Научная статья
УДК 551.89(571.1)
DOI: 10.17072/2079-7877-2026-2-20-31
EDN: WPNIKN

ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРИВНОГО РЕЛЬЕФА ЮГА ОБЬ-ИРТЫШСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ

Марк Андреевич Ищенко ✉, Даниил Олегович Паршин
Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия
✉ ischenkom1998@gmail.com

Аннотация. В пределах юга Западной Сибири широкое распространение получили комплексы эоловых гряд северо-восточной ориентации, именуемых гривами. Их возраст соотносится с концом позднего неоплейстоцена. Целью данного исследования является выявление морфологических особенностей и пространственных закономерностей в развитии гривного рельефа на территории юга Обь-Иртышского междуречья как одной из самых характерных зон распространения данных форм. Для достижения цели акцент был сделан на использовании морфометрического анализа, применение которого осуществлялось посредством работы с цифровой моделью рельефа FABDEM в геоинформационной среде QGIS.

В результате проделанной работы дано уточнение и описание ранее обозначенных ареалов гривного рельефа, выявлены и обоснованы пространственные и морфометрические закономерности внутри ареалов и для всего комплекса рассматриваемой территории. Пространственный анализ показал как широкий спектр конфигураций самого гривного рельефа, так и комбинаций морфометрических характеристик для разных его участков. Была выявлена слабая вариативность северо-восточных ветров, влияющих на направления эолового морфогенеза, а также сильное воздействие на них увалов Приобского плато и приподнятой Васюганской равнины. Коэффициент корреляции Пирсона продемонстрировал средне-слабую общую взаимосвязь между основными характеристиками.

Полученные результаты позволяют дополнить представления о механизмах формирования гривного рельефа и обозначить сложность и метахронность его развития, выраженную пространственную дифференциацию объемов материала, более сложную динамику эолового морфогенеза для участков в районе озера Чаны, а также к югу и юго-востоку от него.

Ключевые слова: гривы, гривный рельеф, морфометрический анализ, древние эоловые системы, Барабинская низменность

Для цитирования: Ищенко М. А., Паршин Д. О. Особенности распространения и морфометрические характеристики гривного рельефа юга Обь-Иртышского междуречья // Географический вестник = Geographical bulletin. 2026. № 2(77). С. 20–31. EDN: WPNIKN DOI: 10.17072/2079-7877-2026-2-20-31

Original article
DOI: 10.17072/2079-7877-2026-2-20-31
EDN: WPNIKN

DISTRIBUTION FEATURES AND MORPHOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE RIDGE RELIEF IN THE SOUTH OF THE OB-IRTYSH INTERFLUVE

Mark A. Ishchenko [1]✉, Daniil O. Parshin[1]
[1, 2] St Petersburg State University, St Petersburg, Russia
✉ ischenkom1998@gmail.com

Abstract. A widespread feature of the south of Western Siberia is sets of northeast-oriented aeolian ridges, called “griva,” formed at the end of the Late Pleistocene. This study aims to identify morphological features and spatial patterns in the development of the ridge relief in the south of the Ob-Irtysh interfluve. To achieve this goal, morphometric analysis was performed using the FABDEM digital terrain model in the QGIS geoinformation environment.

We have clarified and described previously discovered areas, identified and substantiated spatial and morphometric patterns both within particular areas and for the whole set of the ridges. Spatial analysis has shown a wide range of configurations of the “griva” relief on the whole as well as of the combinations of morphometric characteristics

© Ищенко М. А., Паршин Д. О., 2026

Лицензировано под CC BY 4.0. Чтобы посмотреть копию этой лицензии, посетите https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

for different parts of it. The study has revealed a low variability of northeast winds affecting the directions of aeolian morphogenesis and also a strong influence of the Ob Plateau slopes and the elevated Vasyugan Plain on them. The Pearson correlation coefficient demonstrated a medium-weak overall relationship between the main characteristics.

The results obtained expand the understanding of the mechanisms underlying the formation of ridge relief and reveal the complexity and metachronism of its development, demonstrate pronounced spatial differentiation of the material volumes and more complex dynamics of aeolian morphogenesis for the area of Lake Chany itself, as well as to the south and southeast of it.

Keywords: ridges, "griva" relief, morphometric analysis, ancient aeolian systems, Baraba Steppe

For citation: Ishchenko M. A., Parshin D. O. Distribution features and morphometric characteristics of the ridge relief in the south of the Ob-Irtysh interfluve. *Geographical Bulletin*, 2026, no. 2(77), pp. 20–31. EDN: WPNIKN DOI: 10.17072/2079-7877-2026-2-20-31

Введение

Среди многообразия древних мезоформ юга Западной Сибири особое место занимают широко распространенные комплексы прямолинейных пологих песчаных гряд северо-восточной ориентации, известных в литературе как «гривы». Их возраст соотносится с концом позднего неоплейстоцена [9]. Сложившийся в настоящее время консенсус в отношении ведущей роли эолового фактора в вопросе генезиса [3; 4; 9; 16] позволяет рассматривать данные образования в качестве древних дюн, представляющих собой полноценную эоловую систему, подчиненную тем же законам и механизмам, что и аналоги в более аридных регионах.

Одним из ключевых подходов при изучении подобных систем является морфометрический анализ, включающий как математическое описание морфологических особенностей отдельных дюн, так и выявление закономерностей изменения численных параметров в их группах. Вместе с разными подходами к дешифрированию целевых форм рельефа он продолжает быть актуальным и реализуется применимо к линейным дюнам [21; 27], бэровским буграм с применением ГИС- и статистического анализа [6], самим гривам целевой области [20] и другим линейным формам иного генезиса [29].

В пределах южной половины Обь-Иртышского междуречья, включающей Барабинскую и Кулундинскую низменности, а также часть Приобского плато, участки гривного рельефа занимают до 60 % площади, характеризуясь высокой плотностью форм и их заметным морфологическим разнообразием. Данные особенности делают территорию наиболее подходящей для осуществления количественного анализа, предполагающего, наряду с выявлением общих трендов, учет многообразных отклонений как потенциальной опоры для уточнения механизма образования грив.

За более чем столетнюю историю изучения гривного рельефа разные исследователи, описывая количественные характеристики, приводили крайне разнящиеся сведения. Так, если И. В. Пилькевич [16] определяет ширину грив в пределах от 300–400 до 1500 м, И. А. Волков поднимает нижнюю границу до 700 м [3]. Длина грив чановского района согласно Л. А. Орловой [12] достигает 20–25 км, что близко к значениям, приводимым Б. Ф. Петровым [15] для Барабинской низменности в целом – 10–20 км, но противоречит другим специалистам [1; 16], в работах которых длина не превышает нескольких километров. На фоне этого несоответствия в отношении вариативности высот большинство авторов сходятся на диапазоне 5–15 м.

Такой разброс связан с крайней неоднородностью внутри группы грив, а также их отличиями от комплекса к комплексу. Вследствие этого указание тех или иных значений необходимо приводить с привязкой к конкретной группе грив. С этой целью были осуществлены [14] районирование и индексация ареалов гривного рельефа для всей территории юга Западной Сибири. В данной работе рассматриваются восточные, расположенные на Обь-Иртышском междуречье, ареалы: Чановский (*Chan*), Карасуский (*Kar*), Бурлинский (*Burl*). Включение в выборку Верхнеиртышского комплекса (*UpIr*) обусловлено его расположением западнее (перед изучаемой территорией по направлению образовавших гривы в рамках поддерживаемой нами гипотезы ветров) и предположением о единстве процесса формирования для всех указанных ареалов.

Данное исследование посвящено дешифрированию форм гривного рельефа в обозначенных областях, уточнению зон его распространения, описанию, сбору и анализу морфометрических характеристик гряд, выявлению особенностей и закономерностей с целью определения возможных признаков относительно генезиса и развития комплексов грив в контексте окружающей территории.

Материалы и методы

Особенности региона и объекта исследования. Зона изучения (рис. 1) занимает обширные аккумулятивные равнины южной половины Обь-Иртышского междуречья – Барабинскую и северную часть Кулундинской низменности. Для территории характерно развитие многочисленных разноразмерных озерных котловин разнообразного происхождения и возраста наряду со слабой развитостью гидрографической сети.

