

Научная статья
УДК 528.9(575.4)
DOI 10.37724/RSU.2022.77.4.015

Геоинформационное картирование рельефа Республики Туркменистан

Алексей Юрьевич Воробьев¹, Реджепбай Бешимович Халмурадов²,
Анна Александровна Балобина³, Александр Сергеевич Кадыров⁴

^{1, 2, 3, 4} Рязанский государственный университет имени С. А. Есенина, Рязань, Россия

¹ a.vorobyov90@mail.ru

² rejepbayhalmuradow@yandex.ru

³ balobina-anna@rambler.ru

⁴ alieksandr.kadyrov.93@mail.ru

Аннотация. Авторы статьи, используя данные цифровой модели местности SRTM (съёмка 2014 года), составили несколько карт для описания рельефа Туркменистана в программе геоинформационной системы QGIS v. 3.4. Выделение типов морфоскульптуры и фрагментация чехла четвертичных отложений основывались на дешифрировании космических снимков высокого и сверхвысокого разрешения, а также на оцифровке карт, созданных специалистами десятилетия назад. Количественная обработка результатов картирования позволила подтвердить известные и установить неочевидные закономерности пространственной организации морфоскульптуры и преобладающих четвертичных осадков по высотным уровням Республики Туркменистан.

Ключевые слова: четвертичные отложения, гипсометрия рельефа, морфоскульптура, Туркменистан, SRTM, QGIS, геоморфологическое картирование.

Для цитирования: Воробьев А. Ю., Халмурадов Р. Б., Балобина А. А., Кадыров А. С. Геоинформационное картирование рельефа Республики Туркменистан // Вестник Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина. 2022. № 4 (77). С. 147–162. DOI: [10.37724/RSU.2022.77.4.015](https://doi.org/10.37724/RSU.2022.77.4.015).

Original article

Geomorphological Mapping of the Relief of the Republic of Turkmenistan

Aleksey Yu. Vorobyev¹, Redzhepbay B. Khalmuradov²,
Anna A. Balobina³, Aleksandr S. Kadyrov⁴

^{1, 2, 3, 4} Ryazan State University named for S. A. Yesenin, Ryazan, Russia

¹ a.vorobyov90@mail.ru

² rejepbayhalmuradow@yandex.ru

³ balobina-anna@rambler.ru

⁴ alieksandr.kadyrov.93@mail.ru

Abstract. The authors of the article use the SRTM digital elevation data and the QGIS v. 3.4 data management to create maps of Turkmenistan. They analyze high resolution images made from space and digitalized versions of maps created decades ago to investigate types of morphosculpture and quaternary deposits. The quantitative analysis of mapping results enables the authors to prove already known patterns and to discover elusive patterns characteristic of the morphological structure and quaternary deposits of the Republic of Turkmenistan.

Keywords: quaternary deposits, hypsometry, morphosculpture, Turkmenistan, SRTM, QGIS, geomorphological mapping.

For citation: Vorobyev A. Yu., Khalmuradov R. B., Balobina A. A., Kadyrov A. S. Geomorphological Mapping of the Relief of the Republic of Turkmenistan. *The Bulletin of Ryazan State University named for S. A. Yesenin.* 2022; 4 (77):147–162. (In Russ.). DOI: [10.37724/RSU.2022.77.4.015](https://doi.org/10.37724/RSU.2022.77.4.015).

Введение

Цели и задачи географических исследований исторически всегда предполагали обязательное отображение территории работ в виде формализованного продукта — карты. Первые карты территории Турана были составлены еще в Средние века [Федчина, 1967], однако надежная база источников картографирования и строгая математическая основа отличает карты, созданные в поздний период существования Российской империи (карта Хорезма 1827 года, карта западной части Средней Азии 1838 года, карта Центральной Азии 1904 года). В советское время, уже к 1950-м годам, передача данных в виде формализованной системы знаков стала неременным спутником геологических [Овчинников, 1959 ; Амурский, 1966 ; Спиридонов, 1974 ; Возрастная и формационная корреляция ... , 1977 ; Лазаренко, 1982] и географических [Арманд, Добрынин, Ефремов, 1956 ; Федорович, 1975 ; Космическая съемка ... , 1980] исследований юго-западной части упомянутого региона, в пределах которой находится Республика Туркменистан. Территория этого государства составляет 491 тыс. км², поэтому целиком она обычно отображалась на средне- (масштаб 1:200000 — 1:1000000) и мелкомасштабных картах (масштаб менее 1:1000000).

За последние два-три десятилетия вышло не так много работ, посвященных геоморфологическому картированию Республики Туркменистан [Кузьмина, Трешкин, 2012 ; Henebry, De Beurs, Gitelson, 2005 ; Smalley, Mavlyanova, 2006]. В большей степени это связано с хорошей изученностью рельефа юго-запада Турана в советское время, однако многие из вопросов тематического картографирования остаются непроработанными. К числу проблемных направлений относится составление общих и частных геоморфологических карт на основе актуальных данных спутниковой альтиметрии (цифровые модели местности — DEM) и спутниковых данных дистанционного зондирования (ДДЗ). В настоящей работе мы предприняли попытку построения серии новых карт для территории Туркменистана на основе геоинформационного моделирования в QGIS. Отмеченная задача решалась нами с помощью уже ставших традиционными методов интеграции векторных и растровых данных в одном тематическом ГИС-проекте [Лурье, 2010].

Выбор задач картографирования достаточно прост, если исходить из самого определения понятия «рельеф», под которым мы подразумеваем геологические тела, имеющие выражение на земной (экспонированной) поверхности [Флоренсов, 1976]. Необходимыми аналитическими картами, с которых начинается процесс геоморфологического изучения территории, в подобном случае должны быть карта абсолютных высотных отметок высот (физическая карта), карта четвертичных отложений (геологическое наполнение рельефа) и карта морфоскульптуры (генетический тип и морфология рельефа). Понятно, что методика тематического картографирования в процессе подготовки каждой из отмеченных карт может и должна включать также нанесение прочих объектов (гидрологических, административных). Но составление самих знаковых моделей, от выбора источников данных до вывода цветного макета, требует следования специальным алгоритмам, которые успешно наследуются современными ГИС от картографических наставлений XX века [Лурье, 2010].

