исследования является рельеф Кумо-Манычской впадины (рис. 1), включающий водосборы рек Кума, Маныч и малых рек.

Картографирование рельефа проводилось на основе цифровой модели местности SRTM 3. В результате построены специализированные электронные карты результатов геоинформационного анализа рельефа.

С использованием векторной карты границ участка Кумо-Манычской впадины по цифровой модели рельефа SRTM 3 определя-

ются основные характеристики рельефа, приведенные в таблице 1.

Анализ данных, приведенных в таблице 1 говорит о том что по средним значениям крутизной склона 1,7 градуса, восточной экспозиции. Результат получен в виде картографического геоинформационного слоя и представлен на рисунке 2. По карте (рис. 2) выделяется основной водораздел и основные водотоки, что дает возможность локализации ландшафтных участков. Для наглядности на водосборах выделены линии тальвегов.

Карта водосборов дает возможность выявления границ водосборов и определения их площадей. Анализ топологии водосборов обеспечивает выявление последовательности локальных водосборов в соответствии с дифференциацией высот.

Основой для выявления особенностей рельефа на территории исследований является ее распределение по диапазонам высот. Для решения этой задачи построена карта диапазонов высот с шагом 50 м (см. рис. 3).

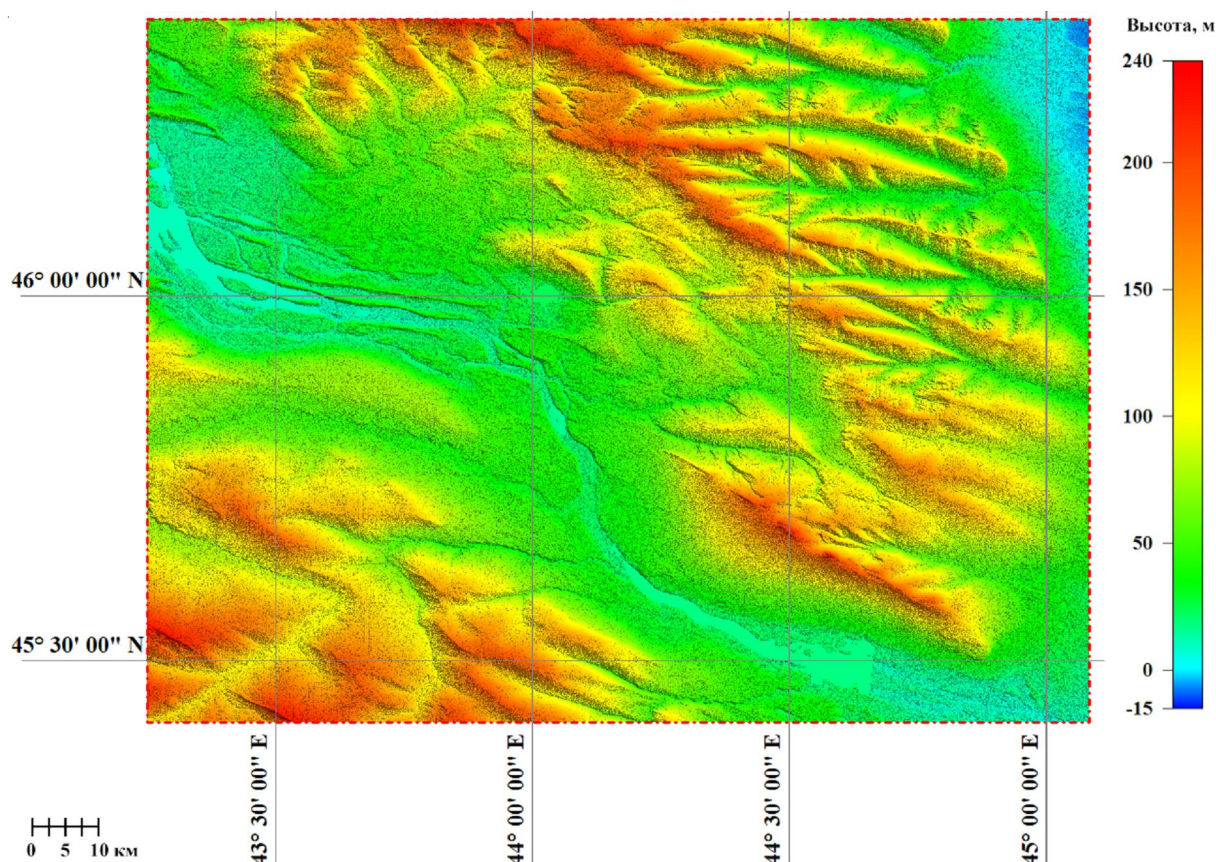


Рис. 1. Карта рельефа участка Кумо-Манычской впадины

Таблица 1

Основные характеристики рельефа участка Кумо-Маньчской впадины

Площадь тестового полигона, тыс. га	1515
Периметр тестового полигона, км	498
Длина тестового полигона, км	141
Ширина тестового полигона, км	107
Средняя экспозиция склонов (Румб/Экспозиция)	Е /92°
Средняя высота рельефа на тестовом полигоне, м	79
Средняя крутизна склона на тестовом полигоне, °	1,7
Средний уклон склона на тестовом полигоне, %	3,0
Максимальная высота рельефа на тестовом полигоне, м	230
Максимальная крутизна склона на тестовом полигоне, °	26
Максимальный уклон на тестовом полигоне, %	50
Минимальная высота рельефа, м	-18
Стандартное отклонение высоты рельефа, м	48
Стандартное отклонение крутизны, °	1,0
Стандартное отклонение уклона, %	2,0