Тенденция к относительному опусканию большей части района (на фоне воздымания Алтайского орогена и, в частности, Приобского плато) в течение неотектонического этапа [1] определила специфику геологического строения данных морфоструктур: основания равнин сложены миоценовыми глинами павлодарской и таволжанской свит [5], на которых с размывом залегают озерные и аллювиальные образования четвертичного периода, в свою очередь перекрытые маломощным (до 12 м) чехлом лессоидов позднего неоплейстоцена [18].

Ставя задачи, связанные с изучением морфологии и пространственного распространения гривного рельефа, необходимо отметить, что точных критериев для термина «грива» не установлено. Вследствие этого под гривным рельефом авторами статьи понимается *комплекс явно выраженных в рельефе вытянутых пологих линейных гряд шириной от 300 до 600 м, а также аналогичных линейных форм реже меньшей или большей ширины, с длиной до 20 км*.

Важно отметить, что понятие «гривно-ложбинный рельеф» (в дальнейшем ГЛР) является частным понятием, поскольку как по нашим наблюдениям, так и по наблюдениям других авторов [7; 10] гривный рельеф может быть представлен даже единичными формами. Называемые гривами комплексы палеодюн иной морфологии [9; 11], распространенные и на сопредельных территориях, в данной работе не рассматриваются.

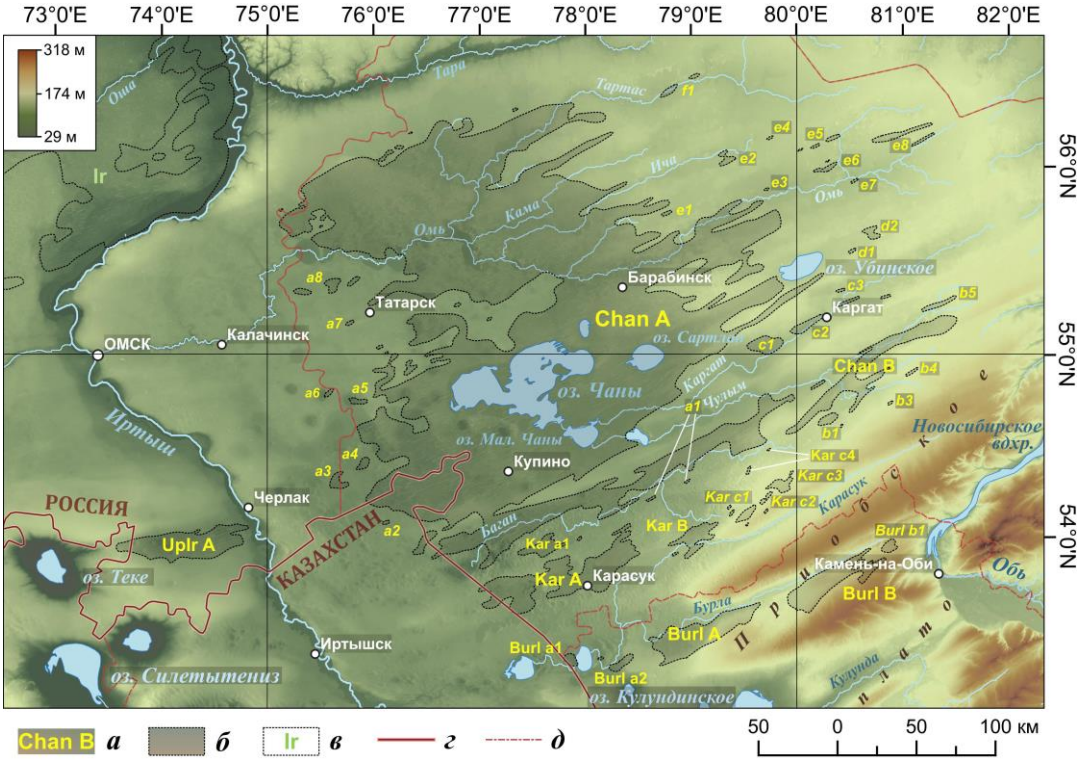


Рис. 1. Ареалы распространения гривного рельефа на территории юга Обь-Иртышского междуречья и левобережья Иртыша юго-востока Омской области с заданной индексаций:
а – индексы ареалов; б – границы ареалов; в – границы и индексы ареалов, не рассматриваемых в данной статье; г – границы стран; д – границы адм. единиц 1-го порядка.
Границы рассматриваемых ареалов даны с уточнениями (см. след. раздел)
Fig. 1. Ridge relief areas in the south of the Ob-Irtysh interfluve and the left bank of the Irtysh in the southeast of the Omsk region with a given indexation:
а – indexes of areas; б – boundaries of areas; в – boundaries and indexes of areas not considered in this article; г – borders of countries; д – borders of administrative divisions.
The boundaries of the considered areas are specified (see next section)

Материалы и методы. Для проведения работ за основу была взята цифровая модель рельефа (в дальнейшем ЦМР) FABDEM с пространственным разрешением 30 м [28], которая, по заявлению авторов, в отличие от более ранних ЦМР (SRTM и ASTER GDEM и лежащей в основе Copernicus DEM), содержит меньше высотных искажений, вызванных постройками и древесной растительностью.

Все работы проводилась в программном пакете QGIS. Начальная обработка осуществлялась с помощью набора инструментов модуля WhiteToolBox [23], заранее предустановленного в среде используемой ГИС.

В частности, открытые инструменты DevFromMeanElev (DEV) и DiffFromMeanElev (DIFF) [30], имеющие сходный результат с высокочастотной фильтрацией и являющиеся метриками локальной топографический позиции [25], позволили более явно выделить локальные высотные максимумы, тем самым сделав более выраженной как морфологию грив, так и переходы между ними и к смежным пространствам. Эмпирическим путем было выявлено, что DEV лучше, нежели DIFF, показывает данные переходы.

Для дифференциации значений полученных растров и вычисления векторных данных использовались классификация с обучением и реклассификация по таблице. Обилие сопряженных с гривами форм, сложная конфигурация самого гривного рельефа, а также недостаточная точность результатов классификации в совокупности с возможностями уточнения контуров гряд с помощью использования одновременно

преобразованных растров и мультимасштабных снимков сервисов GoogleMap, «Яндекс Карты», BingMap определили включение масштабных работ по ручной корректировке и дешифрированию контуров грив на основе ранее полученных векторных данных.

Выбранный комплексный метод, несмотря на значительно увеличившиеся времязатраты, в процессе показал положительные результаты (рис. 2), минимизируя, например, проблемы автоматизированного дешифрирования слабовыраженных на ЦМР форм [19] и значительно уточняя методологию дешифрирования грив на космоснимках по площадям пашен и пастбищ [17], а также в ситуациях, где по градиенту растительности, по наличию склоновых микроформ и внегривных мезоформ переход от ложбины или равнины к склону гривы почти неразличим.

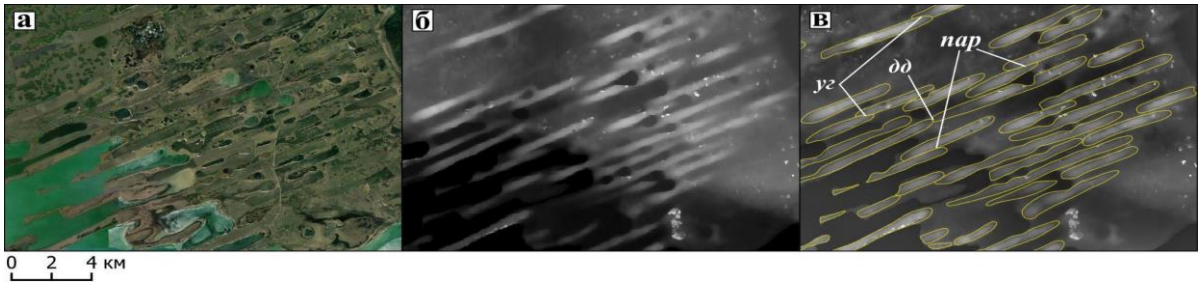


Рис. 2. Примеры результатов выделения гривного рельефа на участок вокруг села Зюзя:
а – спутниковый снимок ESRI Satellite, б – ЦМР,
в – выделенные гривы с наложением на результат работы DevFromMeanElev.
Примеры сомкнутости/примыкания грив: дд – друг за другом, пар – параллельно, уг – «углами»
Fig. 2. Examples of the highlighting of ridge relief in the area around the village of Zyuzya:
а – satellite image of ESRI Satellite, б – DEM,
в – highlighted ridges superimposed on the result obtained with the use of the DevFromMeanElev.
Examples of the closeness/adjacency of ridges: дд – one behind another, пар – parallel, уг – adjoining at “corners”

В дальнейшем автоматическим способом с последующей ручной корректировкой строились осевые линии грив, что позволило для каждой отдельно взятой гряды рассчитать ее длину и азимут. Методом построения на осевой линии точек с шагом 300 м между и 150 м от начала и конца самой линии (значения подобраны эмпирически), а затем перпендикуляров от них до контура гряды были рассчитаны средние, максимальные, минимальные значения ширины каждой гривы. По соотношению показателей длины и ширины были определены коэффициенты удлинения (1):

$$E = L/W, \quad (1)$$

где L – длина гривы; W – средняя ширина гривы.