Материалы и методы

На многих электронных ресурсах имеются значительные массивы геопространственных данных о природе стран среднеазиатского региона, которые, в отличие от аналогичных массивов Русской равнины, еще слабо вовлечены в аналитическую работу, хотя опыт картирования территории Туркменской ССР по дистанционным материалам имеется с 1980-х годов [Космическая съемка ... , 1980 ; Геологическое дешифрирование ... , 1981]. ГИС-моделирование выбранной территории осуществлялось нами как в виде векторного оверлея на основе привлечения спутниковых фотографий с морфологическим рисунком поверхности, так и с помощью интерполяции современных растровых данных о высоте местности. Вместе с тем теоретической и содержательной основой наших карт были также данные о генезисе, строении и морфоскульптурном облике рельефа в районе исследования, полученные из более ранних работ второй половины XX века [Ташлиев, 1971 ; Федорович, 1975 ; Возрастная и формационная корреляция ... , 1977 ; Долгушин, Осипова, 1989 ; Андреев, Бушманин, 1992]. Оцифровка тематических карт 50–70-летней давности, хотя и весьма требовательна к дробности дешифрирования современных ДДЗ, открывает возможности для формирования представлений о геоморфологии Туркменистана в контексте кумулятивного накопления знаний о рельефе с течением времени.

Цифровая модель территории (ЦММ) Республики Туркменистан и сопредельных районов (SRTM C-SIR) стала фактической основой настоящего исследования. В ГИС-проект были также интегрированы спутниковые снимки сверхвысокого разрешения с аппаратов WorldView-3, WorldView-4, GeoEye-1, опосредованно использованные через растровые слои-подложки служб Google Earthtm и Yandex Satellite. Подложки веб-карт, интегрированные в QGIS v. 3.4.,

предоставляли дополнительные возможности для верификации морфологического облика рельефа в различных позициях, особенно песчаных пустынь. Максимальная разрешающая способность названных выше спутников составляет 0,3–0,5 м (в панхроматическом канале), что более чем достаточно для визуального распознавания мезоформ рельефа различного генезиса.

В свою очередь, продукция компаний NASA/JPL-Caltech [Rodriguez, Morris, Belz [et all.], 2005 ; Farr, Rosen, Caro [et all.], 2007] применялась для построения производной векторной карты — гипсометрической модели поверхности Республики Туркменистан (рис. 1). Следует отметить, что ЦММ — регулярные сети высотных отметок дневной поверхности суши — находят широкое применение в самых разных отраслях геоморфологии [Basnet, Acharya, Bhandari, Sadadev [et all.], 2019 ; Kaspark, Bransky, Sankey [et all.], 2019 ; Li, Song, Fitzsimmons [et all.], 2020 ; Syvitski, Overeem, Brakenridge, Hannon [et all.], 2012]. Особое значение такие ЦММ, как SRTM, ASTER GDEM, ALOS PALSAR, имеют в России и ряде стран бывшего СССР, в которых отмечается недостаток современных (2000–2020-е годы) топографических данных и их труднодоступность.

Популярность модели SRTM обусловлена беспрепятственным доступом к необработанным снимкам [Farr, Rosen, Caro [et all.], 2007], пространственным разрешением ячейки раstra 1×1 с (30×30 м), соизмеримым с разрешением свободно распространяемых мультиспектральных геоданных (например, Landsat). Как и на прочих участках суши между 60° с. ш. и 56° ю. ш., территория Туркменистана в материалах миссии SRTM представлена в виде растровых листов в системе координат WGS84.

Из разновидностей продукции компаний NASA/JPL-Caltech нами использовались данные проекта SRTM с интеграцией в архитектуру спутниковых приборов интерферометра SRL SIR-C, обеспечивающего односторонние интерферометрические операции (съемка 2014 года). Глобальная верификация модели по наземной топографии показала, что на разных широтах искажения отметок абсолютных высот колебались в диапазоне 0–16 метров (в среднем в мире — около 5–6 м) [Rodriguez, Morris, Belz [et all.], 2005]. Около 90 % сумм ожидаемых ошибок для территории Туркменистана составляют порядка 2–3 метров (наибольшими ошибки были для высокогорных систем Гималаев и Анд). В новейшей работе по моделированию поверхности Восточно-Европейской равнины было установлено, что модель SRTM SIR-C (по сравнению с моделями SRTM X-SAR, ALOS World3D-30m и ASTER GDEM v.2) имеет наименьшие стандартные отклонения и средние ошибки как длин склонов, так и углов наклона, и подходит для тематического геоморфологического картирования в среднем и мелком масштабе [Ашаткин, Мальцев, Гайнутдинова [и др.], 2020].

При составлении физической карты (растровой модели) территории Туркменистана и смежных районов (рис. 1) были объединены 173 растровых листа протяженностью в 1° по широте и долготе. Интерполяция и передискретизация изображений в настоящем исследовании не применялись, так как исходного разрешения достаточно, а расчеты по модели (кроме площади) не производились. Пройгнорированы были и фильтры размытия, которые можно вызвать на консоли Python, по причине недопустимости снижения детальности изображения: построенная модель применялась для распознавания типа мезорельефа, и любое необоснованное нарушение частотности может привести к потере информации. Так, например, мажоритарный фильтр может по принципу большинства изъять мелкие элементы, а сглаживание по Лапласу, вероятно, объединит в линейные контуры даже замкнутые формы (барханы, ячеистые гряды, небольшие котловины солончаков) [Лайонс, 2006]. Полученной модели присвоена шкала со стандартными геоморфологическими интервалами высот: впадины (<0 м), низменности (0–200 м), возвышенности (200–1000 м), низкогорья (1000–2000 м), среднегорья (2000–3000 м) и высокогорья (>3000 м) [Леонтьев, Рычагов, 1979].