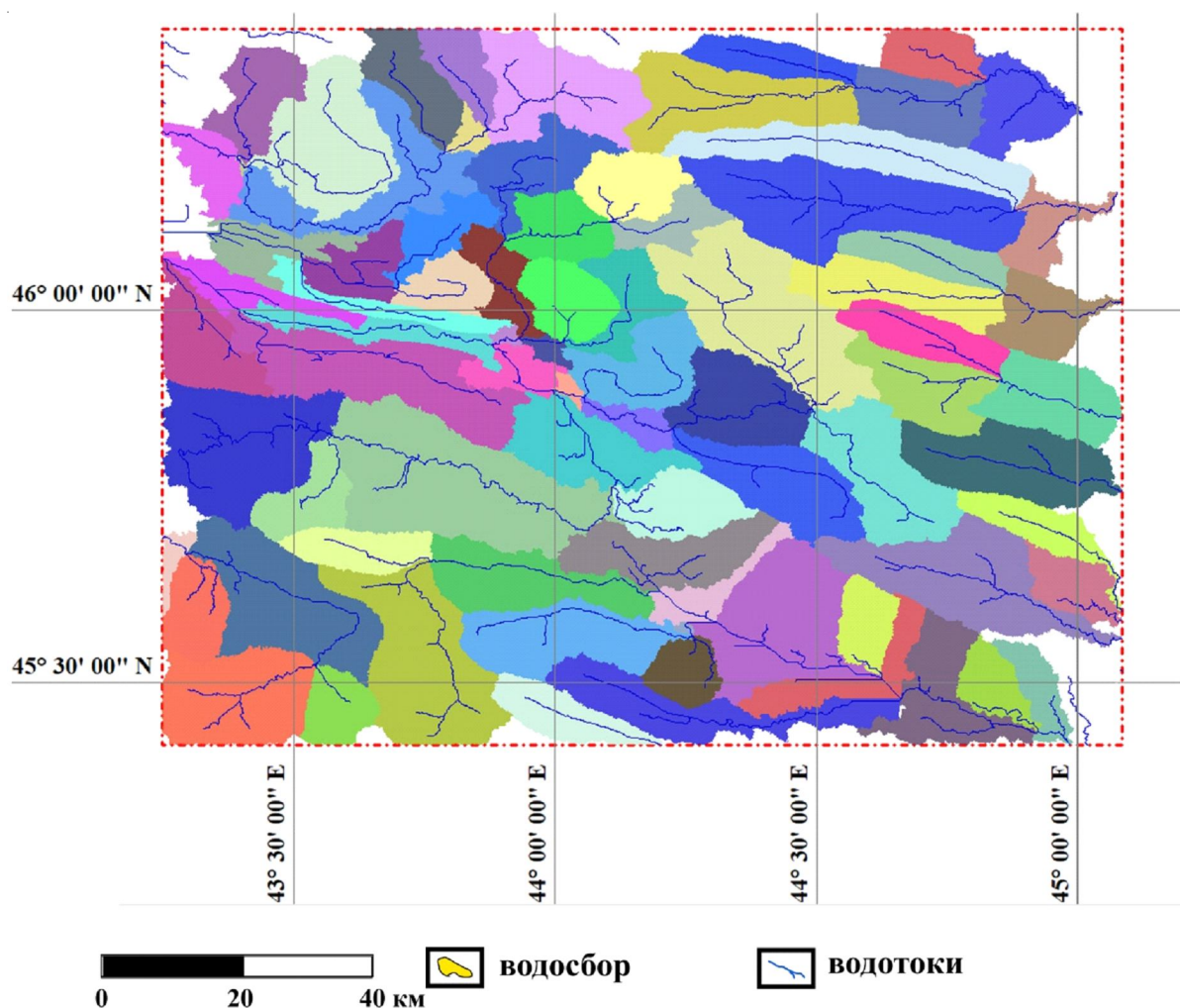


Рис. 2. Карта водосборов участка Кумо-Маньчской впадины

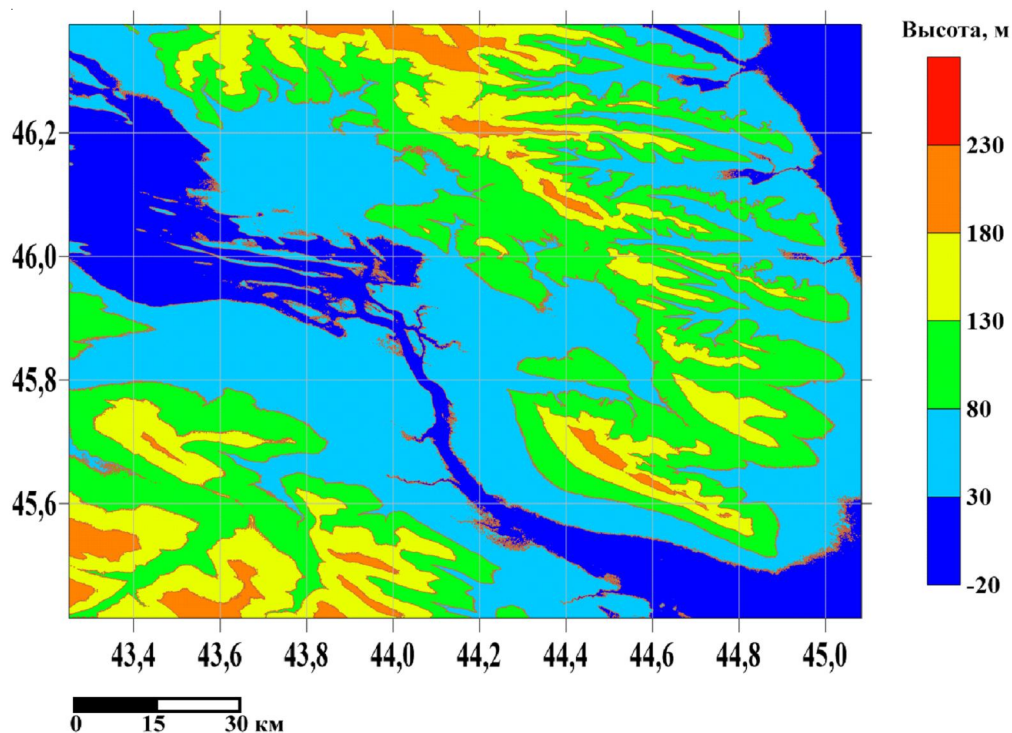


Рис. 3. Карта диапазонов высот Кумо-Манычской впадины

Такая карта дает наглядное представление о пространственном распределении диапазонов высот является основой для вычисления их площадей. По этим данным выделяются ландшафтные районы, приуроченные к таким диапазонам высот.

Изучение распределения площадей диапазонов высот на территории Кумо-Манычской впадины по полученным данным показало, что около 9 % площади (130,8 тыс. га) занимают территории с высотами до 20 м, 47 % площади (708,0 тыс. га) занимают территории

с высотами от 20 до 80 м. Площади территории полигона исследований с высотами 80–140 м занимают 32 % (480,4 тыс. га). Территория с отметками высот выше 140 м занимает 13 % площади полигона (196,1 тыс. га). В таблице 2 приведены данные распределения диапазонов высот по площади.

На рисунке 4 показано распределение площади диапазонов высот Кумо-Манычской впадины. Уточнение пространственного распределения крутизны склонов имеет особое значение для определения деградационной

Таблица 2

Распределение диапазонов высот по площади Кумо-Манычской впадины

Диапазон высот, м	Площадь, пкс	Относительная площадь	Площадь, га
Менее 0	3 398	0,005	6 960
0–20	60 444	0,082	123 808