Для самих полигональных объектов грив рассчитывались значения площади, зональная статистика по ЦМР, включающая среднюю, максимальную, минимальную высоты. Задавалась классификация типа гривы, исходя из ее формы – имеются ли какие-то отхождения от наиболее распространенной вытянутой овальной формы; смежного расположения с другими гривами – сомкнуты/касаются параллельно, друг за другом, углами; имеется ли нарушенность формы гривы в поперечном или продольном профиле, которая в подавляющем числе случаев имеет видимый абразионный генезис под действием существующих озер или существовавших в прошлом факторов в пределах палеоозерных котловин.

Расчет высот грив производился методом вырезания из исходной ЦМР занятых гривами участков, заполнением вырезанных участков средними значениями окрестного рельефа с последующим вычислением высоты грив через вычитание из значений исходной ЦМР значений растра с заполненными пустотами с учетом эмпирически вычисленной поправки на особенности работы инструмента заполнения, равной ~1 м. С помощью зональной статистики из результирующего растра извлекались значения средней, максимальной, минимальной и большинства высот.

С целью минимизации влияния на вычисляемые значения высот приподошвенной части гряд осуществлялся расчет высот по осевой линии. Для этого на ней с шагом в 200 м между и 100 м от начала и конца линии строились точки, из которых брались значения ЦМР, и методом объединения атрибутов по расположению внутри полигона каждой гривы находились аналогичные прошлому шагу значения высот.

Необходимо отметить, что ЦМР FABDEM на исследуемых территориях полностью не очищена от артефактов после удаления древесной растительности. С учетом расположения Чановского гривного ареала в пределах нескольких геоботанических зон [13] возрастает роль искажения средних значений высот. Изучение спутниковых снимков и их сопоставление с ЦМР показало, что лишь единичные гривы полностью заняты древесным покровом, тогда как более распространены локальные артефакты, искажающие верхние значения, но вносящие ограниченный вклад в значения средних высот по гребню (табл. 1).

В силу отсутствия на FABDEM данных по батиметрии озер, расположенные ниже уреза воды части грив в вопросах определения форм и вычисления морфометрических характеристик учтены не были.

Завершение процесса полуавтоматического выделения грив в пределах исследуемой области позволило уточнить границы четырех обозначенных для исследования ареалов гривного рельефа.

Разделение ареала гривного рельефа Обь-Иртышского междуречья В. А. Николаева и соавторов на три типа: чановский, барабинский, тармакульский [10], исходя из приуроченности к особенностям рельефа, выраженности грив и межгривных понижений, которую можно рассматривать как функцию морфометрического анализа, а также степени фронтального развития, легло в основу идеи дифференцировать крупный чановский ареал на семь типов с целью осуществления внутреннего сравнительного анализа. Особенности и распространение каждого типа представлены в следующем разделе.

Таблица 1
Table 1

Примеры влияния очаговых артефактов ЦМР на показатели средней и максимальной высот
Examples of the impact of focal DEM artifacts on the average and maximum elevation values

Название	*Координаты*	*% покрытия древесной растительностью вдоль осевой линии*	*Значения с артефактами*			*Значения с очищенными артефактами*		
			ср. высота (м)	*макс. высота (м)*	*СКО*	*ср. высота (м)*	*макс. высота (м)*	*СКО*
Грива (деревня Квашнино)	55.006763, 77.826141	8 %	5,78	13,3	2,37	5,27	7,7	1,42
Грива Кирилловская	55.073150, 77.887282	14 %	3,76	5,93	1,35	3,73	5,35	1,3
Грива Казанцева	55.082103, 77.662256	1,7 %	5,85	10,5	2,55	5,82	9,6	2,5

На основе преобразованных с помощью инструмента DevFromMeanElev участков ЦМР на юге Барабинской низменности и севере Кулундинской низменности были выделены границы распространения поперечных и параболических дюн, бугристых песков, крупных палеоозерных котловин – определены зоны их наложения на ареалы гривного рельефа. Создание графиков и диаграмм, расчет коэффициента корреляции осуществлялись с помощью библиотек Matplotlib, SciPy и GeoPandas на языке программирования Python в среде Jupyter Notebook.

Результаты

Основные положения. Общее количество выделенных в результате проведенных работ грив составило около 4 тыс. для южной части Обь-Иртышского междуречья и 131 для ареала *UpIr*. Их средние морфометрические характеристики в рамках каждого ареала и субареала представлены в табл. 2.

Таблица 2
Table 2

Данные площади и средние значения основных морфометрических показателей для каждого субареала
Area data and average values of the main morphometric indicators for each subarea

Ареал	*Суб-ареал*	*Площадь ($км^2$)*	*Кол-во грив*	*Средняя длина (км)*	*Средний азимут (°)*	*Средняя ширина (м)*	*Средняя высота по гребню (м)*	$E_{ср.}$
Chan	A	39300	3221	3,29	64,1	422	3	7,73
	a1-8	270	29	2,58	65,49	524	2,44	5,14
	c-f	606	43	3,86	62,98	385	2	10,64
	B	960	66	3,06	56,25	384	2,6	8,39
	b1-5	136	14	3,85	55	341	2,4	11,46
Kar	A	1630	244	2,87	63,36	442	2,3	6,52
	a1	180	23	2,42	60,79	555	3,2	4,61
	B	250	51	2,64	51	451	3	5,71
	c1-c4	178	32	2,18	41,27	406	1,9	5,41
Burl	a1-2	122	10	3,15	67,2	455	2,5	6,93
	A	930	125	2,77	54,91	379	2,4	7,52
	B	710	89	3,76	51,34	363	2,7	10,57
	b1	53	7	3,42	60,58	421	2,5	8,31
UpIr		1060	131	3,75	73,29	499	3	7,36

Анализ полученных выборок показал, что разные величины для тех или иных морфометрических характеристик применимо к разным ареалам и субареалам могут иметь свои особенности распределения (рис. 3), что делает усредненные величины слабо репрезентативными.

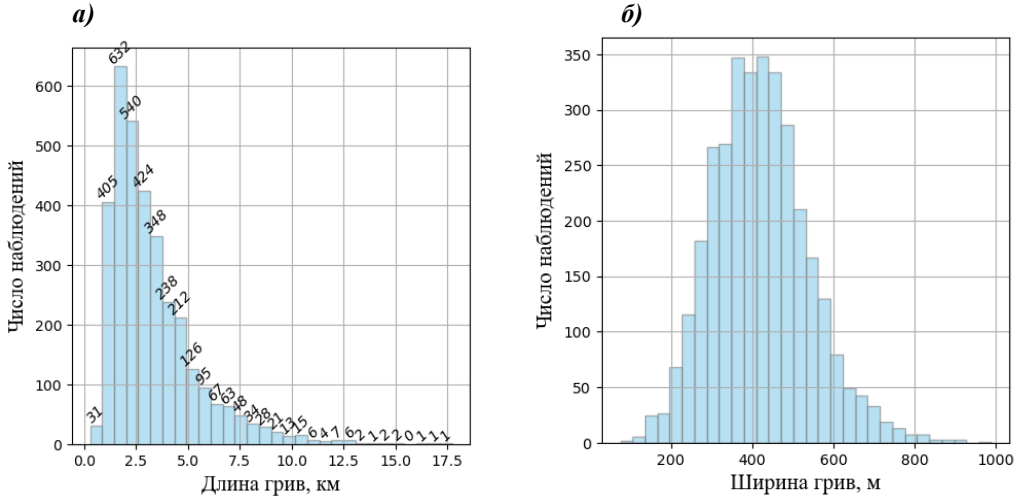


Рис. 3. Графики частоты значений длины (а) и ширины (б) для ареала Chan
Fig. 3. Frequency plots of length (a) and width (б) values for the Chan area

Указанный фактор делает необходимым подробное рассмотрение особенностей полученных данных в контексте ареалов и субареалов.