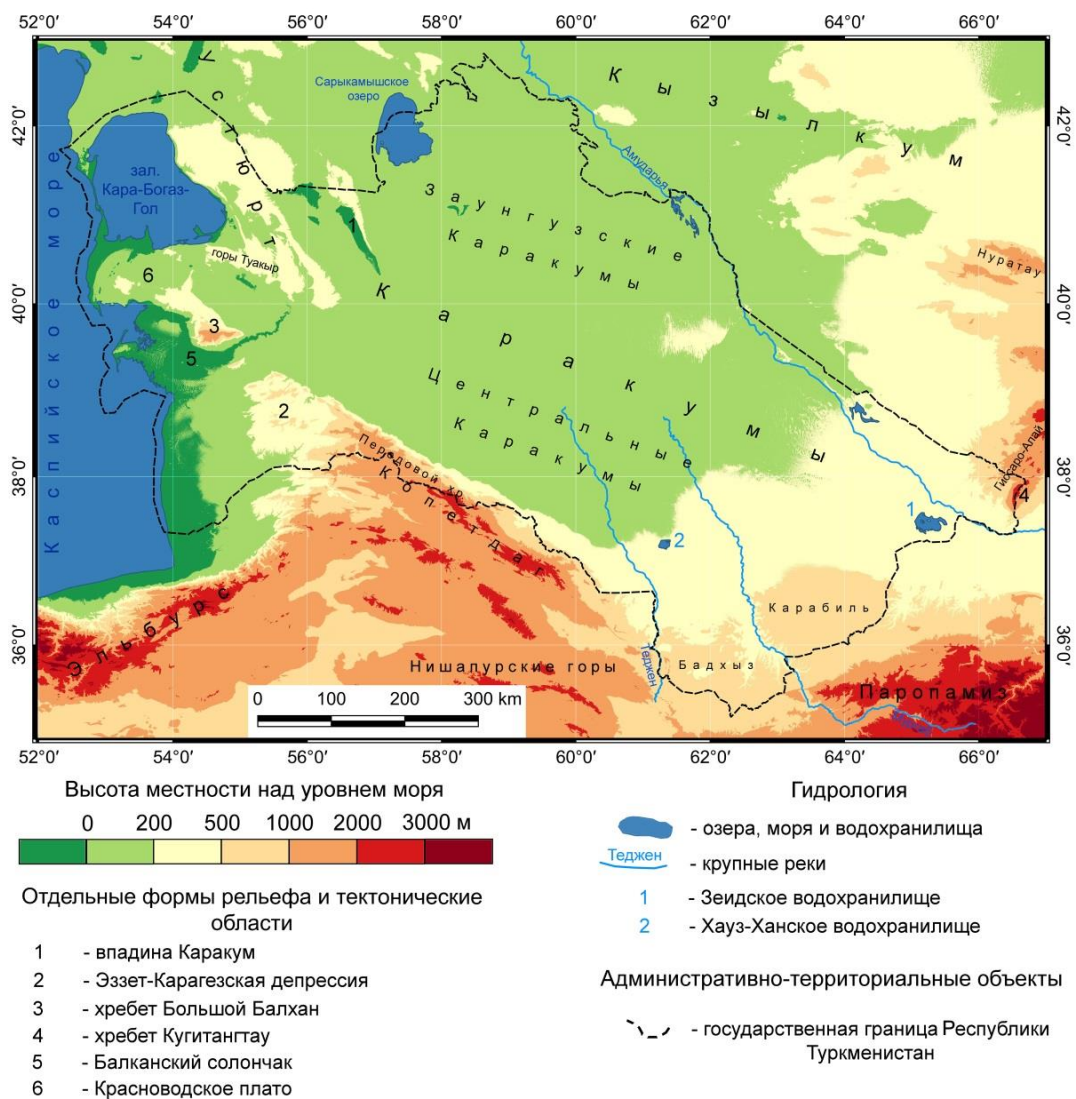
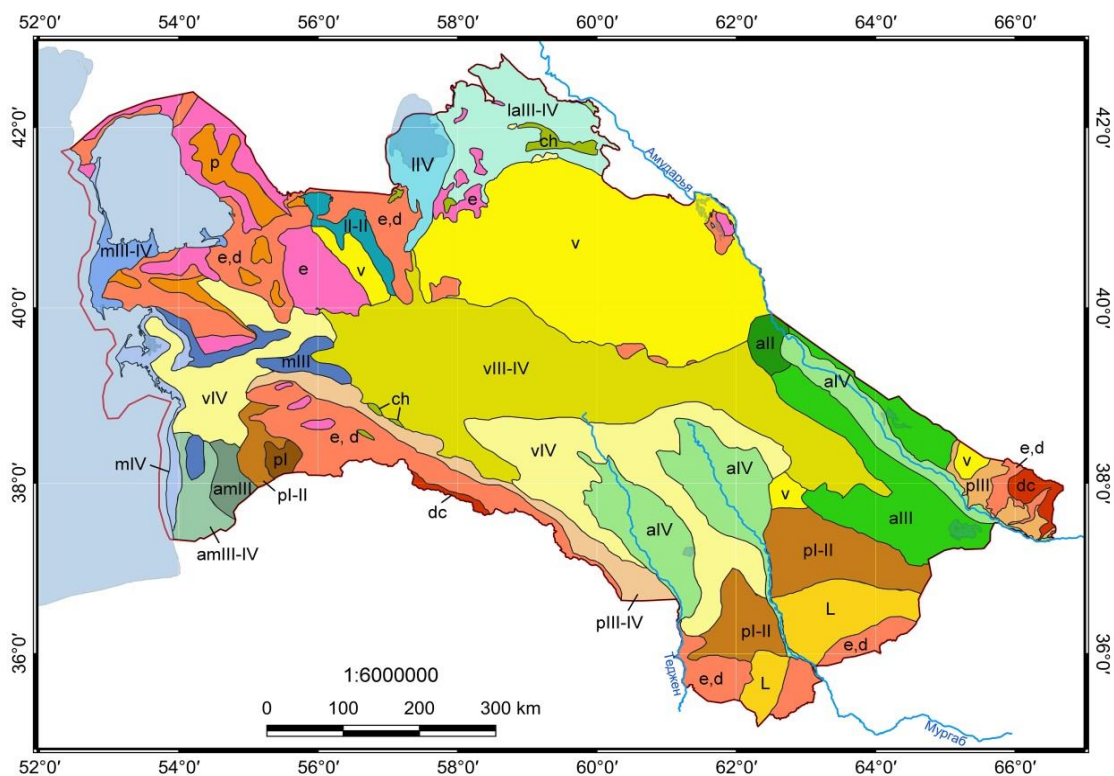


Рис. 1. Физическая карта Республики Туркменистан

Карта четвертичных отложений территории Туркменистана (рис. 2) является результатом оцифровки известного графического продукта, составленного для территории всего СССР [Карта четвертичных отложений, 1983]. Последний был интегрирован в ГИС-проект и перепроецирован в систему координат WGS84. Содержание советской карты четвертичных отложений, ввиду ее высокой генерализации в исходном масштабе (1:1600000), было дополнено нами с учетом материалов геолого-разведочных работ, выполненных в границах Республики 1970–1990-х годов [Овчинников, 1959 ; Амурский, 1966 ; Ташлиев, 1971 ; Геология СССР, 1972 ; Возрастная и формационная корреляция ... , 1977 ; Полетаев, 1986]. В цветовую схему генетических типов отложений также были внесены частные изменения для увеличения яркости и контрастности изображения. Однако общее расположение классифицируемых элементов в кодировке RGB не изменилось. Так, золотые осадки обозначаются оттенками желтого цвета, пролювиальные — оранжевыми тонами, а элювиальные отложения выделяются розовым тоном. Выбрана матричная легенда карты [Спиридонов, 1974 ; Салищев, 1987], оптимальная при наличии двух признаков классификации, которые в нашем случае представлены возрастом четвертичных пород и главным рельефообразующим фактором.