20–40	124 485	0,168	254 984
40–60	110 745	0,150	226 840
60–80	110 426	0,149	226 187
80–100	92 891	0,126	190 270
100–120	80 723	0,109	165 346
120–140	60 923	0,082	124 789
140–160	44 099	0,060	90 328
160–180	31 453	0,043	64 425
180–200	16 068	0,022	32 912
Более 200	4 130	0,006	8 460
<i>Итого</i>	739 785	0,005	1 515 309



Рис. 4. Распределение площади диапазонов высот Кумо-Маньчской впадины

опасности агроландшафтов, а выделение зон равной крутизны дает возможность оценить использование территории в качестве сельскохозяйственных угодий.

При анализе распределения крутизны склона (рис. 5, 6) выявлено, что 52,7 % (798 тыс. га) территории имеют углы наклона от 0 до 1°, а на 91 % площади крутизна не превышает значение 2,0°. Территории площадью 61, 6 тыс. га (8,3 %) имеют крутизну склона от 2 до 4°, стандартное отклонение крутизны по всей площади 1°. В результате исследований установлено, что рельеф представлен в основном равнинным типом.

Анализ крутизны склонов показал, что их величины незначительны. И учет более или менее значимых значений крутизны для противодеградационной организации агроландшафтов возможен только на основе точного координатного подхода на основе геоинформационных технологий.

Заключение

Исследования показали, что рельеф полигона Кумо-Маньчской впадины в основном имеет равнинный тип, без существенных пе-

