

УДК 528.94:912.43:528.932:528.952:004.94(470.345)

**ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ
ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ НА ОСНОВЕ
ГЕОМОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

Тесленок С. А.¹, Муштайкин А. П.², Семина И. А.³

*^{1,2,3}Национальный исследовательский Мордовский государственный университет
им. Н. П. Огарёва», Саранск, Российская Федерация*

E-mail: ¹teslserg@mail.ru, ²anton169@mail.ru, ³isemina@mail.ru

В статье представлен один из вариантов результата возможной оптимизации землепользования для территории Республики Мордовия на основе характеристик рельефа, полученных в ходе геоморфометрического анализа. Изучены процессы как самого такого анализа, так и получения данных для его выполнения. В результате сделан вывод о качестве разработанной и апробированной технологии, возможностях и дальнейших перспективах ее использования.

Ключевые слова: геоморфометрический анализ, цифровые модели рельефа, землепользование, геоинформационное картографирование, сельское хозяйство, Республика Мордовия.

ВВЕДЕНИЕ

Всегда, а в последние годы — особенно, в России повышенное внимание уделялось и уделяется вопросу рационализации использования земель [1]. Наиболее важен этот аспект для сельского хозяйства, так как грамотно организованное и практически реализованное землепользование в этой сфере позволяет значительно повысить ее эффективность, что ведет, в конечном счете, к улучшению продовольственной безопасности страны [2] и увеличению доходов населения за счет расширения экономической деятельности в целом и экспорта в частности [3].

Федеральный закон «О землеустройстве», требуя проводить инвентаризацию качественного и количественного состояния земель [4], никак не определяет конкретного способа оценки, что дает широкие возможности для внедрения в данный процесс разного рода инновационных практик. Поэтому авторы предлагают рассмотреть один из возможных вариантов оптимизации сельскохозяйственного землепользования на основе использования результатов морфометрического и геоморфометрического анализа.

Морфометрический анализ позволяет получать и изучать разнообразные количественные характеристики форм рельефа на основе системы специальных измерений [5, 6, 7]. Роль и значение таких морфометрических характеристик значительны в процессе комплексного изучения и картографирования территорий разного иерархического уровня и масштабной размерности, в ландшафтном планировании и прогнозировании их состояния и дальнейшего развития, при организации и осуществлении инженерно-геологических изысканий и др. [8, 9]. Рельеф и его различные параметры — наиболее важный критерий, используемый и при выделении природно-территориальных комплексов разных классификационных рангов [10, 11, 12]. Развитие геоинформационных систем (ГИС) и сопутствующих технологий значительно облегчило и улучшило процесс геоморфологического

анализа за счет автоматизации базовых процессов и возможности создания высокоточных моделей на основе цифровых моделей рельефа (ЦМР) [8, 9, 13]. Осуществляемый таким образом геоморфометрический анализ растровых ЦМР основан на математической формализации рельефа участка земной поверхности и расчете того или иного его показателя в конкретной точке географического пространства (пикселе) с учетом близлежащего окружения [14].

Получаемые в результате геоморфологического анализа характеристики земной поверхности [8, 14, 15, 16, 17, 18] находят свое применение и в сельском хозяйстве. Они позволяют достаточно легко выявить участки, местная ландшафтная специфика и рельеф которых либо облегчают, либо, напротив, мешают осуществлению и развитию экологически и экономически оптимального, устойчивого и высококачественного земледелия с повышенной урожайностью возделываемых культур, и при необходимости — вычислить их различные параметры и показатели [19]. Особенно примечательна данная технология тем, что позволяет с минимальными экономическими затратами помочь в планировании и развитии территорий, вынужденных функционировать в условиях ограниченных финансовых средств и материально-технических и технологических ресурсов. Выполненный нами геоморфометрический анализ территории Республики Мордовии в этом плане достаточно показателен, так как она слабо изучена с этой точки зрения [20], а сельское хозяйство играет важную роль в экономике региона [21].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Прежде всего, нам необходимо было выявить особенности современного сложившегося землепользования на территории Мордовии. Для этого в ГИС ArcGIS, обладающей широким функционалом для создания карт и осуществления пространственного (в том числе и геоморфологического) анализа [22], были подгружены слои географических данных, созданные сотрудниками географического факультета МГУ им. Огарева и откорректированные в ходе выполнения соответствующего проекта [23, 24]. На основе этих слоев были вычислены площади, занимаемые землями несельскохозяйственного назначения (населенными пунктами, инфраструктурными объектами, землями промышленного значения (в том числе местами добычи полезных ископаемых, свалками); объектами рекреации, особо охраняемыми природными территориями и акваториями, водными объектами; землями иного назначения (военными частями и полигонами); а также никак не используемыми землями) и лесохозяйственного значения (лесными массивами, задействованные в экономической деятельности; отдельными вырубками и посадками; защитными насаждениями – полезащитными лесными полосами и кустарниками).