Легенда:

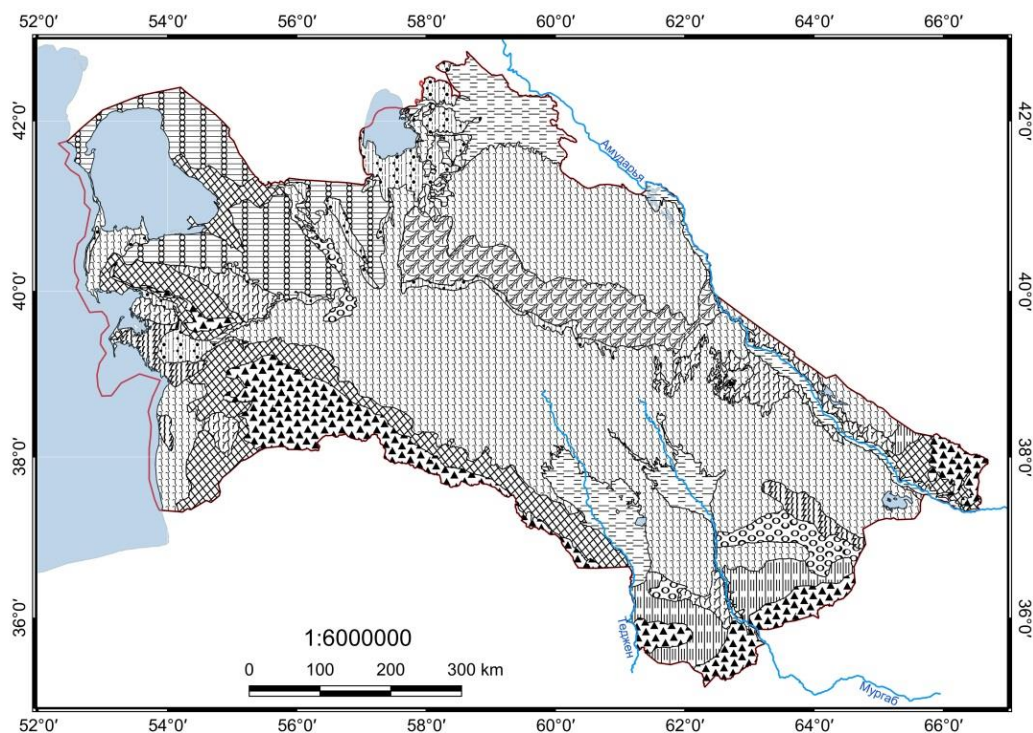
Четвертичные отложения

Отложения	нижне-плейстоценовые	нижне-средне-плейстоценовые	средне-плейстоценовые	верхне-плейстоценовые	верхне-плейстоценовые-голоценовые	голоценовые	нерасчлененные
Аллювиальные			■ aII	■ aIII		■ aIV	
Озерно-аллювиальные					■ laIII-IV		
Озерные		■ II-II				■ IIIV	
Проловиальные	■ pI	■ pI-II		■ pIII	■ pIII-IV		■ p
Эоловые					■ vIII-vIV	■ vIV	■ v
Лёссы							■ L
Морские				■ mIII	■ mIII-IV	■ mIV	
Прибрежно-лагунные				■ amIII	■ amIII-IV		
Хемогенные							■ ch
Элювиальные							■ e
Элювиальные и делювиальные							■ e, d
Делювиально-коллювиальные							■ dc

Рис. 2. Карта четвертичных отложений Республики Туркменистан

Среди основных работ по классификации форм рельефа исследованной нами территории следует назвать обстоятельные сводки И. С. Щукина и Б. А. Федоровича [Щукин, 1960 ; Федорович, 1975, 1983]. Схема распространения эоловых и иных форм рельефа, привлеченная из отмеченных работ, легла в основу нашей геоморфологической карты (рис. 3). Учитывалось, однако, что подтип эоловой морфоскульптуры на конкретном участке мог измениться за 40–50 лет. Поэтому представленная в данном исследовании геоморфологическая карта есть результат наложения спутниковых снимков второй половины 2010-х годов и ГИС-адаптации графических приложений из более ранних работ советских исследователей. Отметим, что главными дешифрировочными признаками разновидностей эоловой морфоскульптуры были форма, размер и ориентировка морфологических элементов (рис. 4). Дешифрирование осуществлялось вручную, причем для всякого произвольно выбранного участка местности выделялись скелетные линии рельефа по

оттененной модели SRTM (масштабирование — 1, азимут — 100–200°, высота солнца — 40–60°) с пятиметровым шагом изогипс.



Легенда:

Преобладающий современный рельеф

- | | | | |
|--|---|--|----------------|
| <i>эоловый</i> | | <i>антропогенно-флювиальный</i> | |
| - кыровый рельеф | - делювиальные и пролювиальные шлейфы и конусы выноса с селитьбой и мелиорацией | - внутренние дельты рек и аллювиальные равнины с селитьбой и мелиорацией | |
| - пески грядовые и грядо-ячеистые | | | |
| - пески ячеистые и котловинные | | | |
| - барханы и барханные цепи | | | |
| - граблевидные песчаные гряды | | | |
| <i>склоново-эолово-флювиальный</i> | | <i>хемогенно-карстовый</i> | |
| - овраги, долины временных водотоков, такыры и шоры на лессах и песчаниках | - провалы, воронки, пещеры, солончаки на каменно-глинистых плато | | |
| <i>флювиально-склоновый</i> | | <i>эолово-хемогенный</i> | |
| - эрозионно-денудационные формы: глубокие долины рек и горные хребты | - солончаки, шоры в сухих и пересыхающих котловинах озер и впадин | | |
| - моря, озера и водохранилища | Гидрология | - Амударья | - крупные реки |
| - государственная граница Республики Туркменистан | Прочие объекты | | |