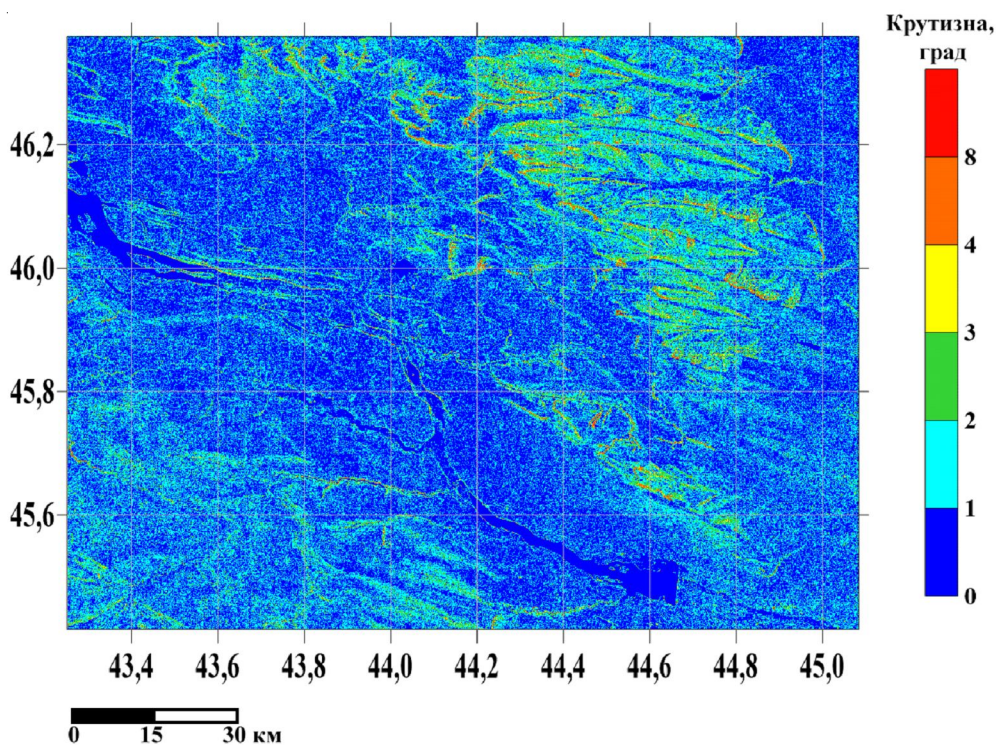


Рис. 5. Карта распределения территории Кумо-Маньчской впадины по крутизне склонов



Рис. 6. Распределение территории Кумо-Манычской впадины по крутизне склонов

репадов, в связи с этим 52,7 % территории полигона (крутизна менее 1°) не опасны с точки зрения возникновения водной эрозии. К особо опасным в эрозионном плане землям (с крутизной более 4°) можно отнести менее 1 % исследуемого полигона. К опасным участкам со склонами крутизной от 2 до 4° – 8,3 % территории, к малоопасным участкам с крутизной от 1 до 2° – 38,2 %. Геоинформационный анализ позволил установить значения высот на выбранном полигоне. Определено, что около 47 % площади полигона исследований размещено в диапазоне высот от 20 до 80 м, площади с высотами 80–140 м занимают 32 %, а с высотами более 140 м занимают 13 %. Крутизна склонов незначительна, 52,7 % территории имеет крутизну менее 1°. Еще 38,2 % склонов имеют крутизну менее 2°. Необработываемые склоны с крутизной более 8° занимают менее 1 % площади полигона.

ПРИМЕЧАНИЕ

¹ Работа выполнена по темам НИР ФНЦ агроэкологии РАН № 122020100311-3, № 122020100405-9 и № 122020100406-6.

The work was carried out on the topics of research of the FSC of Agroecology RAS No. 122020100311-3, No. 122020100405-9 and No. 122020100406-6.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антропогенный морфогенез Кумо-Манычской впадины / П. А. Диденко, И. Ю. Каторгин, Д. В. Юрин, А. Н. Роман // Наука. Инновации. Технологии. – 2020. – № 3. – С. 123–126.

2. Геоинформационные технологии в агролесомелиорации / В. Г. Юферев, К. Н. Кулик, А. С. Рулев [и др.]. – Волгоград : ВНИАЛМИ, 2010. – 102 с.

3. Диденко, П. А. Геоинформационный анализ негативных морфогенетических процессов в полупустынных ландшафтах Кумо-Манычской впадины / П. А. Диденко, Ю. И. Каторгин // Инновационное развитие. – 2016. – Т. 3, № 3. – С. 10–12.