Далее для определения особенностей пространственного расположения и занимаемых площадей земель сельскохозяйственного значения (пашенные угодья; пастбища и сенокосы; фруктовые сады, многолетние насаждения и пасеки) было осуществлено подключение в состав геоинформационного проекта [25] данных Государственного земельного кадастра Российской Федерации с соответствующих серверов [26], что позволило напрямую оттуда выгрузить слои с классификацией

**ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ
ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ НА ОСНОВЕ
ГЕОМОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

сельскохозяйственных участков по типу землепользования. В результате нами была получена качественная и всеобъемлющая картографическая информация о землепользовании на территории Республики Мордовия в настоящее время (рис. 1), а средствами анализа полигонов ГИС ArcGIS рассчитана доля каждого типа землепользования в общей площади территории республики (табл. 1). Все представленные в статье картографические материалы составлены авторами.

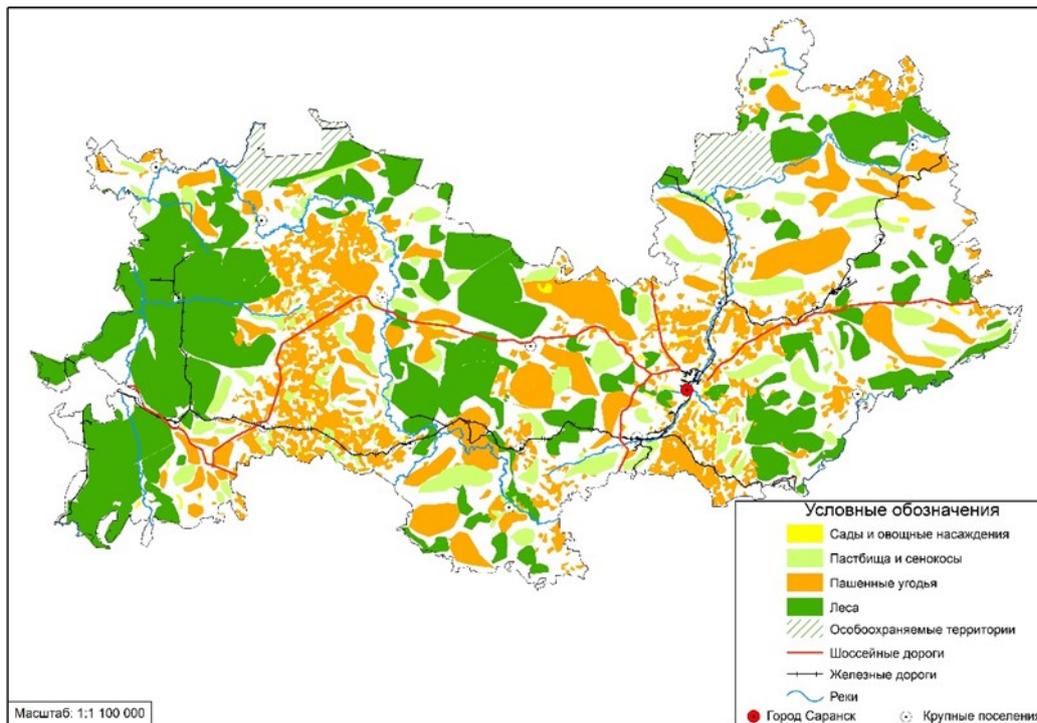


Рис. 1. Современное землепользование на территории Республики Мордовия.

Таблица 1.

Текущее землепользование на территории Республики Мордовия

| Территория, тип землепользования | | Доля во всей территории региона (%) |
|----------------------------------|---|-------------------------------------|
| Несельскохозяйственная | | 10,1 |
| Сельскохозяйственная | фруктовые сады, пасеки и многолетние насаждения | 3,4 |
| | пастбища и сенокосы | 22,3 |
| | пашни | 37,9 |
| Лесохозяйственная | | 26,3 |

После этого в состав геoinформационного проекта [25] был загружен слой горизонталей с высотой сечения рельефа 10 м из указанного ранее источника [23, 24].

На их основе с помощью инструментала ГИС ArcGIS создана ЦМР, на основе которой был получен ряд геоморфометрических характеристик.

Первая из них, экспозиция (рис. 2), отображает направление поверхностей склонов. Для регионов Средней полосы России, таких, как Республика Мордовия, она играет важную роль. Так, на «теплых» склонах ЮВ, Ю и ЮЗ экспозиций с соответствующими показателями уклонов продолжительность солнечного сияния и количество поступающей солнечной радиации (и, соответственно, фотосинтетическая производительность земель) достигает здесь таких же значений, что и у плоских участков территорий, расположенных на 500 км южнее. В свою очередь «холодные» СЗ, С и СВ склоны испытывают дефицит солнечного сияния и тепла, что снижает их биологическую продуктивность [18]. Экспозиция склонов также оказывает косвенное влияние и на такие разнонаправленные процессы, как интенсивность почвообразования и проявление и развитие эрозии земель [27].