Рис. 3. Геоморфологическая карта Республики Туркменистан

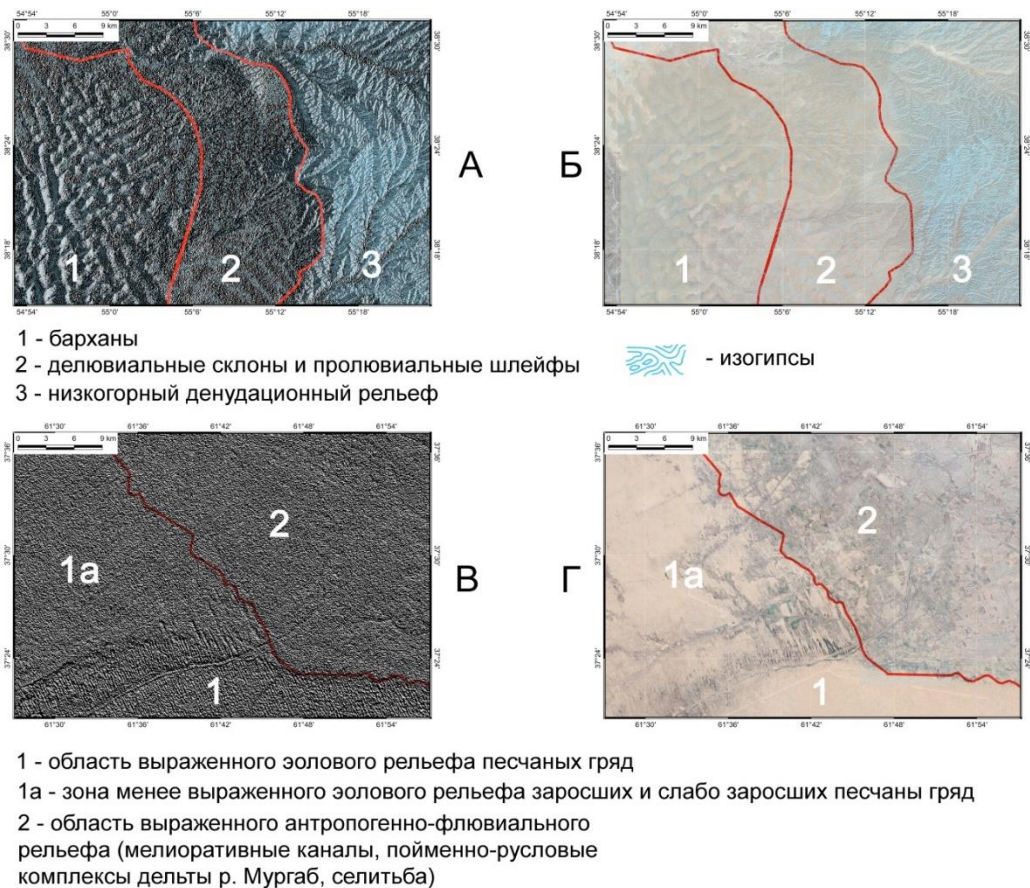


Рис. 4. Пример дешифрирования ареалов морфоскульптуры по ДДЗ

Пример морфологически четкой дифференциации типов морфоскульптуры представлен на верхних фрагментах графического приложения (рис. 4а, 4б), хотя ЦММ все равно не различает делювиальные эрозионные формы и мелкие барханы. Ориентировка и кривизна линейных и квазилинейных неровностей — важнейший признак, по которому возможно разделение флювиального и эолового рельефа (рис. 4в, 4г), даже если последний почти не выражен в проективном покрытии ЦММ [Ефремов, 1949 ; Otto, Smith, 2016]. Так, в районе между внутренними дельтами рек Мургаб и Теджен пространственно преобладает морфоскульптура молодых, сформировавшихся на опустыненных окрестностях Каракумского канала имени Ленина песчаных гряд, а пашня и поймы мельчайших ручьев занимают подчиненное положение.

Легенда геоморфологической карты сконструирована по групповому принципу. Выделением пяти подгрупп учитывалась подробная классификация рельефа песков пустынь, остальные групповые элементы легенды включают не более двух таксонов. Единичная группа — двух- или трехчленное название типа рельефа (по преобладающим факторам рельефообразования). Введенные названия основаны на результатах дешифрирования, геолого-геоморфологических источниках, справочной информации о качественной латеральной структуре аридных ландшафтов Туркменистана [Долгушин, Осипова, 1989 ; Кузьмина, Трешкин, 2012].

Важно, что принимается во внимание практически повсеместное модулирование человеком наиболее благоприятных для хозяйственной деятельности естественных геокомплексов. Так, выделены антропогенно-аллювиальная и антропогенно-пролювиальная морфоскульптуры, поскольку в 2010-е годы стали все более убедительными доводы сторонников учета роли антропогенного рельефа в местных его классификациях [Brown, Tooth, Bullard [et al.], 2017]. При комплектовании групповых названий также учитывалось широкое распространение в пределах плато Устюрт сухих впадин бывших водоемов точечных объектов — солончаков и шор (отсюда приставка «хемогенный»).

Кроме того, отметим, что все три полученные аналитические схемы районирования территории Республики Туркменистан являются цифровыми информационными моделями, а не моделями образно-знаковыми, как, например, топографические карты. Тем не менее, представленные в виде картографического изображения, они могут с полным правом считаться картами [Салищев, 1987 ; Лурье, 2010].

Морфоскульптура и четвертичные отложения Туркменистана

Республику Туркменистан с уверенностью можно назвать равнинным государством, поскольку 59 % его территории занимают низменности, приподнятые над уровнем моря не более чем на 200 метров. Еще около 4 % земельного фонда находится ниже уровня моря, и в этом отношении Туркменистан входит в перечень немногочисленных стран, имеющих в своих границах сухие впадины морских и озерных водоемов. Четверть территории государства занимают возвышенности (200–500 м). Низкогорья (500–1000 м) являются уже гораздо более частными комплексами форм макрорельефа, распространенными всего лишь на 7 % площади Туркменистана. На нижнюю ступень среднегорий (100–2000 м) приходится чуть более одного процента земельного фонда, а на верхнюю ступень данного класса — всего 0,08 %. Высокогорные поверхности не встречаются, единственным исключением является хребт Кугитангтау с его высочайшей точкой — горой Айрибаба (высота — 3 137 м). Напомним, что высочайшие складчатые сооружения Копетдага находятся в Иране, а севернее абсолютные отметки Передового хребта не превышают 3 000 м (города Реза высотой 2 942 м).