Чановский ареал (Chan). *Chan A* занимает обширную территорию бессточной части Барабинской низменности от границы Омской и Новосибирской областей до долготы озера Убинское, включая средний и нижний бассейн реки Омь. В северо-восточном направлении субареал участками линейно вытягивается, чаще тяготея к ложбинам и долинам рек. Похожая специфика расположения справедлива множеству небольших полей и единичных грив – *Chan c1-3, d1-2, e1-8, f1*.

Самый южный участок, отделенный от остального субареала локальным возвышением, развивается вдоль реки Баган, где с юга граничит или совместно развивается с полями иного типа дюн (рис. 4). В верховьях реки Чулым фрагментируется с выделением обособленного субареала *Chan B*.

Расположенные западнее *Chan A* отдельные поля могут развиваться как в контексте других дюнных полей (*Chan a3-4*), на восточных бортах озерных котловин (*Chan a5-6*), так и самодостаточно (*Chan a7-8*).

В контексте обозначенной в прошлом разделе классификации необходимо провести краткое описание основных особенностей выделенных нами 7 типов гривного рельефа (рис. 4).

Типы ABCa/b – приурочены к котловине озер Чаны, включая гипсометрические уровни таких озер, как Мал. Чаны, Яркуль, Тухлое, Чебаклы. В основу лег чановский тип по В. А. Николаеву [10]. Являются продолжением двух других районов: *A* и *B*.

Тип A – эталонный ГЛР. Сильно выраженное фронтальное развитие, более слабое продольное. По В. А. Николаеву [10], участок барабинского типа. Включает подтип *ABCa*, представленный выраженными фронтами грив по восточному побережью озера Чаны (включая Юдинский плёс) и участки на западном берегу, где они приурочены к связанным котловинам более мелких озер. Вне озерных котловин представлен несколькими ансамблями ГЛР, среди которых выделяется комплекс из нескольких идущих друг за другом фронтов ГРЛ в районе городов Барабинск и Куйбышев.

Семнадцать процентов гряд имеют ширину меньше 300 или больше 600 м. 50 % имеют искажение контура за счет боковой или реже поперечной нарушенности озерными котловинами. Последнее наиболее выражено на восточных берегах озер Чаны (включая Юдинский плёс) и Мал. Чаны, в том числе ниже уровня воды, что видно на ЦМР котловин этих озер [8]. Треть грив имеет примыкание тем или иным образом.

Расположенные южнее широты 55°30′ и относящиеся к *типу A* гривы образуют правильный рисунок, отличаются большей средней (в дальнейшем ср.) высотой в широком диапазоне – от 3 до 7 м (участками). Севернее значение ср. высот начинает неравномерно падать, на широте 56° правильный рисунок искажается и осложняется бóльшим количеством коротких, низких, узких грив.

Тип B – по В. А. Николаеву [10]. Также участок барабинского типа – менее выраженное фронтальное развитие, более выраженное продольное, общая плотность уменьшается с сохранением как участков высокой плотности, так и с появлением редких одиночных грив. Развивается вместе (где-то «поочередно») с участками типа *A/ABCa*, развивая магистральные участки фронтов, на севере – осуществляя плавный переход между типами *A* и *D*.

На крайнем участке *Chan A* к западу-юго-западу от озера Чаны выражен крупный участок выделяющихся своей шириной грив (от 600 до 850 м) при диапазонах длин 2–13 км и ср. высот 2–5,7 м. В остальных частях только 23 % гряд находится вне диапазона 300–600 м. Распространены примыкания параллельно и «углами».

В пределах северной акватории озера Чаны вне фронтов грив типа *ABCa* форма гряд сильно нарушена, по ЦМР дна [8] прослеживаются затопленные участки, одна грива полностью затоплена. Общее кол-во грив с абразионными нарушениями в пределах котловины Чанов и др. составляет 46 %, вне – 21 %.

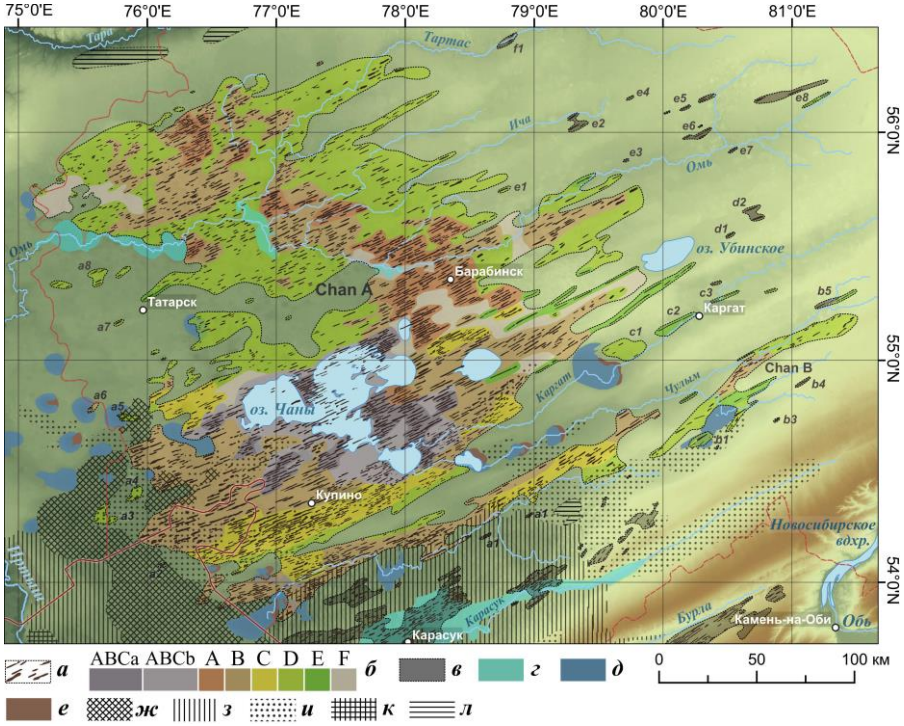


Рис. 4. Карта дифференциации ареала Chan и смежных эоловых форм;
а – гривы, б – выделенные районы Chan (см. описание в тексте); в – другие ареалы гривного рельефа и отдельные восточные участки Chan A; г – озеровидные расширения и древние долины; д – крупные палеоозерные котловины вне ареалов гривного рельефа; е – крупные эоловые структуры; зоны распространения параболических дюн (ж), поперечных дюн (з), дюн неправильной формы и бугристых песков (и), поперечных дюн с наложенными продольными (к), линейных дюн (гривы) (л)
Fig. 4. A map of the differentiation of the Chan range and adjacent aeolian forms;
а – ridges, б – selected Chan areas (see description in the text); в – other areas of the ridge relief and selected eastern parts of Chan A; г – lake-like extensions and ancient river valleys; д – large paleolake basins outside the areas of the ridge relief; е – large aeolian structures; distribution zones of parabolic dunes (ж), transverse dunes (з), irregularly shaped dunes and hummocky sands (и), transverse dunes with superimposed linear dunes (к), linear dunes (griva) (л)

Тип C аналогичен *типу B*, развит вне крупных озерных котловин, выделяется присутствием большого количества (до 45 %) низких (ср. высота – 1,9 м) и коротких (ср. длина – 1,7 км) грив с средней шириной ~300 м, расположенных отдельными массивами или «вперемешку» с более высокими, длинными, широкими гривами. Нарушения очертания контуров гряд имеют единицы за исключением участка к северо-западу от озера Сартлан, для которого они выражены для 50 % гряд и который можно рассматривать как переходный с *ABCa* тип. Очагами распространена сомкнутость углами.

