

УДК 502.63(2):551.43
DOI: 10.18799/24131830/2025/3/4664
Шифр специальности ВАК: 1.6.21

Комплексная морфометрическая оценка рельефа Еврейской автономной области средствами геоинформационных систем

М.В. Горюхин✉

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, Россия, г. Биробиджан

✉ goruhin@mail.ru

Аннотация. Актуальность. Рельеф является основой для ландшафтных, ландшафтно-геохимических, почвенных, геоботанических и других видов исследований. **Цель.** Оценка эрозионной опасности рельефа Еврейской автономной области. **Объект.** Рельеф Еврейской автономной области. **Методы.** Оценка рельефа производилась на основе цифровых моделей SRTM с размером ячейки растра 90×90 м. Произведено объединение нескольких снимков в один с последующим кадрированием итогового слоя по маске для выделения района исследования. Для расчёта комплексного морфометрического показателя и оценки эрозионной опасности рельефа создан векторный полигональный слой с размером ячейки 1×1 км. Непосредственно из цифровой модели рельефа извлечены медианные значения уклонов поверхностей, экспозиции склонов, максимальной и минимальной абсолютной высоты для каждой полигональной ячейки. Вертикальная расчлененность рельефа рассчитана как разница между максимальным и минимальным значением высоты рельефа над уровнем моря. Для выявления пространственной дифференциации эрозии рассчитана горизонтальная расчлененность рельефа, т. е. длина эрозионной сети в км на 1 км² территории. Произведена гидрологическая коррекция цифровой модели рельефа, и восстановлена гидросеть. С помощью операции «сумма расстояний в полигонах» рассчитаны значения длины эрозионной сети для каждой полигональной ячейки площадью 1 км². Параметры всех слоёв сведены в единую таблицу, им присвоен балл в зависимости от значения показателя. Комплексный показатель рассчитан как сумма баллов всех показателей. **Результаты.** Построена оценочная карта эрозионной опасности рельефа Еврейской автономной области. Установлено, что низкое значение эрозионной опасности характерно для 88,56 % территории региона, среднее – для 11,42 %, а доля территории с высоким значением эрозионной опасности составляет всего 0,02 %.

Ключевые слова: рельеф, эрозионная опасность, цифровая модель рельефа, SRTM, Еврейская автономная область, морфометрический анализ, геоинформационные системы

Для цитирования: Горюхин М.В. Комплексная морфометрическая оценка рельефа Еврейской автономной области средствами геоинформационных систем // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2025. – Т. 336. – № 3. – С. 155–162. DOI: 10.18799/24131830/2025/3/4664

UDC 502.63(2):551.43
DOI: 10.18799/24131830/2025/3/4664

Complex morphometric evaluation of a Jewish Autonomous Region relief by means of geographic information systems

M.V. Goryukhin✉

Institute for Comprehensive Analysis of Regional Problems Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Birebidszhan, Russian Federation

✉ goruhin@mail.ru

Abstract. Relevance. The relief is the basis for landscape, landscape-geochemical, soil and plant association studies, soil erosion, etc. **Aim.** Evaluation of the erosion hazard of the relief of the Jewish Autonomous Region. **Object.** Relief of the Jewish

Autonomous Region. **Methods.** The relief was estimated on the basis of SRTM with a raster cell size of 90×90 m. Several images were combined into one with subsequent framing of the final layer by mask to highlight the study area. To calculate a complex morphometric indicator and assess the erosion hazard of the relief, a vector polygonal layer with a cell size of 1×1 km was created. Median values of surface slopes, slope exposures, maximum and minimum absolute heights for each polygonal cell were extracted directly from the digital relief model. The vertical dissection of the relief is calculated as the difference between the maximum and minimum elevation of the relief above sea level. To identify the spatial differentiation of erosion, the horizontal dissection of the relief was calculated, i. e. the length of the erosion network in km per 1 km² of the territory. A hydrological correction of the digital relief model was made and the hydro grid was restored. Using the operation "sum of distances in polygons", the values of the length of the erosion network for each polygon cell with an area of 1 km² are calculated. The parameters of all layers are summarized in a single table, they are assigned a score, depending on the value of the indicator. The complex indicator is calculated as the sum of the scores of all indicators. **Results.** The author has constructed the estimated map of the erosion hazard of the relief of the Jewish Autonomous Region. It was found that a low value of erosion hazard is typical for 88.56% of the region territory, the average for 11.42%, and the share of the territory with a high value of erosion hazard is only 0.02%.

Keywords: relief, erosion hazard, digital relief model, SRTM, Jewish Autonomous Region, morphometric analysis, geographic information systems

For citation: Goryukhin M.V. Complex morphometric evaluation of a Jewish Autonomous Region relief by means of geographic information systems. *Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2025, vol. 336, no. 3, pp. 155–162. DOI: 10.18799/24131830/2025/3/4664

Введение

С рельефом и горными породами напрямую или опосредованно связаны все компоненты окружающей природной среды. При этом роль рельефа главным образом сводится к перераспределению в пространстве тепла, влажности и освещения, что сказывается на формировании растительного покрова [1, 2].