Чехол четвертичных отложений в пределах Республики представлен, главным образом, эоловыми осадками (43 % территории), формирование мощных толщ которых началось еще в плиоцене (рис. 5). При этом пачки собственно голоценовых песков, перевеянных ветром, тяготеют либо к плейстоценовым аллювиальным отложениям, либо к морским осушкам. Наиболее древние осадки эолового генезиса (vIII-IV), напротив, представлены в центральных районах Каракум, а нерасчлененные осадки (v) — в Заунгузских Каракумах.

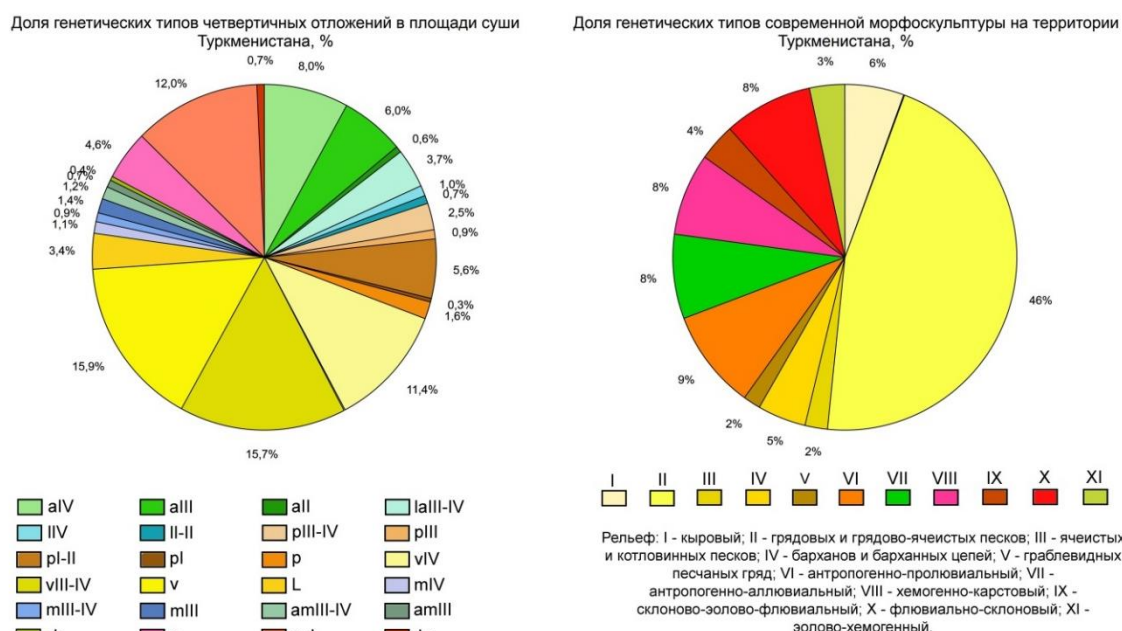


Рис. 5. Соотношение площадей, занятых типами морфоскульптуры и четвертичными отложениями различного генезиса, в пределах Республики Туркменистан

Современная морфоскульптура, образуемая воздушными потоками, довольно разнообразна, причиной чего являются неодинаковые параметры ветров (скорость, направление, количество и режим) в той или иной местности [Федорович, 1983 ; Cook, Wagem, 1973]. Для кырового рельефа, кроме того, важным фактором развития выступает пластовое строение литогенной основы [Федорович, 1975]. Важно, что весь современный эоловый рельеф не только наследует древние осадки соответствующего типа, но и осваивает песчано-глинистые пачки, аккумуляция которых происходила преимущественно в субаквальных условиях.

Седиментация лёссовых суглинков происходила, главным образом, в пределах возвышенностей Бадхыз и Карабиль, холмисто-увалистый рельеф которых в настоящее время рассечен долинами малых рек (обычно пересыхающих) и оврагами. Лёссы, нетронутые в прошлом пролювиальными и делювиальными процессами, распространены всего на 3,4 % территории Туркменистана. Еще меньшую площадь занимают делювиально-коллювиальные отложения, приуроченные к среднегорным областям устойчивой денудации. На уровне низких гор распространен флювиально-склоновый рельеф типа бедлендов, а плато обычно соответствуют возвышенностям

(плато Устюрт, горы Туакыр), хотя могут «спускаться» и в низменности (плато Мангышлак, Красноводское плато). Поверхность таких плоских макроформ обычно выровненная, а осложняющий рельеф осваивает элювиальные и делювиально-элювиальные четвертичные отложения. Морфологический облик плато на западе Туркменистана часто осложнен хемогенными и карстовыми формами, и подобная морфоскульптура занимает 8 % территории государства.

Зачастую, однако, элювиально-делювиальные и пролювиальные отложения прорезаны глубокими долинами рек и выполняют разделяющие их хребты гор. Этим объясняется довольно широкое распространение флювиально-склоновой (флювиально-коллювиальной) морфоскульптуры, которая представлена не только высочайшими складчатыми сооружениями, но и отдельно расположенными хребтами (Большой и Малый Балхан). Их разрушение и транспортировка материала водными потоками на нижние уровни происходила в течение всего квартала, причем в одних местах эти процессы затухли сотни тысяч лет назад, а в других продолжают до сих пор. Пролувиальные осадки (рI, рII, рIII, рIII-IV, р) являются наиболее хронологически неоднородным типом четвертичных отложений исследуемой территории, слагающим осадочный чехол (11 % земельного фонда Туркменистана). Современная морфолитодинамика в районах их распространения также разнообразна — дефляция, эрозия временными водотоками, осыпание, антропогенное перемещение.

Наиболее древние аллювиальные осадки (аII) экспонированы в средней части долины реки Амударья, однако и более протяженная позднечетвертичная терраса (аIII) ее долины имеет вытянутые плановые очертания полосы вдоль современной поймы реки и канала Гарагумскиж. Совокупно аллювиальные осадки занимают втрое меньшую площадь, чем эоловые отложения, причем характерной особенностью пойменно-руслowych осадков является расположение в восточной части Туркменистана. Примерно две трети внутренней дельты реки Мургаб подвержены эоловой переработке, а дельта реки Теджен — всего на 15 %. Озерно-аллювиальные отложения нижней части долины Амударья частично освоены (антропогенно-флювиальная морфоскульптура Хорезмского оазиса), но западнее на их поверхности развит рельеф опустыненной поймы с активным грунтовым засолением и признаками эоловой переработки. Сходным образом рельефообразование осуществляется в прочих бессточных засоленных котловинах и впадинах (озеро Каракум, Балканский солончак, лиманы Каспийского моря).