Тип D – по Николаеву тармакульский тип – представлен обширными участками в подавляющем числе обособленных грив. Длина от 1 до 3,5 км, в районе Венгерово 3 ед. 6–7,8 км, встречаются отдельные длинные гривы в тяготеющих к Васюганской равнине участках – до 4–6 км. На центральном западном участке гривы в среднем выше (3–5,5 м), на восточных участках, включая *Chan B*, они ниже 3 м, за исключением редких экземпляров. Ширина стандартная, в среднем течении р. Тартас выделяется участок грив с шириной 600–840 м, на востоке единичные гривы – до 1 км. Только ~17 % относящихся к *типу D* гряд имеют абразионные нарушения. Встречаются редкие примеры сомкнутости под углом или параллельно.

Тип E – тяготеющие к восточной части субареалов *Chan A* и центра *Chan B* цепочки расположенных друг за другом и отдельных грив. Цепочки могут быть представлены короткими (от 2 км) гривами и включать длинные (до 16 км) гряды, обособленные гряды – от 4 до 10 км. Ширина редко превышает 400 м, высота – 3 м. Нарушения контуров отсутствуют. Для расположенных параллельно цепочек может наблюдаться сильное различие по

азимутам. Например, к югу и западу от оз. Убинского расположены две цепочки грив, где вторая цепочка накладывается на котловину озера [2], с диапазонами 51–56 и 63,5–64,7° соответственно.

Tun F – гривный рельеф отсутствует либо выражен крайне слабо.

Для всего субареала *Chan A* наблюдается магистрально изменение азимутов с уменьшением значений с запада на восток и с юга на север.

Севернее Барабинска с юга на север от 59–66 до 57–65°, от 65 на западе до 61° на востоке. Для протяженной части субареала на линии «оз. Чаны – оз. Убинское» наблюдается изменение диапазонов азимутов от 67–72 на западе до 59–64° на востоке. Для южного фрагмента субареала вдоль р. Баган – от 69–76 до 52–58°. Для обоих фрагментов изменения особо выражены в юго-восточных участках.

К западу от поселков Табулга и Чистоозёрное встречаются отдельные или участки копьевидных и вытянутых параболических палеодюн, иногда переходящих в следом идущие гривы. Также группа копьевидных палеодюн прослеживается к югу от оз. Сартлан.

Относящиеся к субареалам *Chan c1-3, d1-2, e1-8, f1* гривы в основном имеют длины 2,5–5,5 км (макс. 7,5 км), ср. высоты от 1 до 3,7 м (макс. 6 м), ширину 200–500 м, для 5 гряд – от 550 до 730 м. Могут быть как одиночные гряды, так и образовываться небольшие комплексы в фронтальном развитии или друг за другом – не более 3–4 единиц. Примыкания и искажения контуров отсутствуют.

Верхнеиртышский ареал (UpIr). Расположен в понижении. На западе начинается в районе русско-казахской границы у села Алабота. Немного расширяясь на юг, продолжается цельным массивом в северо-восточном направлении и заканчивается между селами Каразюк и Дробышево, упираясь в границу 1-й и 2-й надпойменных террас Иртыша. К западу-юго-западу расположена обширная котловина оз. Теке. На соседних водоразделах слабо прослеживаются поперечные и иной формы дюны.

В западной части ареала наблюдается три фронта грив, разделенных озерами Кумдыколь и Алабота. Выражены следы абразии гряд. Восточная часть ареала для наиболее выраженных грив имеет одновременно фронтальное и шахматное распространение. Много примыкающих под углом и расположенных друг за другом грив. Почти для всех озерных котловин отмечается вклинивание в «тело» гряд.

Имеется закономерность по морфометрическим характеристикам. Наиболее длинные гривы (до 8–12 км) связаны с восточной частью ареала и небольшим участком фронта на западе. Для первой группы также характерны несколько большие значения по ср. высоте (4–6,5 м) и ширине (до 550–800 м), тогда как во второй группе встречаются широкие и короткие, высокие и короткие гряды.

Бурлинский ареал (Burl). Полностью расположен в северо-западной части Алтайского края. Начинается фрагментарно в районе оз. Большое Топольное (*Burl a1*) и с. Бурла (*Burl a2*), соседствуя с приуроченными к озерным котловинам серповидными и поперечными дюнами.

Субареал *Burl A* начинается в районе озер Песчаное, Хомутиное, Кабанье, с. Камыши и по левобережью р. Бурлы, несколько сужаясь, продолжается до района с. Хабары. Прослеживается явная закономерность в изменении азимута: на северо-западных участках значения колеблются в основном в диапазоне 59–63°, гряды всего восточного и юго-восточного, тяготеющего к нижней части склона увала Приобского плато, фрагмента ареала имеют значения азимута в диапазоне 57–50°.

По размерным характеристикам можно выделить только восточную оконечность субареала, где наиболее длинные гривы (6–9,6 км) обладают минимальной по меркам подобной длины грив шириной (~300 м). Единичные гривы имеют нарушения контурами озер. На северо-западе фронт грив есть явные абразионные нарушения озерами Хомутиное и Песчаное.

Субареал *Burl B* начинается широким фронтом к востоку от села Плёсо-Курья, планомерно сужаясь простирается вдоль левой стороны ленточного бора в пойме р. Бурлы до с. Высокая Грива. Для северо-западного участка субареала прослеживается визуальное сходство с полями классических линейных дюн: длинные слабо изгибающиеся гряды с выраженными между ними ложбинами шириной 1–1,5 значения от ширины самих дюн. Также для этого участка в рамках субареала справедливы наибольшие значения по длине (9–16 км) и меньшие значения по ширине (230–350 м, 1 ед. – ~500 м), диапазон высот (3–4 м).

В остальных частях комплексы длиной 4–10 км грив разделены фронтами и комплексами более коротких. Для южной стороны субареала прослеживается изменение азимутов от меньших значений к большим (от 44–45 до 50–52°) – гривы расположены вдоль очередного гипсометрического уровня увала. Для восточной части справедливо плавное изменение азимутов от 52–56 до 56°, 1 ед. – 65°.

Небольшой обособленный комплекс из 7 грив *Burl b1* расположен к юго-востоку от с. Прыганка. Для него наблюдаются наибольшие значения азимутов (57–62°, 1 ед. – 64°), средние значения длин (2,8–4,7 км, 1 ед. – 1,7 км) и ср. высоты – 2,5 м, диапазон ширины в 300–540 м.

Для всего ареала *Burl* характерно малое количество сомкнутых каким-либо образом грив.

Карасукский ареал (Kar). Ареал *Kar* соседствует, участками накладывается с обширными ареалами развития переходящих друг в друга полей параболических и поперечных древних дюн; на востоке и на западе – с ареалами закрепленных бугристых песков; в приуроченных к низовьям р. Карасук озерно-болотных котловинах – с палеодюнами неправильной формы.

Основной массив субареала *Kar A* начинается на российско-казахской границе, простираясь сначала по обе стороны, а затем южнее границы Баганского и Карасукского районов Новосибирской области.

Поле гряд активно развито как в фронтальном, так и в продольном направлениях. Состоит из нескольких крупных скоплений и небольших участков с заметным рассредоточением грив. Для субареала прослеживается главенствующий диапазон азимутов в 58–66°, где более восточной части соответствуют преимущественно меньшие значения. Отдельные фрагменты в самой западной части субареала выделяются значениями азимутов в 69–72° и более. По другим показателям зависимостей не прослеживается. Можно выделить лишь редкие, длиной до 9 км гривы с обычной для окрестности ср. высотой 2,6–4,2 м. Более длинные гривы находятся на западе и центре-юго-востоке, более высокие – на западном, восточном краях, очагами в центральной части.