Изучение морфометрических характеристик рельефа – основа для исследований в области ландшафтных и почвенных изысканий, эрозионных процессов, растительного покрова, организации и оптимизации природопользования региона, обоснования её почво- и водоохранного режима и др. Кроме того, знание и понимание особенностей рельефа территории помогает предотвратить развитие неблагоприятных последствий антропогенной деятельности [3–5].

Морфометрические характеристики рельефа используют для оценки вероятности благоприятности территории для отдельных видов туризма, создания инфраструктуры и обеспечения безопасности рекреационно-туристической деятельности. Как результат – выделение приоритетных направлений туристской деятельности. С другой стороны, исследователями оценивается статистическая взаимосвязь количественных и качественных характеристик лесов с морфометрическими характеристиками рельефа для совершенствования системы лесоучётных работ [2, 6].

С помощью цифровых моделей рельефа (ЦМР) исследуются особенности рельефа или геологических объектов, в том числе погребённых и недоступных при других методах исследования, ведётся поиск водоносных структур подземных вод или месторождений углеводородов; организуется бассейновое управление природопользованием в регионе и др. [7–12].

Современные исследования рельефа территории невозможны без применения инструментария геоинформационных систем (ГИС) и ЦМР, что позволяет не только автоматизировать многие процессы пространственного анализа, но и в короткие сроки произвести изучение территории сразу по нескольким показателям, создать интегральную оценку. Использование инструментария ГИС и глобальных ЦМР позволяет оперативно оценивать такие характеристики изучаемой территории, как вертикальная и горизонтальная расчленённость, уклоны поверхности, экспозиции склонов. После чего по результатам покомпонентной оценки произвести интегральную морфометрическую оценку рельефа [13, 14].

У ЦМР имеются свои достоинства и недостатки – все ЦМР имеют погрешность, выражающуюся в ошибках измерения абсолютной высоты местности и величины уклонов. Вместе с тем обработка ЦМР с помощью средств ГИС значительно упрощает получение первичных данных и морфометрический анализ рельефа [15].

Целью работы является оценка эрозионной опасности рельефа Еврейской автономной области (ЕАО).

Регион расположен в южной части Дальнего Востока, на юге граничит с Китайской народной республикой, на севере и востоке – с Хабаровским краем, на западе – с Амурской областью. Граница с КНР проходит по р. Амур.

В тектоническом и геологическом отношении территория региона разделяется на две резко различные части – северо-западную горную и юго-восточную равнинную. К первой части относятся поверхности и склоны Хингано-Буреинского нагорья, почти все горные сооружения которого имеют дугообразные горные хребты, выпуклые к северу. Наивысшей точкой ЕАО является гора Студенческая с высотой 1421 м.