Между тем низменности и впадины Туркменистана сложены также морскими (mIV, mIII-IV, mIII), прибрежно-лагунными (amIII-IV, amIII) и озерными отложениями (IIIV, II-II). Совокупная их площадь составляет 10,7 % территории государства. Пески разной степени заиления, галечники и гипсово-карбонатные осадки выражены в современном рельефе в виде грядовой или барханной морфоскульптуры, в случае подпитки грунтовыми водами высокой степени минерализации — солончаками. Встречаются и случаи резкого несогласия генетического типа отложений и актуального рельефа, как, например, в районе города Берекет, где позднечетвертичные морские пласты частично перекрыты с поверхности маломощным пролювиальным плащом [Амурский, 1966]. Иногда подобные несоответствия обнаруживаются для отдельных участков плато Устюрт. Общая же достоверная картина пространственной организации рельефа может быть получена лишь путем ранжирования ее по некоему признаку, например, по высоте местности. Анализ частных распределений генетических типов отложений и современного мезо- и макрорельефа по фиксированным гипсометрическим уровням предоставляет возможности для расширения понимания понятий «возвышенность», «низкогорье» и подобных в контексте морфологического анализа территории Туркменистана.

Обсуждение полученных результатов

По И. С. Щукину [Щукин, 1960], пространственное обособление разных типов рельефа обусловлено либо различиями внутренней структуры земной коры, либо преобладающим воздействием какого-либо внешнего фактора рельефообразования. Исходя из этих соображений, рельеф гор и возвышенностей Туркменистана (флювиально-склоновый, хемогенно-карстовый) можно описать как выработанный, а аккумулятивными поверхностями следует считать районы развития антропогенно-флювиального, эолового и эолово-хемогенного рельефа. Промежуточное положение в данном контексте занимает склоново-эолово-флювиальный рельеф юго-востока Туркменистана.

Четкое морфологическое воздействие эндогенных процессов на земную поверхность выражено, прежде всего, в структурном рельефе Копетдагского мегантиклинория и юго-западных отрогов Гиссаро-Алая. Скорость современных тектонических поднятий здесь достигает 1–2 мм/год,

исключением является лишь Эззет-Карагезская депрессия на западе горной страны [Овчинников, 1959 ; Амурский, 1966]. Надвиги и сбросо-надвиги в пределах Копетдага вызвали экспонирование меловых отложений, денудация которых происходит при количестве осадков 150–300 мм/год. Обвальные и осыпные склоны переходят в делювиальные и пролювиальные шлейфы у подножий горных сооружений. Поэтому четвертичные отложения (dc), обычные для отмеченных районов, образуют собственное распределение модой на 1–2 км абсолютной высоты в диаграммах распространения осадков по гипсометрическим уровням (рис. 6). Высотное положение флювиально-склоновой морфоскульптуры также приурочено к горным странам. Повышенной потенциальной энергией местного рельефа и преобладанием глинисто-алевритовых отложений объясняется поражение толщ элювиально-делювиальных четвертичных осадков (мода 0,2–0,5 км над уровнем моря) бедлендами.

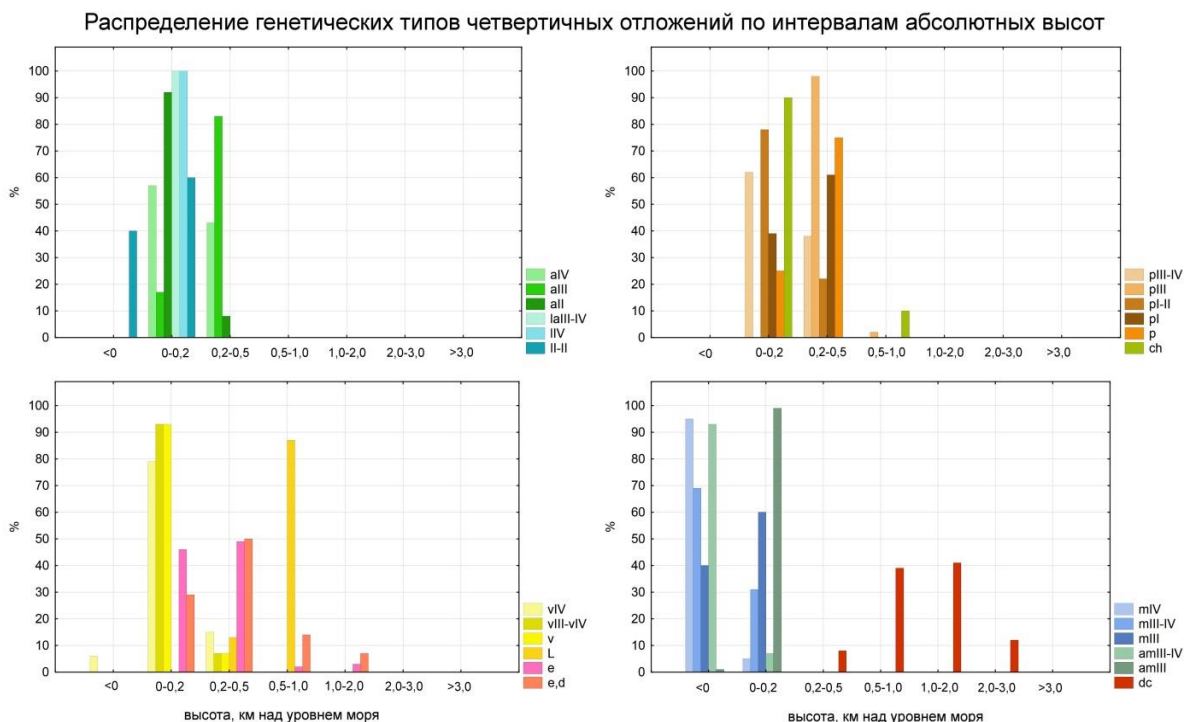


Рис. 6. Распределение четвертичных отложений по гипсометрическим уровням поверхности Республики Туркменистан

Севернее складок Копетдага и Гиссаро-Алая действие эндогенных сил не оказывает значимого воздействия на современный рельеф, хотя тектоническая напряженность велика, особенно по простиранию глубинных разломов (Эльбурс-Кызылординский, Урало-Оманский, Копетдаг-Балханский) [Овчинников, 1959]. Западная часть Устюрта находится в сейсмически напряженной зоне, однако главенствующее морфодинамическое значение приобретает литология местных пород: сарматские известняки и глинисто-мергелистые отложения уязвимы к провальным процессам, а в понижениях активен гипсовый карст из-за высокого засоления неогеновых пород. Присущий плато тип морфоскульптуры, хомогенно-карстовый, находится на уровне низменностей и возвышенностей (рис. 7). В отличие от элювиально-делювиальных отложений, элювиальные продукты выветривания на плато западного Туркменистана не имеют значимых модальных классов на высотах более 500 метров (рис. 6).