Субареал *Kar B* расположен к западу и северо-западу от пос. Краснoозёрское. Представлен крупным скоплением грив. Характерен диапазон азимутов 47–60°, широкий охват по всем остальным значениям, выделяется две гривы длиной 9,4 и 7,5 км и ср. высотой до 5 м.

Располагаясь на значительной части незанятых другими палео-дюнами зоны развития долин рек Карасук и Баганёнок, субареалы *Kar A* и *B* содержат гривы со следами абразионной деформации в местах контакта с активными руслами рек и озерами. Для 2-го субареала характерна большая доля сомкнутых грив: параллельно и углом. Субареал *Kar a1* расположен к юго-западу от с. Баган. Развит на фоне поля поперечных дюн, что усложняет выделение контуров гряд.

Для *Kar c1-3* характерны рассредоточенность и изменение азимутов от 41 до 33°. Второе закономерно связано с расположением на северном борту концевой части увала. Гряды короткие (1,6–2,6 км), небольшие значения ср. высот (1,6–2,5 м, 1 ед. – 4 м).

Для всех субареалов кроме *Kar c1-3* справедливы отдельные, реже – группами, гривы со значительно меньшим азимутом, чем окрестный массив – 38–45°.

Обсуждение

Вычисление коэффициента корреляции Пирсона как наиболее простого способа оценки зависимости между значениями длины, ср. высоты и ср. ширины показало (табл. 3) присутствие чаще слабой, реже средней зависимости между разными значениями как по ареалам, так и в контексте дифференциации *Chan A*.

Таблица 3
Table 3

Значения коэффициента корреляции Пирсона
по трем парам морфометрических показателей для каждого субареала
Pearson correlation coefficient values for three pairs of morphometric indicators for each subarea

	UpIr	*Kar*	*Burl*	*Burl*	*Chan A (по типам)*						
					ABCa	*ABCb*	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*
Ср. высота (м) к длине (км)	0,62	0,30	0,42	0,47	0,50	0,61	0,43	0,52	0,56	0,33	0,08
Ср. высота (м) к ср. ширине (м)	0,52	0,55	0,37	0,55	0,61	0,67	0,57	0,62	0,68	0,42	0,31
Ср. ширина (м) к длине (км)	0,60	0,37	0,09	0,45	0,48	0,42	0,44	0,49	0,50	0,49	0,28

Возможной причиной отсутствия явных корреляций между показателями может являться относительная метахронность формирования ареалов, а также их составляющих. Малые формы могут рассматриваться в качестве наиболее молодых образований, в противоположность этому крупные гривы являются зрелыми формами. Одновременно с этим дифференциация по размерным характеристикам может свидетельствовать о сложной специфике процесса переноса и аккумуляции материала для синхронно образовавшихся форм. Не исключена справедливость обоих утверждений.

Периодическая неэффективность применения некоторых соотношений чаще наблюдается для сложных эоловых скоплений, занимающих значительные площади [26], что связано с усложнением ветрового режима. Результаты корреляции для грив подтверждают данную особенность, демонстрируя наибольшие значения коэффициента Пирсона для участков типов А – С внутри *Chan A*, в значительной части состоящих из полуобособленных участков гривных фронтов и других комплексов, а также для ареала *UpIr*, для которого прослеживается исключительная среди рассмотренных ареалов динамика увеличения размерных характеристик при переходе от водораздела к пойме Иртыша.

Немаловажную роль в понимании количественных характеристик играют локальные гипсометрические особенности поверхности – перепады высот, определяющие возникновение турбулентных движений воздушных масс. Поверхность Барабинской низменности неоднородна, гривный рельеф тяготеет к переходным зонам, расположенным близ глобальных водоразделов, и часто наиболее выражен в местах локальных водоразделов, бортов котловин.

Среди ареалов наибольшие значения коэффициента Пирсона наблюдаются для соотношения высоты и ширины, что определяется стремлением дюн к равновесию в процессе формирования – при нарастании высоты начинает увеличиваться и ширина [22]. Установленная связь позволяет предположить, что в основе образования грив лежат механизмы, характерные для прямолинейных дюн в аридных регионах.

Представляя собой линейные формы, гривы в процессе формирования требуют меньшего количества материала, нежели морфологически иные типы дюн. Дефицит материала может быть объяснением небольших высот подавляющего числа грив [24].

Особенности расположения и размеров грив указывают на необходимость рассмотрения их в контексте многокомпонентного дюнного поля (рис. 4). При этом, если гривам к югу и юго-западу от Барабинска предшествуют иные эоловые формы, гривы северной части *Chan* граничат с зонами дефляции, т.е. источниками материала. Такая неоднородность в строении поля подчеркивает более сложную динамику эолового геоморфогенеза в районе к юго-востоку и югу от оз. Чаны.

Закономерности изменения азимутов осей грив демонстрируют слабовыраженную вариативность доминирующих северо-восточных ветров, в особенности в восточных и юго-восточных областях, где оказывают моделирующее действие увалы Приобского плато, а к северо-востоку – долины Васюганской равнины.

Длина и ширина грив в пределах котловины оз. Чаны сильно искажены абразионной деятельностью водоема на разных стадиях своего существования. Сохранность подошвенной части грив может говорить о резком повышении уровня озера в прошлом. Нарушенность грив небольшими озерными котловинами, изначально формировавшимися парагенетически с гривами [9], и отдельными речными руслами в других частях ареалов также говорит об обширных процессах, внесших коррективы в геоморфологическую картину региона после завершения образования гривного рельефа.

Присутствие разного рода примыканий между гривами может быть функцией продолжительности процесса, для продольных и угловых примыканий – увеличение объема и дифференциации переносимого материала. Вместе с выраженным диапазоном ориентаций грив это может указывать на многостадийность аккумуляции.

Выводы

Составлено подробное описание границ и особенностей распространения гривного рельефа на территории юга Обь-Иртышского междуречья.

Процесс аккумуляции был сложен, вероятно, имел метахронный характер для разных участков, что объясняет слабую статистическую связь между показателями в большинстве ареалов. В условиях холодного климата источниками значительной части материала были более древние дюны и осушенные в процессе аридизации участки речных долин, а также многочисленные, в том числе крупные, озерные котловины.

Гривные ареалы участками развиваются самодостаточно, большая часть формировалась в контексте сложных дюнных полей, где гривы являются, предположительно, более молодыми эоловыми формами, образованными в условиях сильных северо-восточных ветров и малого количества материала. Реконструируемые по осям грив азимуты ветров слабо менялись от юго-запада к северо-востоку. Увалы Приобского плато оказывали выраженное моделирующее действие на конфигурацию гривных полей.

Для грив внутри ареалов свойственно расположение одиночно, фронтами, а также иными сложными комплексами.

Актуальным направлением исследования является более углубленный анализ статистических показателей и рассмотрение морфометрических характеристик ареалов гривного рельефа в других частях Западной Сибири.

Библиографический список

1. *Архипов С. А.* История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. Западно-Сибирская равнина / под ред. С. А. Архипова, В. В. Вдовина, Б. В. Мизерова и др. М.: изд-во «Наука», 1970. 280 с.

2. *Берг Л. С.* Климат и жизнь / под ред. Л. С. Берга. М.: Гос. изд-во, 1922. 196 с.

3. *Волков И. А., Волкова В. С., Задкова И. И.* Покровные лёссовидные отложения и палеогеография юго-запада Западной Сибири в плиоцен-четвертичное время. Новосибирск: Наука, 1969. 331 с.

4. *Волков И. А.* Роль эолового фактора в эволюции рельефа // Проблемы экзогенного рельефообразования. М.: Наука, 1976. Т. 1. С. 264–289.

5. Геология и полезные ископаемые России. В шести томах. Т. 2. Западная Сибирь / под. ред. В. П. Орлова. СПб: изд-во ВСЕГЕИ, 2000. 477 с.