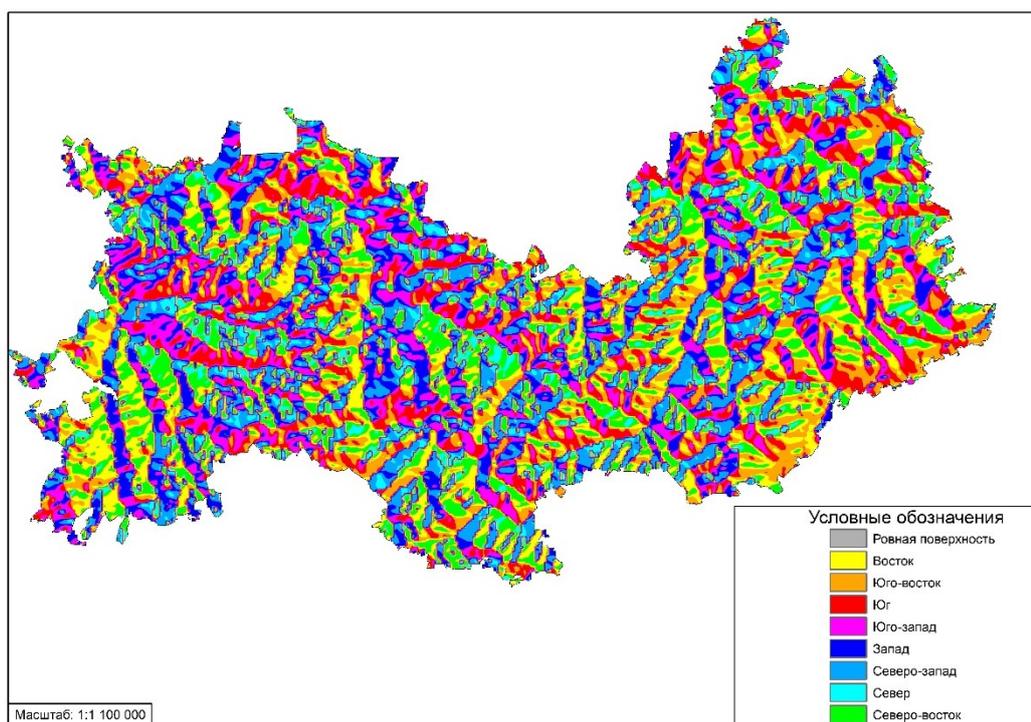


Рис. 2. Экспозиция склонов на территории Республики Мордовия.

Другая, уклон (рис. 3), отображает вертикальный угол, образованный линией местности и горизонтальной плоскостью. Этот показатель влияет на увлажнение и эрозию почвы, а также на возможности и эффективность применения сельскохозяйственной техники [28].

**ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ
ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ НА ОСНОВЕ
ГЕОМОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

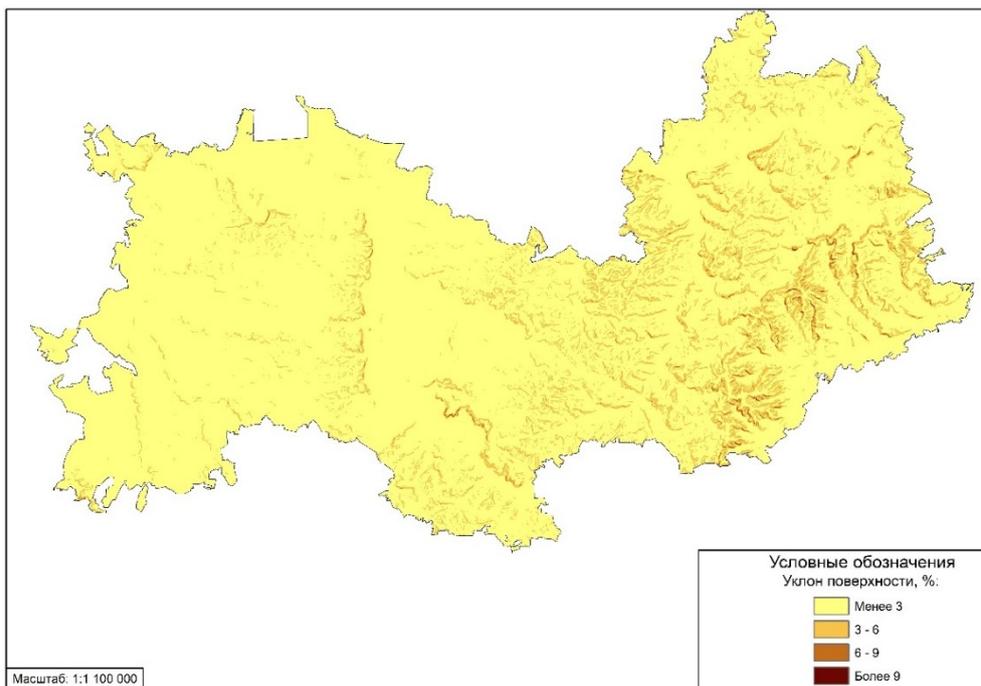


Рис. 3. Уклоны поверхности на территории Республики Мордовия.

Далее была составлена таблица (табл. 2) соответствия отдельных геоморфологических характеристик, полученных в ходе нашего анализа, и соответствующих им рекомендуемых типов землепользования [29, 30, 31]. Согласно этим данным, из векторных полигонов были экспортированы отдельные слои для каждой конкретной характеристики. С помощью инструмента «Объединение» программы ArcGIS они были объединены согласно типу землепользования.