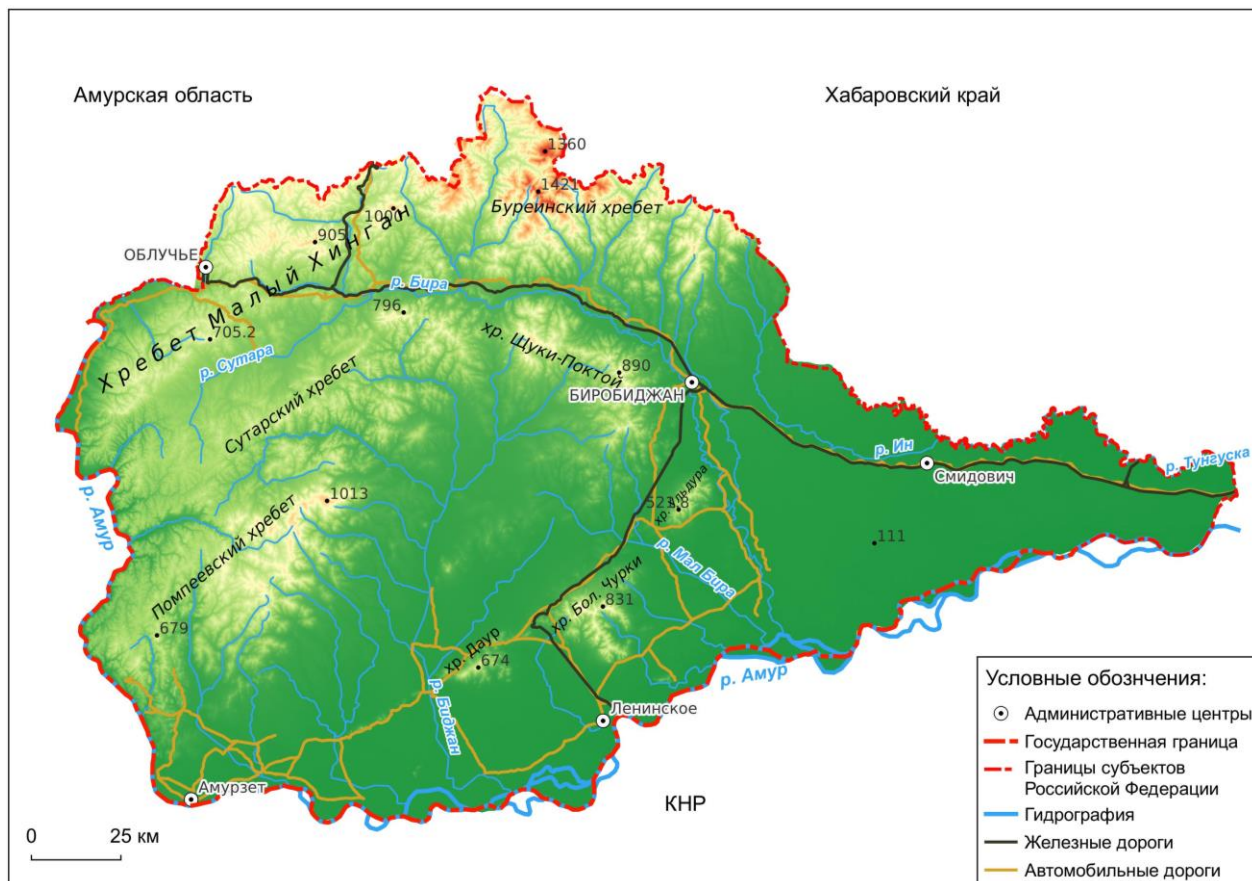


Рис. 1. Рельеф Еврейской автономной области
Fig. 1. Relief of Jewish Autonomous Region

Ко второй части относится выровненная поверхность заболоченной Среднеамурской низменности и нижние части горных склонов с многочисленными озерами и абсолютными отметками 20–110 м. Над низменностью возвышаются невысокие одиночные сопки, не нарушающие равнинный характер местности (рис. 1) [16].

Режим увлажнения характеризуется резко выраженной сезонностью. За зиму поступает около 10 % годового количества осадков, на теплый период приходится 90 %. По количеству осадков территория относится к зоне достаточного увлажнения (600–800 мм), наибольшее количество – более 800 мм, выпадает в предгорных районах. Общее количество осадков уменьшается в направлении с северо-запада на юго-восток.

В горной части ЕАО наиболее широко представлены бурые горнолесные почвы (буроземы горнолесные), в переходной между горной и равнинной – буро-отбеленные почвы (лесные подбелы), на равнинной – разновидности луговых и болотных почв. Значительная часть почвенных массивов трансформирована воздействием сельскохозяйственной деятельности [17–20].

Методы исследования

Оценка рельефа производилась на основе наиболее популярных ЦМР среднего масштаба, полученных в ходе миссий Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM) с размером ячейки раstra 90×90м. Известны и другие ЦМР, например ASTER GDEM, используемая при крупномасштабных исследованиях.

В ходе подготовки данных произведено объединение нескольких снимков в один с последующим кадрированием итогового слоя по маске для выделения района исследования. Расчет морфометрических показателей рельефа, все карты и атрибутивные базы данных к ним созданы с помощью программ QGIS и SAGA GIS в системе координат WGS 84/zone 53N [21].

Для расчёта изучаемых показателей и создания интегральной оценки эрозионной опасности рельефа создан векторный полигональный слой с размером ячейки 1×1 км. Непосредственно из ЦМР извлечены медианы значений *уклонов поверхностей, экспозиции склонов и вертикальной расчлененности рельефа* (глубинная расчлененность, энергия или размах рельефа). Последняя представляет собой разницу между наивысшими и наименьшими

отметками рельефа изучаемого района. Показатель рассчитывался с помощью модуля зональной статистики QGIS.

Для выявления пространственной дифференциации эрозии используется такой показатель, как *горизонтальная расчленённость рельефа*, т. е. длина эрозионной сети в км на 1 км² территории. Для оценки показателя произведена гидрологическая коррекция ЦМР, с помощью программы SAGA GIS восстановлена гидросеть, это необходимо для корректного учёта всех эрозионных форм, образованных текучими водами, поскольку большую часть года водой наполнены только постоянные русла рек. Однако в период интенсивного снеготаяния и муссонных дождей водой наполняются старые русла рек и ручьёв, по которым она сбрасывается в основные русла рек или озёра. С помощью операции «сумма расстояний в полигонах» программы QGIS рассчитаны значения длины эрозионной сети для каждой полигональной ячейки площадью 1 км².

С помощью оверлейных операций наложения растровых (высоты рельефа, уклоны, экспозиция) и векторных слоёв (гидрография) с полигональным векторным слоем получен итоговый слой для оценки *комплексного морфометрического показателя и эрозионной опасности рельефа* ЕАО. Параметры всех слоёв сведены в единую таблицу, им присвоен балл, в зависимости от значения показателя. Комплексный показатель рассчитан как сумма баллов всех показателей (таблица).