6. *Гоников Т. В.* Использование космической съемки для изучения количественных закономерностей морфологической структуры грядово-волнистых ландшафтов Северного Прикаспия // Исследование Земли из космоса. 2019. № 1. С. 38–46. DOI: 10.31857/S0205-96142019138-46 EDN: QVQBOY

7. *Гросвальд М. Г.* Евразийские гидросферные катастрофы и оледенение Арктики. М.: Научный мир, 1999. 120 с. ISBN: 5-89176-067-3 EDN: PBUPKQ

8. *Зиновьев А. Т., Дьяченко А. В., Кондакова О. В.* Моделирование термогидродинамических процессов в озере Чаны // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2022. Т. 4. С. 86–92. DOI: 10.33764/2618-981X-2022-4-86-92 EDN: KOKZDQ

9. *Зыкина В. С., Зыкин В. С., Маликова Е. Л.* Лёссово-почвенная последовательность и эоловый рельеф плейстоцена Западной Сибири: хронология и особенности их формирования // Геоморфология и палеогеография. 2024. № 55(2). С. 34–62. DOI: 10.31857/S2949178924020029 EDN: POMXAO

10. *Николаев В. А., Пилькевич И. В., Пучкова Д. В.* Природа гривного рельефа южных равнин Западной Сибири // История развития речных долин и проблемы мелиорации земель. Западная Сибирь и Средняя Азия. 1979. С. 166–178.

11. Новосибирская область. Топографическая карта. Листы N-43-72, N-44-61 / 1:100000 / ФГУП ГосГисЦентр, 2001 : сайт. URL: http://www.etomesto.ru/map-novosibirsk_topographic-map (дата обращения: 01.08.2025)

12. *Орлова Л. А.* Голоцен Барабы: Стратиграфия и радиоуглеродная хронология. Новосибирск: Наука, 1990. 128 с.

13. *Панадиади А. Д.* Барабинская низменность. М.: Гос. изд-во геогр. лит., 1952. 232 с.

14. *Паршин Д. О., Ищенко М. А.* О происхождении гривно-ложбинного рельефа юга Западной Сибири // Географический вестник = Geographical bulletin. 2024. № 2(69). С. 36–49. DOI: 10.17072/2079-7877-2024-2-36-49

15. *Петров Б. Ф.* Происхождение рельефа Барабы // Бюллетень комиссии по изучению четвертичного периода. 1948. № 12. С. 93–97. DOI: 10.17072/2079-7877-2024-2-36-49 EDN: MPQTOP

16. Рельеф Западно-Сибирской равнины / под ред. А. А. Земцова, Б. В. Мизерова, В. А. Николаева и др. Новосибирск: Наука, 1988. 192 с.

17. Тематическое дешифрирование и интерпретация космических снимков среднего и высокого пространственного разрешения / *А. Н. Шихов, А. П. Герасимов, А. И. Пономарчук, Е. С. Перминов.* Пермь: Издательский центр Перм. гос. нац. исслед. ун-т, 2020. 191 с. ISBN: 978-5-7944-3476-7 EDN: SJOODT

18. Унифицированная стратиграфическая схема четвертичных отложений Западно-Сибирской равнины / под ред. В. С. Волкова, А. Е. Бабушкина. Новосибирск: СНИИГГиМС, 2000. 64 с.

19. *Чупина Д. А.* Автоматическое выделение форм и комплексов рельефа на основе морфометрического ГИС-анализа (на примере Венгеровского района Новосибирской области) // Геоморфология. 2014. № 3. С. 43–50. EDN: SNLMGJ

20. *Чупина Д. А., Зольников И. Д.* Геоинформационное картографирование форм и типов рельефа на основе морфометрического анализа // Геодезия и картография. 2016. № 6. С. 35–43. DOI: 10.22389/0016-7126-2016-912-6-35-43 EDN: WFSOBT

21. *Fischer L. M., Sommer C., Fitzsimmons K. E.* An open-source GIS approach to understanding dunefield morphologic variability at Kati Thanda (Lake Eyre), Central Australia // Frontiers in Earth Science. 2023. Vol. 11. DOI: 10.3389/feart.2023.1196244 EDN: FUTPMP

22. *Lancaster N.* Aspects of the morphometry of linear dunes of the Namib Desert // South African Journal of Science. 1981. Vol. 77. P. 366–368.

23. *Lindsay J.* The Whitebox Geospatial Analysis Tools project and open-access GIS // Proceedings of the GIS Research UK 22nd Annual Conference: conference materials (Glasgow, 16–18 April 2014). Glasgow, 2014.

24. *Ma F., Lü P., Cao M.* The Effects of Wind Regime and Sand Supply on the Coexistence of Barchans and Linear Dunes in China's Qaidam Basin // Frontiers in Earth Science. 2022. Vol. 10. P. 1–14. DOI: 10.3389/feart.2022.897640 EDN: XRYPSS

25. *Newman D. R., Lindsay J. B., Cockburn J. M. H.* Evaluating metrics of local topographic position for multiscale geomorphometric analysis // Geomorphology. 2018. No. 312. P. 40–50. DOI: 10.1016/j.geomorph.2018.04.003 EDN: VFWAQI

26. *Telbisz T., Keszler O.* DEM-based morphometry of large-scale sand dune patterns in the Grand Erg Oriental (Northern Sahara Desert, Africa) // Arabian Journal of Geosciences. 2018. Vol. 11. Art. 382. DOI: 10.1007/s12517-018-3738-5 EDN: NRDUXG

27. *Telfer M. W., Fyfe R. M., Lewin S.* Automated mapping of linear dunefield morphometric parameters from remotely-sensed data // Aeolian Research. 2015. No. 19. P. 215–224. DOI: 10.1016/j.aeolia.2015.03.001

28. *Uhe P., Hawker L., Paulo L., Sosa J., Sampson C., Neal J.* FABDEM – A 30m global map of elevation with forests and buildings removed // EGU General Assembly 2022: conference materials (Vienna, 23–27 May 2022). Vienna, 2022. DOI: 10.5194/egusphere-egu22-8994

29. *Wang S., Wu Q., Ward D.* Automated delineation and characterization of drumlins using a localized contour tree approach // International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 2017. No. 62. P. 144–156. DOI: 10.1016/j.jag.2017.06.006

30. *Wilson J., Gallant J.* Terrain Analysis: Principles and Applications. John Wiley & Sons, 2000. 520 p.

References

1. Arkhipov S. A. *Istoriya razvitiya rel'efa Sibiri i Dal'nego Vostoka. Zapadno-Sibirskaya ravnina* [The history of the development of the relief of Siberia and the Far East. The West Siberian Plain]. Moscow: izdatel'stvo «Nauka», 1970. 280 p. (In Russ.)

2. Berg L. S. *Klimat i zhizn'* [Climate and life]. Moscow: Gosudarstvennoe izdatel'stvo, 1922. 196 p. (In Russ.)

3. Volkov I. A., Volkova V. S., Zadkova I. I. *Pokrovnye lessovidnye otlozheniya i paleogeografiya yugo-zapada Zapadnoi Sibiri v pliotsen-chetvertichnoe Vremya* [Covering loess deposits and paleogeography of the south-west of Western Siberia during the Pliocene-Quaternary period]. Novosibirsk: Nauka, 1969. 331 p. (In Russ.)

4. Volkov I. A. Rol'eolovogo faktora v evolyutsii rel'efa [The role of the aeolian factor in the evolution of the landscape]. *Problemy ekzogennogo rel'efoobrazovaniya*. Moskva: Nauka, 1976, vol 1, pp. 264–289. (In Russ.)

5. *Geologiya i poleznye iskopaemye Rossii / pod red. V. P. Orlov* [Geology and Minerals of Russia / edited by V. P. Orlov]. V shesti tomakh. T. 2. Zapadnaya Sibir'. Saint Petersburg: izdatel'stvo VSEGEI, 2000. 477 p. (In Russ.)

6. Gonikov T. V. using remote sensing to studying quantitative properties of ridge landscapes morphological structure in the Caspian Lowland. *Issledovanie zemli iz kosmosa*, 2019, no 1, pp. 38–46. (In Russ.) DOI: 10.31857/S0205-96142019138-46

7. Grosval'd M. G. *Evraziiskie gidrosfernye katastrofy i oledenenie Arktiki* [Eurasian Hydrosphere Disasters and Arctic Glaciation]. Moscow: Nauchnyi mir, 1999. 120 p. (In Russ.)