Таблица 2.

Связь между геоморфологическими характеристиками и типами землепользования

| Территория, тип землепользования | | Морфометрические характеристики типа |
|----------------------------------|--|--|
| Сельскохозяйственная | фруктовые сады, пасеки и многолетние насаждения | Территории с уклонами > 9°; территории с уклоном от 6 до 9° и между В и З экспозициями включительно, вблизи населенных пунктов |
| | пастбища и сенокосы | Территории с уклонами от 3 до 6° между В и З экспозициями включительно; территории от 6 до 9° ЮВ, Ю и ЮЗ экспозиции |
| | пашни | Территории с уклонами менее 3°, территории с уклонами от 3 до 6° ЮВ, Ю и ЮЗ экспозиции |
| Лесохозяйственная | | Территории с уклонами более 9°; территории с уклоном от 6 до 9° и между В и З экспозициями включительно |

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты анализа подтверждают, что в западной и центральной частях республики морфометрические показатели рельефа благоприятствуют реализации процессов хозяйственного освоения в сферах сельского хозяйства, садоводства, строительства (прежде всего по небольшим показателям крутизны склонов и вертикального и горизонтального расчленения). Лимитирующими факторами здесь может быть только переувлажненность и заболоченность территории. В восточной же части Мордовии, в условиях значительных показателей расчленения рельефа и уклонов, освоение территории без соблюдения надлежащих мер и применения комплекса соответствующих мероприятий, существенно усиливает риск развития эрозионных процессов. Поэтому именно эти территории можно было бы в большей степени рекомендовать для развития лесного хозяйства, тем более учитывая их достаточно высокую селитебную, сельскохозяйственную и промышленную освоенность.

В итоге нами был получен один из возможных вариантов землепользования региона, оптимизированного на основе геоморфологического анализа, и составлена соответствующая карта (рис. 4). Далее, по уже известной и представленной выше схеме, рассчитана доля каждого из типов землепользования в их общей структуре (табл. 3). Имея новые данные, соответствующие предлагаемому варианту оптимизации структуры землепользования, можно провести их сравнение с существующими в настоящее время (табл. 4).

Таблица 3.

Землепользование на территории Республики Мордовия, оптимизированное по результатам геоморфометрического анализа

| Территория, тип землепользования | | Доля во всей территории региона, % |
|----------------------------------|---|------------------------------------|
| Несельскохозяйственная | | 10,1 |
| Сельскохозяйственная | фруктовые сады, пасеки и многолетние насаждения | 6,7 |
| | пастбища и сенокосы | 24,3 |
| | пашни | 49,8 |
| Лесохозяйственная | | 9,1 |

Таблица 4.

Сравнение структуры текущего и оптимизированного землепользований

| Территория, тип землепользования | | Разница текущего к оптимизированному (%) |
|----------------------------------|---|--|
| Сельскохозяйственная | фруктовые сады, пасеки и многолетние насаждения | +3,3 |
| | пастбища и сенокосы | +2 |
| | пашни | +11,9 |
| Лесохозяйственная территория | | -12,2 |

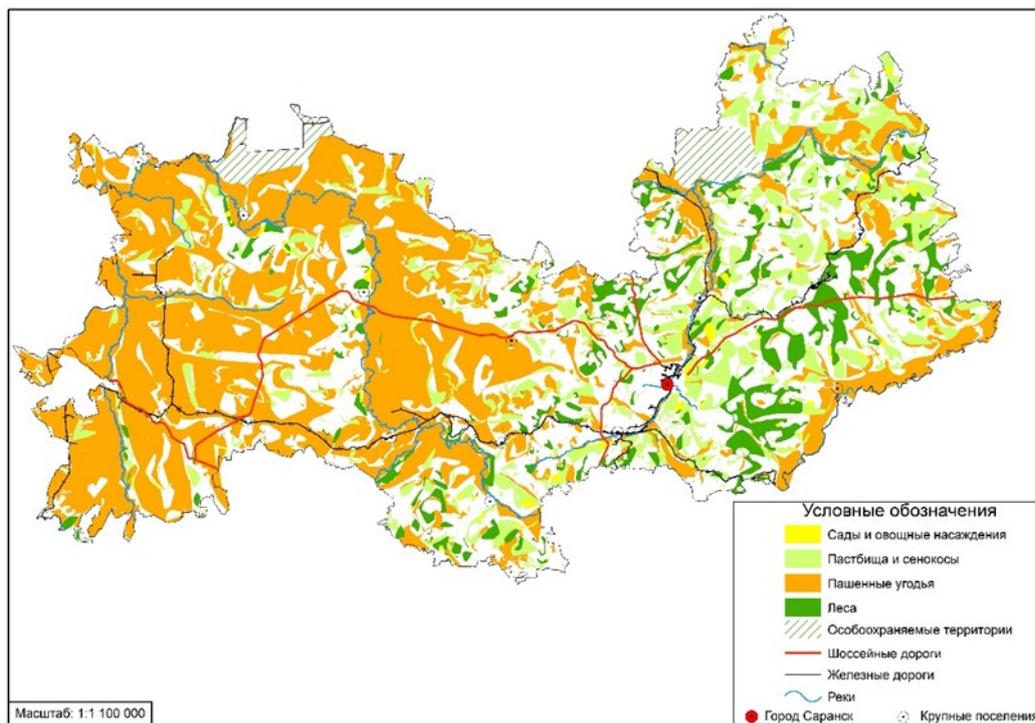


Рис. 4. Один из вариантов трансформации землепользования на территории Республики Мордовия, оптимизированного по результатам геоморфометрического анализа.