4. Ермолаев, О. П. Пояса эрозии в природно-антропогенных ландшафтах речных бассейнов / О. П. Ермолаев. – Казань : Изд-во КГУ, 1992. – 148 с.

5. Карандеева, М. В. Геоморфология Европейской части СССР / М. В. Карандеева. – М. : Изд-во МГУ, 1957. – 315 с.

6. Книжников, Ю. Ф. Аэрокосмические методы географических исследований : учебник / Ю. Ф. Книжников, В. И. Кравцова, О. В. Тутубалина. – М. : Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.

7. Копылов, И. С. Геоморфологические ландшафты как основа геоэкологического районирования / И. С. Копылов, Б. С. Лунев, О. Б. Наумова, А. В. Маклашин // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 11-10. – С. 2196–2201.

8. Лурье, И. К. Структура и содержание базы пространственных данных для мультимасштабного картографирования / И. К. Лурье, Т. Е. Самсонов // Геодезия и картография. – 2010. – № 11. – С. 17–23.

9. Рулев, А. С. Математико-геоморфологическое моделирование эрозионных ландшафтов / А. С. Рулев, В. Г. Юферев // Геоморфология. – 2016. – № 3. – С. 36–45. – DOI: <https://doi.org/10.15356/0435-4281-2016-3-36-45>

10. Скрыпник, О. Н. Оценка характеристик погрешностей позиционирования комбинированных ГЛОНАСС/GPS приемников / О. Н. Скрыпник, Р. А. Арефьев, Н. Г. Арефьева // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 10-2. – С. 296–301.

11. Шинкаренко, С. С. Последствия пыльных бурь 2020 года на юге европейской части России

/ С. С. Шинкаренко, С. А. Барталев // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2020. – Т. 17, № 7. – С. 270–275.

12. Szaby, G. Slope angle and aspect as influencing factors on the accuracy of the SRTM and the ASTER GDEM databases / G. S. Szaby, K. Singh, S. Szaby // *Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C.* – 2015. – V. 83–84. – P. 137–145. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2015.06.003>

REFERENCES

1. Didenko P.A., Katorgin I.Ju., Jurin D.V., Roman A.N. Antropogennyj morfogenez Kumo-Manychskoj vpadiny [Anthropogenic Morphogenesis of the Kuma-Manych Depression]. *Nauka. Innovatsyi. Tekhnologii* [The Science. Innovation. Technology], 2020, no. 3, pp. 123-126.

2. Juferev V.G., Kulik K.N., Rulev A.S. et al. *Geoinformatsionnye tehnologii v agrolesomelioratsyi* [Geoinformation Technologies in Agroforestry]. Volgograd, VNIALMI Publ., 2010. 102 p.

3. Didenko P.A., Katorgin I.Ju. Geoinformatsionnyj analiz negativnykh morfogeneticheskikh processov v polupustynnykh landshaftakh Kumo-Manychskoj vpadiny [Geoinformation Analysis of Negative Morphogenetic Processes in Semi-Desert Landscapes of the Kuma-Manych Depression]. *Innovatsionnoe razvitie* [Innovative Development], 2016, vol. 3, no. 3, pp. 10-12.

4. Ermolaev O.P. *Poyasa erozii v prirodno-antropogennykh landshaftayh rechnykh bassejnov* [Erosion Belts in Natural-Anthropogenic Landscapes of River Basins]. Kazan', Izd-vo KGU, 1992. 148 p.

5. Karandeeva M.V. *Geomorfologiya Evropejskoj chasti SSSR* [Geomorphology of the European Part of the USSR]. Moscow, Izd-vo MGU, 1957. 315 p.

6. Knizhnikov Ju.F., Kravtsova V.I., Tutubalina O.V. *Ajerokosmicheskie metody geograficheskikh*

issledovanij: uchebnik [Aerospace Methods of Geographical Research: Textbook]. Moscow, Akademija Publ., 2004. 336 p.