Таблица. Оценка морфометрических показателей рельефа Еврейской автономной области

Table. Evaluation of morphometric indicators of the relief of the Jewish Autonomous Region

Наклон поверхности Slope angle		Горизонтальное расчленение Horizontal dissection of relief		Вертикальное расчленение Vertical dissection of relief		Экспозиция Slope exposure	
Угол Angle	Баллы Points	км/км ² km/km ²	Баллы Points	метров Meters	Баллы Points	Экспозиция Exposure	Баллы Points
0–3	1	0–0,5	1	0–50	1	С/Н	0
3–6	2	0,5–1,0	2	50–100	2	С-В/Н-Е	0
6–9	3	1,0–1,5	3	100–150	3	В/Е	1
9–12	4	1,5–2,0	4	150–200	4	Ю-В/С-Е	1
12–15	5	2,0–2,5	5	200–250	5	Ю/С	2
15–18	6	2,5–3,0	6	250–300	6	Ю-З/С-В	1
18–21	7	3,0–3,5	7	300–350	7	З/В	1
21–24	8	3,5–4,0	8	400–450	8	С-З/Н-В	0
24–27	9			500–550	9		
27–30	10			550–600	10		

Обсуждение результатов

Согласно геостатистике, преобладающее количество склонов рельефа района исследования имеют *восточную экспозицию* – 29,19 %, далее следует *западная* – 27,73 %, *южная* – 23,72 % и меньше всего склонов *северной* экспозиции – 19,34 % от общего количества склонов.

Крутизна склонов колеблется в широких пределах от 0 градусов на равнинной части региона до 88,07 градуса в горной. При этом преобладающие уклоны составляют от 0 до 10 градусов. Последние соответствуют юго-восточной равнинной части региона и Сутарской депрессии, расположенной на западе изучаемой территории.

На территории ЕАО значения горизонтальной расчленённости изменяются в пределах от 0,28–3,95 км/км², в среднем 2,11 км/км². Подавляющее большинство значений находится в диапазоне 1,05–1,3 км/км². Максимальные соответствуют долинам рек с наибольшей концентрацией тальвегов – как активных русел рек, так и старых, заполняющихся водой только в периоды половодья. Это соответствует долине р. Унгун, расположенной в центральной части региона. Минимальные отмечаются в крайней восточной части региона, в междуречье рек Тунгуски и Амур.

Значения вертикальной расчленённости рельефа изменяются в пределах от 1 до 563 м. Наибольшее количество значений находится в диапазоне от 5 до 17 м. Отмечается зависимость показателя от абсолютной высоты рельефа.

По степени вертикальной расчленённости рельефа горная часть региона резко отличается от равнинной. Максимальные значения показателя отмечаются на севере региона и соответствуют приводораздельным зонам хребтов Чурки, Щухи-Поктой, Помпеевский, Сутарский, Малый Хинган, Ульдура. Минимальные значения показателя отмечаются в восточной равнинной и в западной горной части региона, где четко выделяется Сутарская депрессия с перепадами высот в диапазоне от 8 до 70 м.

В результате суммирования баллов отдельных показателей получено следующее распределение интегрального морфометрического показателя рельефа ЕАО (рис. 2).

Первая категория занимает 32,35 % территории региона. Наименьшие значения показателя отмечаются: на равнинной части региона, в районах, где минимально развита гидрографическая сеть; в долине р. Сутары, при этом по мере удаления от истоков к устью растёт фрагментарность участков с данным значением показателя; на узкой полосе вдоль западной окраины региона. *Вторая* занимает 56,22 % площади региона, к ней относятся низкорья и переходная зона между Среднеамурской низменностью и горами. К *третьей* категории относится 10,50 % территории.