8. Zinoviev A. T, Dyachenko A. V., Kondakova O. V. Modeling of thermohydrodynamic processes in Lake Chany. *Interekspo Geo-Sibir'*, 2022, vol. 4, pp. 86–92. (In Russ.) DOI: 10.33764/2618-981X-2022-4-86-92

9. Zykina V. S., Zykin V. S., Malikova E. L. Pleistocene loess-soil sequence and aeolian relief of Western Siberia: chronology and features of their formation. *Geomorfologiya i Paleogeografiya*, 2024, no. 55(2), pp. 34–62. (In Russ.) DOI: 10.31857/S2949178924020029

10. Nikolaev V. A., Pil'kevich I. V., Puchkova D. V. Priroda grivnogo rel'efa yuzhnykh ravnin Zapadnoi Sibiri [The nature of the ridge relief in the southern plains of Western Siberia]. *Istoriya razvitiya rechnykh dolin i problemy melioratsii zemel'. Zapadnaya Sibir' i Srednyaya Aziya*. 1979, pp. 166–178. (In Russ.)

11. *Novosibirskaya oblast'. Topograficheskaya karta. Listy N-43-72, N-44-61 / 1:100000 / FGUP GosGisTSentr, 2001* [Novosibirskaya oblast'. Topograficheskaya karta. Listy N-43-72, N-44-61 / 1:100000 / FGUP GosGisTSentr, 2001]. URL: http://www.etomesto.ru/map-novosibirsk_topographic-map (Accessed 1 August 2025). (In Russ.)

12. Orlova L. A. *Golotsen Baraby: Stratigrafiya i radiouglerodnaya khronologiya* [The Holocene of the Baraba: Stratigraphy and Radiocarbon Chronology]. Novosibirsk: Nauka, 1990. 128 p. (In Russ.)

13. Panadiadi A. D. *Barabinskaya nizmennost'* [Barabinsk lowland]. Moscow: Gosudarstvennoe izdatel'stvo geograficheskoi literatury, 1952. 232 p. (In Russ.)

14. Parshin D. O., Ishchenko M. A. About the genesis of the ridge-hollow relief in the south of Western Siberia. *Geographical Bulletin*, 2024, no. 2(69), pp. 36–49. (In Russ.) DOI: 10.17072/2079-7877-2024-2-36-49

15. Petrov B. F. Proiskhozhdenie rel'efa Baraby [The origin of the Baraba relief]. *Byulleten' komissii po izucheniyu chetvertichnogo perioda*, 1948, no. 12, pp. 93–97. (In Russ.)

16. *Rel'ef Zapadno-Sibirskoi ravniny / pod red. A. A. Zemtsov, B. V. Mizerov, V. A. Nikolaev i dr* [Relief of the West Siberian Plain / edited by A. A. Zemtsov, B. V. Mizerov, V. A. Nikolaev, et al.]. Novosibirsk: Nauka, 1988. 192 p. (In Russ.)

17. *Tematicheskoe deshifrirovanie i interpretatsiya kosmicheskikh snimkov srednego i vysokogo prostranstvennogo razresheniya* / *Shikhov A. N., Gerasimov A. P., Ponomarchuk A. I., Perminova E. S.* [Thematic interpretation and analysis of medium and high spatial resolution satellite images]. Perm: Izdatel'skii tsentr Permskogo gosudarstvennogo natsional'nogo issledovatel'skogo universiteta, 2020. 191 p. (In Russ.)

18. *Unifitsirovannaya stratigraficheskaya skhema chetvertichnykh otlozhenii Zapadno-Sibirskoi ravniny / pod red. V. S. Volkova, A. E. Babushkin* [Unified Stratigraphic Scheme of Quaternary Deposits in the West Siberian Plain / edited by V. S. Volkov and A. E. Babushkin]. Novosibirsk: SNIIGGiMS, 2000. 64 p. (In Russ.)

19. Choupina D. A. An automatic identification of landforms and their complexes based on GIS analysis of morphometric parameters (Vengerovsk area of Novosibirsk region as an example). *Geomorphology*, 2014, no. 3, pp. 43–50. (In Russ.) DOI: 10.15356/0435-4281-2014-3-43-50

20. Choupina D. A., Zolnikov I. D. GIS-mapping of form and types of relief based on morphometric analysis. Geodeziya i kartografiya, 2016, no. 6, pp. 35–43. (In Russ.) DOI: 10.22389/0016-7126-2016-912-6-35-43

21. Fischer L. M., Sommer C., Fitzsimmons K. E. An open-source GIS approach to understanding dunefield morphologic variability at Kati Thanda (Lake Eyre), Central Australia. *Frontiers in Earth Science*, 2023, vol 11. DOI: 10.3389/feart.2023.1196244

22. Lancaster N. Aspects of the morphometry of linear dunes of the Namib Desert. *South African Journal of Science*, 1981, vol. 77, pp. 366–368.

23. Lindsay J. The Whitebox Geospatial Analysis Tools project and open-access GIS. In *Proceedings of the GIS Research UK 22nd Annual Conference* (Glasgow, 16–18 April 2014). Glasgow, 2014.

24. Ma F., Lü P., Cao M. The Effects of Wind Regime and Sand Supply on the Coexistence of Barchans and Linear Dunes in China's Qaidam Basin. *Frontiers in Earth Science*, 2022, vol. 10, pp. 1–14. DOI: 10.3389/feart.2022.897640

25. Newman D. R., Lindsay J. B., Cockburn J. M. H. Evaluating metrics of local topographic position for multiscale geomorphometric analysis. *Geomorphology*, 2018, no. 312, pp. 40–50. DOI: 10.1016/j.geomorph.2018.04.003

26. Telbisz T., Keszler O. DEM-based morphometry of large-scale sand dune patterns in the Grand Erg Oriental (Northern Sahara Desert, Africa). *Arabian Journal of Geosciences*, 2018, vol. 11, art. 382. DOI: 10.1007/s12517-018-3738-5

27. Telfer M. W., Fyfe R. M., Lewin S. Automated mapping of linear dunefield morphometric parameters from remotely-sensed data. *Aeolian Research*, 2015, no. 19, pp. 215–224. DOI: 10.1016/j.aeolia.2015.03.001

28. Uhe P., Hawker L., Paulo L., Sosa J., Sampson C., Neal J. FABDEM – A 30m global map of elevation with forests and buildings removed. In *EGU General Assembly 2022*. (Vienna, 23–27 May 2022). Vienna, 2022. DOI: 10.5194/egusphere-egu22-8994

29. Wang S., Wu Q., Ward D. Automated delineation and characterization of drumlins using a localized contour tree approach. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2017, no. 62, pp. 144–156. DOI: 10.1016/j.jag.2017.06.006

30. Wilson J., Gallant J. Terrain Analysis: Principles and Applicationsю John Wiley & Sons, 2000. 520 p.

Статья поступила в редакцию: 15.09.25, одобрена после рецензирования: 26.01.26, принята к опубликованию: 11.06.26.

The article was submitted: 15 September 2025; approved after review: 26 January 2026; accepted for publication: 11 June 2026.

Информация об авторах

Марк Андреевич Ищенко
Магистр географических наук, Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет;
127299, Россия, г. Москва, ул. Бол. Академическая, д. 18А

Information about the authors

Mark A. Ishchenko
Master of Geographical Sciences, Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University;
18A, Bolshaya Akademicheskaya st., Moscow, 127299, Russia

e-mail: ischenkom1998@gmail.com

Даниил Олегович Паршин
Аспирант кафедры геоморфологии, Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет;
194363, Россия, г. Санкт-Петербург, Толубеевский проезд, д. 24

Daniil O. Parshin
Postgraduate Student, Department of Geomorphology, Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University;
24, Tolubeevskii proezd, St. Petersburg, 194363, Russia

e-mail: dannparshin@yandex.ru

Вклад авторов

Ищенко М. А. – идея статьи, обработка геоданных и создание картографических изображений, сбор и обработка литературных источников, написание статьи.

Паршин Д. О. – сбор и обработка литературных источников, анализ полученных данных, написание статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors

Mark A. Ishchenko – the idea of the article; geodata processing and creation of cartographic images; collection and processing of literary sources; writing of the article.

Daniil O. Parshin – collection and processing of literary sources; analysis of the received data; writing of the article.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.