ВЫВОДЫ

Впервые для всей территории Республики Мордовия на основе результатов геоморфологического анализа был предложен и просчитан один из возможных вариантов трансформации сложившегося к настоящему времени землепользования с целью его оптимизации.

Были получены результаты, раскрывающие агрохозяйственный потенциал большой по площади лесохозяйственной территории в качестве пригодной для экономически более выгодной сельскохозяйственной деятельности. Конечно же, полученные данные необходимо дополнительно анализировать уже с учетом прочих факторов, таких как конкретный тип почвы, избыточное увлажнение и заболоченность территории, а также ее транспортная доступность. Но предлагаемую разработанную и апробированную [19] автоматизированную и весьма бюджетную технологию можно рекомендовать к применению и для изучения других территорий с целью повышения качества использования земель.

При анализе полученных данных было установлено, что по результатам одного из возможных вариантов оптимизации землепользования в Республике Мордовия, выполненной на основе учета геоморфометрических характеристик рельефа,

площадь пашенных угодий может возрасти на 3 109 км² (+11,9%), фруктовых садов, пастбищ и многолетних насаждений – на 549 км² (+3,3%), а пастбищ и сенокосов – на 862 км² (+2%) (см. табл. 4). При этом уменьшится (–12,2%) площадь менее экономически выгодных (правда имеющих важное экологическое ресурсо- и средостабилизирующее значение) лесохозяйственных земель.

Список литературы

1. Вершинин В. В., Мурашева А. А., Широкова В. А., Шуравилин А. В. Экология землепользования: учебное пособие. М.: Издательские Технологии, 2015. Т. 8. 335 с.
2. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.scrf.gov.ru/security/economic/document108/> (дата обращения: 18.07.2022).
3. Демидова А. Е. Роль экспорта в обеспечении развития АПК России // Международный научно-исследовательский журнал, 2019. № 3 (81). С. 95–97.
4. Российская Федерация. Законы. О землеустройстве [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_32132 (дата обращения: 18.07.2022).
5. Ласточкин А. Н. Место морфологии в науке о рельефе. М.: Научный мир, 2004. 344 с.
6. Симонов Ю. Г. Морфометрический анализ рельефа. Смоленск: Издательство Смоленского государственного университета, 1998. С. 121–128.
7. Тесленок С. А. Использование карт [Электронный ресурс]. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2021. Режим доступа: http://openedo.mrsu.ru/pluginfile.php/130240/mod_resource/content/1/Использование%20карт.pdf (дата обращения: 18.07.2022).
8. Тесленок С. А., Манухов В. Ф., Тесленок К. С. Цифровое моделирование рельефа Республики Мордовия // Геодезия и картография. 2019. № 7. С. 30–38.
9. McGarigal K., Tagil S., Cushman S.A. Surface metrics: an alternative to patch metrics for the quantification of landscape structure. *Landscape Ecology*. 2009. Vol. 24. Pp. 433–450.
10. Тесленок С. А., Манухов В. Ф. Ландшафтная ГИС в физико-географическом районировании первого порядка // Геодезия и картография. 2010. № 1. С. 46–51.
11. Шихов А. Н., Черепанова Е. С., Пьянков С. В. Геоинформационные системы. Методы пространственного анализа. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2017. 88 с.
12. Magagna A., Giardino M., Perotti L., Ferrero E. Geoscience education research merging smartphone-aided field trips and Google Earth for geomorphologic landscape analysis. *GSA Annual Meeting, At Baltimore, Maryland, USA, Vol.: Geological Society of America Abstracts with Programs*. 2015. Vol. 47. No. 7. P.188.
13. Дроздов С. Л., Сладкопечев С. А. Дистанционные методы оценки природных ресурсов (рельеф и почвы). М.: МИИГАиК, 2015. 178 с.
14. Свидзинская Д. Основные геоморфометрические параметры: теория // GIS-Lab теория [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://gis-lab.info/qa/geomorphometric-parameters-theory.html> (дата обращения: 18.07.2022).
15. Семёнчик А. Г. Геоморфометрический анализ в ГИС // Электронная библиотека БГУ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://elib.bsui.by/bitstream/123456789/191783/1/326-329.pdf> (дата обращения: 18.07.2022).
16. Hengl T., Reuter H.I. (Eds.) *Geomorphometry: Concepts, Software, Applications. Developments in Soil Science*, vol. 33. Amsterdam: Elsevier, 2008. 772 p.
17. Li Z., Zhu Q., Gold C. *Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology*. CRC Press, 2004. 323 p.
18. Moore I. D., Grayson R. B., Ladson A. R. Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications// *Hydrological Processes*. 1991, 5 (1). P. 3–30.
19. Тесленок К. С., Муштайкин А. П., Тесленок С. А. Изучение особенностей сельскохозяйственных угодий с использованием цифровых моделей рельефа. ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий: Материалы Междунар. конф. М.: Издательство Московского университета, 2020. Т. 26. Ч. 3. С. 221–228.
20. Каверин А. В. Экологическое планирование использования земельных ресурсов Мордовии // Вестник Мордовского университета, 1992. № 4. С. 57–62.

**ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ
ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ НА ОСНОВЕ
ГЕОМОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

21. Ямашкин А. А. Геоэкологический анализ процесса хозяйственного освоения ландшафтов Мордовии. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2001. 232 с.
22. Преимущества ArcGIS: Изучение ГИС [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://learn.arcgis.com/ru/paths/getting-to-know-the-pixel-editor-in-arcgis> (дата обращения: 18.07.2022).
23. Ютяева Д. Н., Тесленок С. А., Буцацкая Н. В., Тесленок К. С. Подготовка растровых картографических материалов для геоинформационного картографирования и моделирования // Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы VI (заочной) Всерос. научно-практич. конф. (Воронеж, 20 нояб. 2014 г.). Воронеж: Научная книга, 2014. С. 119–130.
24. Тесленок С. А., Тесленок К. С., Ютяева Д. Н., Васильковская Е. А. Методика создания и современное состояние цифровой карты рельефа Республики Мордовия // География та туризм. 2014. Вип. 27. С. 251–258.
25. Тесленок К. С. Создание геоинформационного проекта и его использование в целях развития хозяйственных систем. Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы VII Всерос. науч.-практич. конф. (Воронеж, 10-12 дек. 2015 г.). Воронеж: Научная книга, 2015. С. 134-138.
26. Публичная кадастровая карта [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pkk.rosreestr.ru/> (дата обращения: 18.07.2022).
27. Геворкян Ф. С. О комплексных геоморфологических показателях для характеристики эрозионного расчленения // Геоморфология, 1972. № 3. С. 44–48.
28. Захаров П. С. Эрозия почв и меры борьбы с ней. М.: Колос, 1971. 191 с.
29. Кириллова А. В. Эколого-геоморфологическое районирование территории Удмуртии: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.; Рос. акад. наук. Ин-т. географии, 2017. 173 с.
30. Тульская Н. И. Эколого-геоморфологическое картографирование территории субъекта Российской Федерации: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. М.; Рос. акад. наук. Ин-т. географии, 2003. 23 с.
31. Яцухно В. М., Кузьмин С. И., Качков Ю. П. Эколого-географическое обоснование аграрного природопользования (на примере холмисто-моренного рельефа) // Геоморфология, 1994. № 4. С. 31–37.

**POSSIBILITIES OF OPTIMIZING THE STRUCTURE OF LAND USE
IN THE REPUBLIC OF MORDOVIA BASED
ON GEOMORPHOMETRIC ANALYSIS**

Mushtaikin A. P.¹, Teslenok S. A.², Semina I. A.³

*^{1,2,3}Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russian Federation
E-mail: ¹anton169@mail.ru, ²teslserg@mail.ru, ³isemina@mail.ru*

In recent years in Russia, increased attention has been paid to the issue of rational use of land. It is most important for agriculture, as competent land use in this area allows to significantly increase its efficiency, which leads to improvement of food security of the country and increase in incomes of the population due to export expansion. The authors decided to consider the possibility of land optimization by means of geomorphological and geomorphometric analysis.

Geomorphological and geomorphometric analysis allows to obtain and study a variety of quantitative characteristics of landforms on the basis of a system of special measurements. The role and importance of such morphometric characteristics are significant in the process of comprehensive study and mapping of territories of different hierarchical level and scale dimension, in landscape planning and forecasting of their condition and further development, in the organization and implementation of engineering-geological surveys, etc. The relief and its various parameters are the most important criterion used also in

distinguishing natural-territorial complexes of different classification ranks. The development of geoinformation systems (GIS) has greatly facilitated and improved the process of geomorphological analysis due to the automation of basic processes and the possibility of creating highly accurate models based on digital elevation models (DEM).

The characteristics obtained as a result of geomorphometric analysis are also used in agriculture. They make it quite easy to identify areas whose local landscape specificity and relief either facilitates or, on the contrary, hinders the implementation and development of quality agriculture and increased crop yields, and, if necessary, to calculate their various parameters and indicators. This technology is especially noteworthy in that it can help underfunded areas with minimal economic costs in planning. The geomorphometric analysis of the territory of the Republic of Mordovia in this respect is indicative, since it is poorly studied from this point of view, and agriculture plays an important role in its economy.