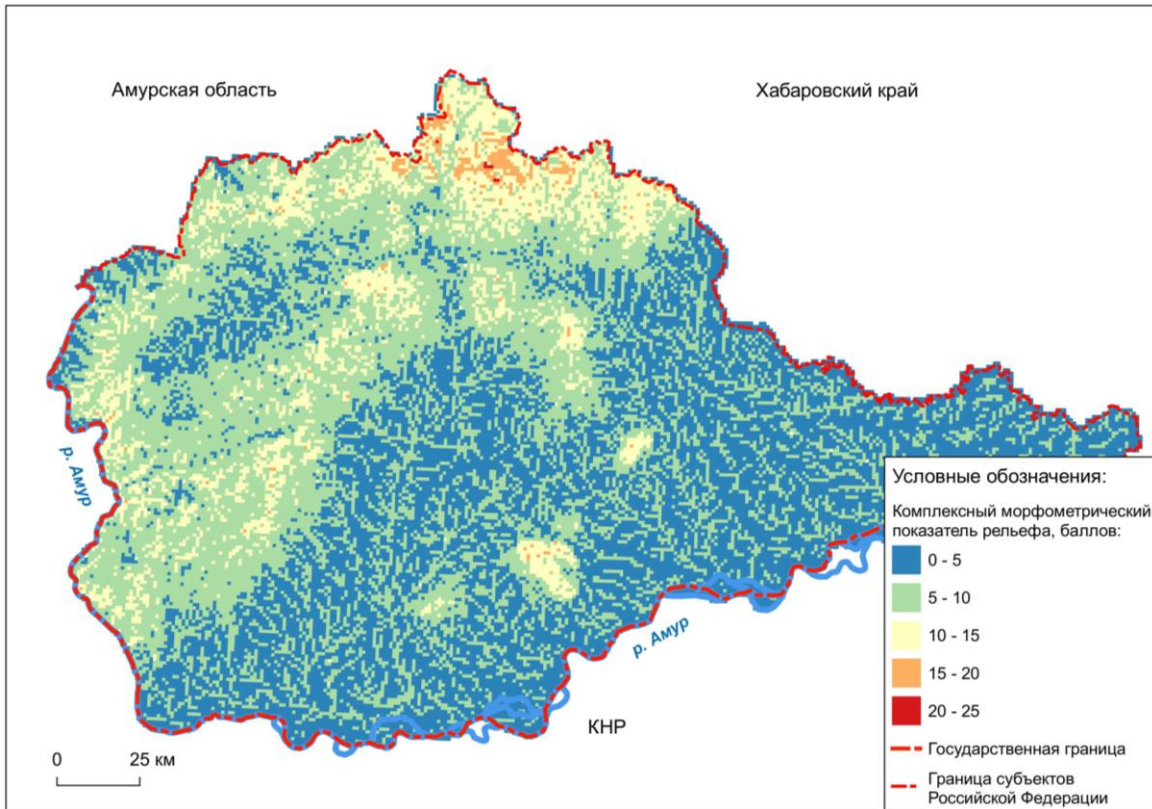


Рис. 2. Комплексный морфометрический показатель рельефа Еврейской автономной области
Fig. 2. Complex morphometric indicator of the relief of the Jewish Autonomous Region

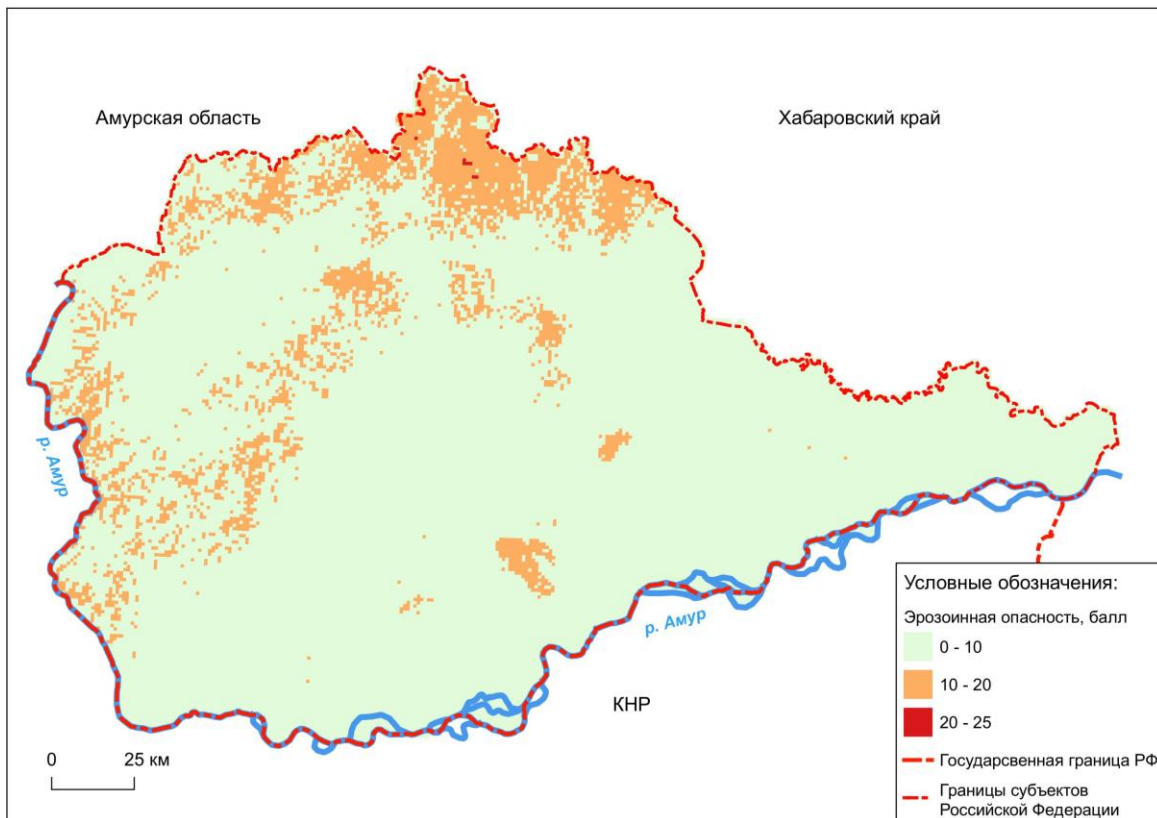


Рис. 3. Эрозионная опасность рельефа Еврейской автономной области
Fig. 3. Erosion hazard of the relief of the Jewish Autonomous Region

Четвёртая категория занимает 0,92 % территории региона. Отмечается в привершинных горных хребтах – в центральной части Буреинского хребта, крайнем северо-востоке Хинганского хребта и др. Самая морфометрически напряжённая *пятая* категория, занимает всего 0,01 % территории ЕАО. Наибольшие значения показателя отмечаются в северной части региона, а также в привершинных частях горных хребтов – Буреинского и крайней северо-восточной части хребта Малый Ханган.