7. Kopylov I.S., Lunev B.S., Naumova O.B., Maklashin A.V. Geomorfologicheskie landshafty kak osnova geojekologicheskogo raj'onirovaniya [Geomorphological Landscapes as the Basis of Geocological Zoning]. *Fundamental'nye issledovaniya* [Basic Research], 2014, no. 11-10, pp. 2196-2201.

8. Lur'e I.K., Samsonov T.E. Struktura i sodержanie bazy prostranstvennykh dannykh dlya mul'timasshtabnogo kartografirovaniya [Structure and Content of the Spatial Database for Multiscale Mapping]. *Geodeziya i kartografiya* [Geodesy and Cartography], 2010, no. 11, pp. 17-23.

9. Rulev A.S., Juferev V.G. Matematiko-geomorfologicheskoe modelirovanie jerozionnykh landshaftov [Mathematical and Geomorphological Modeling of Erosional Landscapes]. *Geomorfologiya* [Geomorphology], 2016, no. 3, pp. 36-45. DOI: <https://doi.org/10.15356/0435-4281-2016-3-36-45>

10. Skrypnik O.N., Aref'ev R.A., Aref'eva N.G. Otsenka harakteristik pogreshnostej pozitsionirovaniya kombinirovannykh GLONASS/GPS priemnikov [Evaluation of Characteristics of Positioning Errors of Combined GLONASS/GPS Receivers]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii* [Modern High Technologies], 2019, no. 10-2, pp. 296-301.

11. Shinkarenko S.S., Bartalev S.A. Posledstviya pyl'nykh bur' 2020 goda na juge evropejskoj chasti Rossii [Consequences of Dust Storms in 2020 in the South of the European Part of Russia]. *Sovremennye problemy distancionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing of the Earth from Space], 2020, vol. 17, no. 7, pp. 270-275.

12. Szaby G., Singh S.K., Szaby S. Slope Angle and Aspect as Influencing Factors on the Accuracy of the SRTM and the ASTER GDEM Databases. *Phys. Chem. Earth, Parts A/B/C*, 2015, vol. 83-84, pp. 137-145. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pce.2015.06.003>

Information About the Authors

Valery G. Yuferev, Doctor of Sciences (Agriculture), Professor, Chief Scientific Officer in the Agroforest Landscapes, Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation, yuferevv@vfanc.ru

Alina V. Melikhova, Laboratory Assistant, Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes, Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation; Student Department of Geography and Cartography, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, melihova-a@vfanc.ru

Vera V. Balynova, Laboratory Assistant, Laboratory of Geoinformation Modeling and Mapping of Agroforestry Landscapes, Federal Scientific Center of Agroecology, Complex Melioration and Protective Afforestation of the Russian Academy of Sciences, Prosp. Universitetsky, 97, 400062 Volgograd, Russian Federation; Student, Department of Geography and Cartography, Volgograd State University, Prosp. Universitetsky, 100, 400062 Volgograd, Russian Federation, balinova-v@vfanc.ru

Информация об авторах

Валерий Григорьевич Юферев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, главный научный сотрудник, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, просп. Университетский, 97, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, yuferevv@vfanc.ru

Алина Владимировна Мелихова, лаборант-исследователь, лаборатория геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, просп. Университетский, 97, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация; студент кафедры географии и картографии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, melihova-a@vfanc.ru

Вера Васильевна Балынова, лаборант-исследователь, лаборатория геоинформационного моделирования и картографирования агролесоландшафтов, Федеральный научный центр агроэкологии, комплексных мелиораций и защитного лесоразведения РАН, просп. Университетский, 97, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация; студентка кафедры географии и картографии, Волгоградский государственный университет, просп. Университетский, 100, 400062 г. Волгоград, Российская Федерация, balinova-v@vfanc.ru