In the course of the work, the current land use was determined on the basis of the initial geographical data. Then, using the relief data, a DEM was created, and with its help, exposure and slope values were obtained. Following the guidelines for the correspondence of individual geomorphological characteristics obtained in the course of our analysis and the land use types recommended by them, the most optimal land use was obtained on the basis of the geomorphometric relief data. According to it comes out that by reducing the less economically effective lands of forestry value, it is possible to increase the area of arable land by more than 10 percent, and pastures with orchards by 2 and 3 percent, respectively.

Thus, for the first time the optimal land use was calculated for the whole territory of the Republic of Mordovia based on the results of the geomorphometric analysis.

Promising results were obtained, revealing to us the potential of a large by area forest area as suitable for more profitable agricultural activities. Of course, the data obtained must be analyzed further by taking into account other factors such as soil type, excessive moisture, and transport accessibility. But the developed automated and very budgetary technology can be recommended for use in the study of other areas in order to improve the quality of land use.

Keywords: geomorphometric analysis, digital elevation models, land use, geographic information mapping, agriculture, Republic of Mordovia.

References

1. Vershinin V. V., Murasheva A. A., SHirokova V. A., SHuravilin A. V. *Ekologiya zemlepol'zovaniya: uchebnoe posobie* (Ecology of land use: textbook). Moscow: Izdatel'skie Tekhnologii (Publ.), 2015. Vol. 8. P. 335. (in Russian).
2. Doktrina prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii (Food Security Doctrine of the Russian Federation) [Elektronnyj resurs]. URL: <http://www.scrf.gov.ru/security/economic/document108/> (application: 12.07.2022). (in Russian).
3. Demidova A. E. Rol' eksporta v obespechenii razvitiya APK Rossii (The role of exports in the development of the agroindustrial complex of Russia) // *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*, 2019. No. 3 (81). pp. 95–97. (in Russian).
4. Rossijskaya Federaciya. Zakony. O zemleustrojstve (Russian Federation. Laws. On Land Management) [Elektronnyj resurs]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_32132 (application: 12.07.2022). (in Russian).

ВОЗМОЖНОСТИ ОПТИМИЗАЦИИ СТРУКТУРЫ
ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ МОРДОВИЯ НА ОСНОВЕ
ГЕОМОРФОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

5. Lastochkin A. N. Mesto morfologii v nauke o rel'efe (The place of morphology in the science of relief). Moscow: Nauchnyj mir (Publ.), 2004. P. 344. (in Russian).
6. Simonov YU. G. Morfometricheskij analiz rel'efa (Morphometric analysis of relief). Smolensk: Izdatel'stvo Smolenskogo gosudarstvennogo universiteta (Publ.), 1998. Pp. 121–128. (in Russian).
7. Teslenok S. A. Ispol'zovanie kart (Using maps) [Elektronnyj resurs]. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 2021. URL: http://openedo.mrsu.ru/pluginfile.php/130240/mod_resource/content/1/Использование%20карт.pdf (application: 18.07.2022). (in Russian).
8. Teslenok S. A., Manuhov V. F., Teslenok K. S. Cifrovoe modelirovanie rel'efa Respubliki Mordoviya (Digital elevation modeling of the Republic of Mordovia) // Geodeziya i kartografiya. 2019. No. 7. pp. 30–38. (in Russian).
9. McGarigal K., Tagil S., Cushman S.A. Surface metrics: an alternative to patch metrics for the quantification of landscape structure. *Landscape Ecology*. 2009. Vol. 24. pp. 433–450. (in English).
10. Teslenok S. A., Manuhov V. F. Landshaftnaja GIS v fiziko-geograficheskom rajonirovanii pervogo porjadka (Landscape GIS in first-order physical and geographical zoning) // Geodeziya i kartografiya. 2010. No. 1. P. 46–51. (in Russian).
11. Shihov A. N., Cherepanova E. S., P'yankov S. V. Geoinformacionnye sistemy. Metody prostranstvennogo analiza (Geographic information systems. Methods of spatial analysis). Perm': Perm. gos. nac. issled. un-t (Publ.), 2017. P. 88. (in Russian).
12. Magagna A., Giardino M., Perotti L., Ferrero E. Geoscience education research merging smartphone-aided field trips and Google Earth for geomorphologic landscape analysis. GSA Annual Meeting, At Baltimore, Maryland, USA, Vol.: Geological Society of America Abstracts with Programs. 2015. Vol. 47. No. 7. P. 188. (in English).
13. Drozdov S. L., Sladkopezcev S. A. Distancionnye metody ocenki prirodnyh resursov (rel'ef i pochvy) (Remote methods of natural resource assessment (topography and soils)). Moscow: MIIGAiK (Publ.), 2015. P. 178. (in Russian).
14. Svidzinskaja D. Osnovnye geomorfometricheskie parametry: teorija (The main geomorphometric parameters: theory) // GIS-Lab teorija [Elektronnyj resurs]. URL: <https://gis-lab.info/qa/geomorphometric-parameters-theory.html> (application: 18.07.2022). (in Russian).
15. Semjonchik A. G. Geomorfometricheskij analiz v GIS // Jelektronnaja biblioteka BGU (Geomorphometric analysis in GIS) [Elektronnyj resurs]. URL: <https://elib.bsu.by/bitstream/123456789/191783/1/326-329.pdf> (application: 18.07.2022). (in Russian).
16. Hengl T., Reuter H.I. (Eds.) Geomorphometry: Concepts, Software, Applications. Developments in Soil Science. Vol. 33. Amsterdam: Elsevier, 2008. 772 p. (in English).
17. Li Z., Zhu Q., Gold C. Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology. CRC Press, 2004. 323 p. (in English).
18. Moore I. D., Grayson R. B., Ladson A. R. Digital terrain modelling: A review of hydrological, geomorphological, and biological applications // *Hydrological Processes*. 1991, 5 (1). P. 3–30. (in English).
19. Teslenok K. S., Mushtaikin A. P., Teslenok S. A. Izuchenie osobennostej sel'skohozyajstvennyh ugodij s ispol'zovaniem cifrovych modelej rel'efa (Study of agricultural land features using digital elevation models). InterKarto. InterGIS. Geoinformacionnoe obespechenie ustojchivogo razvitiya territorij: Materialy Mezhdunar. konf. Moscow: Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta (Publ.), 2020. Vol. 26. No. 3. Pp. 221–228. (in Russian).
20. Kaverin A. V. Ekologicheskoe planirovanie ispol'zovaniya zemel'nyh resursov Mordovii (Environmental planning for the use of land resources in Mordovia) // *Vestnik Mordovskogo universiteta*, 1992. No 4. pp. 57–62. (in Russian).
21. Yamashkin A. A. Geoekologicheskij analiz processa hozyajstvennogo osvoeniya landshaftov Mordovii (Geoeological analysis of the process of economic development of landscapes in Mordovia) Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta (Publ.), 2001. P. 232. (in Russian).
22. Preimushchestva ArcGIS: Izuchenie GIS (The Benefits of ArcGIS: Exploring GIS) [Elektronnyj resurs]. URL: <https://learn.arcgis.com/ru/paths/getting-to-know-the-pixel-editor-in-arcgis> (application: 12.07.2022). (in Russian).
23. Yutyaeva D. N., Teslenok S. A., Buchackaya N. V., Teslenok K. S. Podgotovka rastrovych kartograficheskikh materialov dlya geoinformacionnogo kartografirovaniya i modelirovaniya (Preparation of raster cartographic materials for geoinformation mapping and modeling) // Geoinformacionnoe kartografirovanie v regionah Rossii: materialy VI (zaочноj) Vseros. nauchno-praktich. konf. (Voronezh, 20 noyab. 2014 g.). Voronezh: Nauchnaya kniga (Publ.), 2014. Pp. 119–130. (in Russian).
24. Teslenok S. A., Teslenok K. S., Yutyaeva D. N., Vasil'kovskaja E. A. Metodika sozdaniya i sovremennoe