Для оценки эрозионной опасности морфометрический показатель разделён на три категории: низкую, среднюю и высокую (рис. 3).

Низкое значение эрозионной опасности характерно для 88,56 % территории региона. Соответствует равнинам, предгорьям и низкогорьям.

Среднее значение эрозионной опасности отмечается в горах и предгорьях на участках длинных узких горных долин с крутыми или очень крутыми склонами; в привершинных областях горных хребтов; на отдельных участках речных русел с интенсивным меандрированием и большим количеством притоков в переходной зоне между горами и равниной; на отдельных участках равнины в речных долинах с большим количеством старых русел. Характерно для 11,42 % территории региона.

Высокие значения эрозионной опасности отмечаются на севере региона – на Буреинском хребте,

а также в самой северной оконечности хребта Малый Ханган – всего 0,02 % территории региона.

Заключение

Оценка эрозионного потенциала рельефа Еврейской автономной области производилась на основе наиболее популярных ЦМР, по которым построены среднемасштабные карты, характеризующие базовые морфометрические характеристики территории, такие как крутизна и экспозиция склонов, вертикальное и горизонтальное расчленение, по ним произведена комплексная морфометрическая характеристика рельефа региона и оценка его потенциальной эрозионной опасности.

По морфометрическим показателям 56,22 % площади региона относится ко второй категории, первая занимает 32,35 %, третья – 10,50 %. На эти три категории в совокупности приходится 99,07 % всей площади ЕАО. На четвёртую и пятую приходится менее одного процента – 0,92 и 0,01 % соответственно.

Итоговая карта эрозионной опасности рельефа ЕАО, построенная на основе морфометрического анализа, содержит три категории. К первой относится 88,56 % территории, ко второй – 11,42 %, а к третьей всего 0,02 % площади региона.

Полученные результаты предполагается использовать при изучении эрозионных процессов, в ландшафтно-экологических исследованиях, при оценке лесопожарных рисков и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соколова Г.Г. Влияние высоты местности, экспозиции и крутизны склона на особенности пространственного распределения растений // Acta Biologica Sibirica. – 2016. – № 2 (3). – С. 34–45.
2. Черниковский Д.М. Оценка связей морфометрических характеристик рельефа с количественными и качественными характеристиками лесов на основе цифровых моделей рельефа ASTER и SRTM // Сибирский лесной журнал. – 2017. – № 3. – С. 28–39.
3. Бассейновый подход к организации природопользования в Белгородской области / Ф.Н. Лисецкий, А.В. Дегтярь, А.Г. Нарожная, О.А. Чепелев, Я.В. Кузьменко, О.А. Маринина, А.В. Землякова, Ж.А. Кириленко, О.М. Самофалова, Э.А. Терехин, П.А. Украинский / под ред. Ф.Н. Лисецкого. – Белгород: КОНСТАНТА, 2013. – 88 с.
4. Development of a pan-European river and catchment database / J. Vogt, P. Soille, R. Colombo, M.L. Paracchini, A. de Jager // Digital Terrain Modelling. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography / Eds. R.J. Peckham, G. Jordan. – Berlin, Heidelberg: Springer, 2007. – P. 121–144. DOI: 10.1007/978-3-540-36731-4_6.
5. Planation surfaces on the Paraná Basaltic Plateau, South America / D. Kröhling, E. Brunetto, G. Gabriel, M.C. Zalazar, M. Iriando // Gondwana Landscapes in southern South America / Eds. J. Rabassa, C. Ollier. – Dordrecht: Springer, 2014. – P. 247–303. DOI: 10.1007/978-94-007-7702-6.
6. Тарихазер С.А. Морфометрический анализ рельефа с помощью ArcGIS-технологий для оценки туристско-рекреационного потенциала Гобустана // Грозненский естественнонаучный бюллетень. – 2022. – Т. 7. – № 1 (27). – С. 55–64. DOI: 10.25744/genb.2022.48.89.006.
7. Ibanez D., Almeida-Filho R., Miranda F. Analysis of SRTM data as an aid to hydrocarbon exploration in a frontier area of the Amazonas Sedimentary Basin, northern Brazil // Marine and Petroleum Geology. – 2016. – Vol. 73. – P. 528–538. DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2016.03.024.
8. Керимов Г.А. Морфометрический и морфоструктурный анализ рельефа Кобыстана: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Баку, 1982. – 21 с.
9. Geo-investigation on groundwater control in some parts of Ogun state using data from Shuttle Radar Topography Mission and vertical electrical soundings / E.S. Joel, P.I. Olasehinde, Th.A. Adagunodo, M. Omeje, I. Oha, M.L. Akinyemi, O.C. Olawole // Heliyon. – 2020. – № 1. – 6(1):e03327. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e03327.
10. Integrated remote sensing data utilization for investigating structural and tectonic history of the Ghadames Basin, Libya / N.M. Saadi, M. Abdel Zaher, F. El-Baz, K. Watanabe // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. – 2011. – Vol. 13. – № 5. – P. 778–791. DOI: 10.1016/j.jag.2011.05.016.

11. Singh P., Gupta A., Singh M. Hydrological inferences from watershed analysis for water resource management using remote sensing and GIS techniques // *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. – 2014. – Vol. 17. – № 2. – P. 111–121. DOI: 10.1016/j.ejrs.2014.09.003.
12. Morphometric analysis using SRTM and GIS in synergy with depiction: a case study of the Karmanasa River basin, North central India / K. Prakash, D. Rawat, S. Singh, K. Chaubey, S.M. Kanhaiya, T. Mohanty // *Applied Water Science*. – 2019. – Vol. 9. – № 13. DOI: 10.1007/s13201-018-0887-3.
13. Кондратьева М.А., Чашин А.Н. Оценка эрозионной опасности рельефа на основе цифрового моделирования // *ИнтерКарто. ИнтерГИС*. – 2021. – Т. 27. – № 2. – С. 241–252. DOI: 10.35595/2414-9179-2021-2-27-241-252.
14. Михайлов В.А. Комплексный морфометрический анализ Тарханкутского полуострова с помощью ГИС // *Современные научные исследования и инновации*. – 2015. – № 2–4. – С. 5–13.
15. Sefercic U.G., Gokmen U. Country-scale discontinuity analysis of AW3D30 and SRTM Global DEMs: case study in Turkey // *Arabian Journal of Geosciences*. – 2019. – Vol. 12. – № 226. DOI: 10.1007/s12517-019-4370-8.
16. Юшманов Ю.П. Геологическое строение. Рельеф // *География Еврейской автономной области: общий обзор* / отв. ред. Е.Я. Фрисман. – Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. – С. 31–41.
17. Григорьева Е.А. Климат // *География Еврейской автономной области: общий обзор* / отв. ред. Е.Я. Фрисман. – Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. – С. 42–50.
18. Косова Н.А., Рудакова О.Н. Состояние плодородия почв сельскохозяйственных угодий в Еврейской автономной области // *Достижения науки и техники АПК*. – 2018. – Т. 32. – № 4. – С. 16–20. DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10403.
19. Матюшкина Л.А., Калманова В.Б. Почвы // *География Еврейской автономной области: общий обзор* / отв. ред. Е.Я. Фрисман. – Биробиджан: ИКАРП ДВО РАН, 2018. – С. 81–97.
20. Зубарев В.А. Изменение некоторых агрофизических свойств залежных осушенных бурых горно-лесных почв в Еврейской автономной области // *Вестник ДВО РАН*. – 2023. – № 2 (228). – С. 100–109. DOI: 10.37102/0869-7698-2023-228-02-8.
21. EarthExplorer // USGS science for a changing world. URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (дата обращения: 15.04.2022).

Информация об авторе

Михаил Владимирович Горюхин, младший научный сотрудник лаборатории геологических и геоэкологических исследований Института комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН, Россия, 679016, г. Биробиджан, ул. Шолом-Алейхема, 4. goruhin@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0006-0445-583X>