- sostojanie cifrovoj karty rel'efa Respubliki Mordovija (Methodology of creation and current state of the digital relief map of the Republic of Mordovia) // *Geografija ta turizm*. 2014. Issue 27. Pp. 251–258. (in Russian).
25. Teslenok K.S. Creation of the geoinformation project and its use for the development of economic systems. Geoinformation mapping in the regions of Russia: materials of the VII All-Russian scientific-practical conference. (Voronezh, 10-12 December 2015). Voronezh: Scientificbook, 2015. P. 134-138. (in Russian).
 26. Publichnaya kadastravaya karta (Public cadastral map) [Elektronnyj resurs]. URL: <https://pkk.rosreestr.ru/> (application: 12.07.2022). (in Russian).
 27. Gevorkyan F. S. O kompleksnyh geomorfologicheskikh pokazatelyah dlya harakteristiki erozionnogo raschleneniya (On complex geomorphological indicators to characterize erosional dissection) // *Geomorfologiya*, 1972. No 3. Pp. 44–48. (in Russian).
 28. Zaharov P. S. Eroziya pochv i mery bor'by s nej (Soil erosion and measures to combat it). Moscow: Kolos (Publ.), 1971. P. 191. (in Russian).
 29. Kirillova A. V. Ekologo-geomorfologicheskoe rajonirovanie territorii Udmurtii (Ecological and geomorphological zoning of the territory of Udmurtia): PhD thesis. Moscow; Ros. akad. nauk. In-t. geografii (Publ.), 2017. P. 173. (in Russian).
 30. Tul'skaya N. I. Ekologo-geomorfologicheskoe kartografirovanie territorii sub'ekta Rossijskoj Federacii (Ecological-geomorphological mapping of the territory of the subject of the Russian Federation): PhD thesis. Moscow; Ros. akad. nauk. In-t. geografii (Publ.), 2003. P. 23. (in Russian).
 31. Yacuhno V. M., Kuz'min S. I., Kachkov Yu. P. Ekologo-geograficheskoe obosnovanie agramogo prirodopol'zovaniya (na primere holmisto-morennogo rel'efa) (Ecological and geographical justification of agrarian nature management (on the example of hilly-marine relief)) // *Geomorfologiya*, 1994. No 4. Pp. 31–37. (in Russian).

Поступила в редакцию 23.08.2022 г.