Поступила в редакцию: 24.04.2024

Поступила после рецензирования: 21.05.2024

Принята к публикации: 24.01.2025

REFERENCES

1. Sokolova G.G. The influence of terrain altitude, slope exposure and slope degree on plant spatial distribution. *Acta Biologica Sibirica*, 2016, vol. 2 (3), pp. 34–45. (In Russ.)
2. Chernikhovskiy D.M. Assessment of the relationships between morphometric characteristics of relief with quantitative and qualitative characteristics of forests using Aster and SRTM Digital Terrain Models. *Siberian Journal of Forest Science*, 2017, no. 3, pp. 28–39. (In Russ.)
3. Lisetsky F.N., Degtyar A.V., Narozhnyaya A.G., Chepelev O.A., Kuzmenko Ya.V., Marinina O.A., Zemlyakova A.V., Kirilenko J.A., Samofalova O.M., Terekhin E.A., Ukrainsky P.A. *Basin approach to the organization of environmental management in the Belgorod region*. Belgorod, KONSTANTA Publ., 2013. 88 p. (In Russ.)
4. Vogt J., Soille P., Colombo R., Paracchini M.L., De Jager A. Development of a pan-European river and catchment database. Digital Terrain Modelling. *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*. Eds. R.J. Peckham, G. Jordan. Berlin, Heidelberg, Springer, 2007. pp. 121–144. DOI: 10.1007/978-3-540-36731-4_6.
5. Kröhling D., Brunetto E., Gabriel G., Zalazar M.C., Iriondo M. Planation surfaces on the Paraná Basaltic Plateau, South America. *Gondwana Landscapes in southern South America*. Eds. J. Rabassa, C. Ollier. Dordrecht, Springer, 2014. pp. 247–303. DOI: 10.1007/978-94-007-7702-6.
6. Tarikhazer S.A. Morphometric analysis of the relief using Arcgis-technologies to assess the tourist and recreation potential of Gobustan. *Grozny Natural Science Bulletin*, 2022, vol. 7, no. 1 (27), pp. 55–64. (In Russ.) DOI: 10.25744/genb.2022.48.89.006.
7. Ibanez D., Almeida-Filho R., Miranda F. Analysis of SRTM data as an aid to hydrocarbon exploration in a frontier area of the Amazonas Sedimentary Basin, northern Brazil. *Marine and Petroleum Geology*, 2016, vol. 73, pp. 528–538. DOI: 10.1016/j.marpetgeo.2016.03.024.
8. Kerimov G.A. *Morphometric and morphostructural analysis of the relief of Gobustan*. Cand. Dis. Baku, 1982. 29 p. (In Russ.)
9. Joel E.S., Olasehinde P.I., Adagunodo Th.A., Omeje M., Oha I., Akinyemi M.L., Olawole O.C. Geo-investigation on groundwater control in some parts of Ogun state using data from Shuttle Radar Topography Mission and vertical electrical soundings. *Heliyon*, 2020, no. 1, 6(1):e03327. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e03327.
10. Saadi N.M., Abdel Zaher M., El-Baz F., Watanabe K. Integrated remote sensing data utilization for investigating structural and tectonic history of the Ghadames Basin, Libya. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2011, vol. 13, no. 5. pp. 778–791. DOI: 10.1016/j.jag.2011.05.016.
11. Singh P., Gupta A., Singh M. Hydrological inferences from watershed analysis for water resource management using remote sensing and GIS techniques. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*, 2014, vol. 17, no. 2, pp. 111–121. DOI: 10.1016/j.ejrs.2014.09.003.

12. Prakash K., Rawat D., Singh S., Chaubey K., Kanhaiya S.M., Mohanty T. Morphometric analysis using SRTM and GIS in synergy with depiction: a case study of the Karmanasa River basin, North central India. *Applied Water Science*, 2019, vol. 9, no. 13. DOI: 10.1007/s13201-018-0887-3.
13. Kondrateva M.A., Chashchin A.N. Assessment of erosion risk of relief based on the digital modeling. *InterCarto. InterGIS*, 2021, vol. 27, no. 2, pp. 241–252. (In Russ.) DOI: 10.35595/2414-9179-2021-2-27-241-252.
14. Mikhailov V.A. The complex morphometric analysis of Tarkhankut peninsula by using GIS. *Modern scientific researches and innovations*, 2015, no. 2–4, pp. 5–13. (In Russ.)
15. Sefercik U.G., Gokmen U. Country-scale discontinuity analysis of AW3D30 and SRTM Global DEMs: case study in Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 2019, vol. 12, no. 226. DOI: 10.1007/s12517-019-4370-8.
16. Yushmanov Yu.P. Geological structure. Relief. *A Geography of Jewish Autonomous Region: overview*. Ed. by E.Ya. Frisman. Birobidzhan, ICARP FEB RAS, 2018. pp. 31–41. (In Russ.)
17. Grigorieva E.A.V. Climate. *A Geography of Jewish Autonomous Region: overview*. Ed. by E.Ya. Frisman. Birobidzhan, ICARP FEB RAS, 2018. pp. 42–50. (In Russ.)
18. Kosova N.A., Rudakova O.N. State of fertility of soils of agricultural lands, the effectiveness of chemical means in Jewish Autonomous Region. *Achievements of science and technology of AICis*, 2018, vol. 32, no. 4, pp. 16–20. (In Russ.) DOI: 10.24411/0235-2451-2018-10403.
19. Matyushkina L.A., Kalmanova V.B. Soils. *A Geography of Jewish Autonomous Region: overview*. Ed. by E.Ya. Frisman. Birobidzhan, ICARP FEB RAS, 2018. pp. 81–97. (In Russ.)
20. Zubarev V.A. Changes in some agrophysical properties of Fallow Drained Brown Mountain Forest soils in the Jewish Autonomous Region. *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*, 2023, no. 2 (228), pp. 100–109. (In Russ.) DOI: 10.37102/0869-7698-2023-228-02-8.
21. EarthExplorer. *USGS science for a changing world*. Available at: <https://earthexplorer.usgs.gov/> (accessed 15 April 2022).

Information about the author

Mikhail V. Goryukhin, Junior Research Assistant, Institute for Comprehensive Analysis of Regional Problems, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 4, Sholom Aleichem street, Birobidzhan, 679016, Russian Federation. goryukhin@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0006-0445-583X>

Received: 24.04.2024

Revised: 21.05.2024

Accepted: 24.01.2025