Сложнее обстоит дело с распространением пролювиальных отложений в пределах юго-восточного Турана. Аккумуляция их приурочена к равнинам, причем, как видно из диаграммы (рис. 6), раннеплейстоценовые пролювиальные формы сохранились на возвышенностях, а самые шлейфы и плащи встречаются в основном на высотах 0–200 метров. Как известно, пролювий является характерным типом отложений аридных и семиаридных горных стран [Щукин, 1960 ; Леонтьев, Рычагов, 1979]. Формирование мощных пролювиальных шлейфов Эззет-Карагезской депрессии, а также междуречья Теджена и Амударьи (pI, pI-II, pII) объясняют плювиальными условиями эоплейстоцена и первой половины плейстоцена, поддерживаемыми в то время южным муссоном [Додонов, Шеклтон, Жоу [и др.], 1999]. Ослабление последнего в позднем плейстоцене, связанное с вздыманием Иранского нагорья, Паропамиза, Гиндукуша и иных сооружений альпийской

складчатости, привело к аридизации региона. Так, маломощные голоценовые пролювиальные осадки известны лишь для северного макросклона Передового хребта Копетдага.

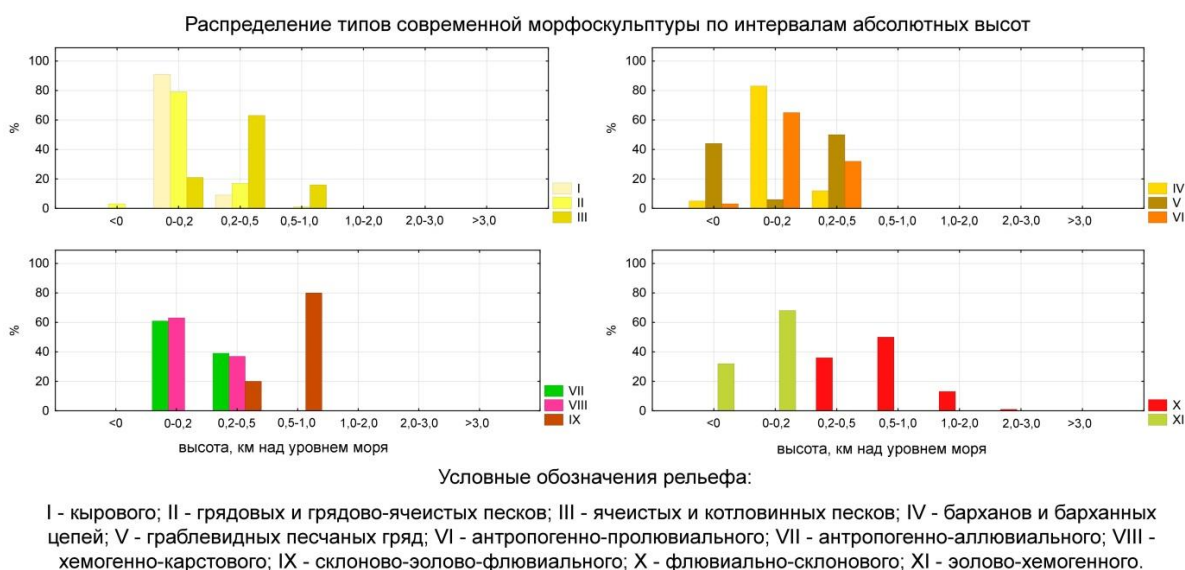


Рис. 7. Распределение типов морфоскульптуры по гипсометрическим уровням поверхности Республики Туркменистан

В новейших работах обосновывается эоловое происхождение теплых лёссов Центральной Азии, причем отлагающимся материалом являются аллювиальные и пролювиальные четвертичные осадки, приносимые из предгорных районов [Лазаренко, 1982 ; Li, Song, Fitzsimmons [et all.], 2020]. Обратим внимание, что тематическое картирование в отмеченных исследованиях также осуществлялось по материалам ДДЗ. Поскольку лёссы не расчленяются на пачки, закономерно встает вопрос об их возрасте. Для отложений Средней Азии он примерно оценивается на уровне 2,5–3,5 млн лет [Лазаренко, 1982 ; Додонов, Шеклтон, Жоу [и др.], 1999]. В северном Китае нижняя граница начала формирования осадков данного типа — 4,8 млн лет [Zhang, Zhang, Song [et all.], 2017]. Соотношение рельефообразующих процессов (эоловый, флювиальный, пролювиальный) на лёссовых грунтах может быть сложным (например, в лёссовой провинции соседнего Узбекистана [Smalley, Maviyanova, 2006]). Это отражено в названии типа морфоскульптуры (склоново-эолово-флювиальный), выраженного только в пределах возвышенностей и низкогорий (рис. 7), но сам процесс накопления лёссов осуществлялся почти исключительно на уровне 0,5–1,0 км над уровнем моря (87 % площади лёссовой формации Туркменистана). Поэтому отмеченный тип морфоскульптуры не приурочен лишь к просадочным суглинистым породам и развивается в том числе на пролювиальных (pI-II) и элювиально-делювиальных отложениях.

Неотектонический режим Восточно-Туркменской синеклизы (восток Центральных Каракумов) оказался весьма благоприятным для формирования мощных внутренних дельт крупных рек, сложенных в пределах низменностей голоценовым аллювием. Вторая надпойменная терраса Амударьи, напротив, занимает возвышенное положение и осложнена морфоскульптурой грядовых песков и барханов. Чехол четвертичных отложений района Сарыкамышского озера, которое в позднейшем плейстоцене-голоцене принимало воды Амударьи, сложен озерными и озерно-аллювиальными осадками. Повсеместно они встречаются в пределах низменностей. Более того, 40 % кровли среднечетвертичных засоленных супесей и глин озерного генезиса во впадине озера Каракум находится на отметках ниже уровня моря. Глинистые или соляные корки современных впадин, соответствующих подобным районам, препятствуют сильной дефляции поверхности, хотя на ряде участков она может проявляться (соляные бури) [Кузьмина, Трешкин, 2012]. Характерный тип морфоскульптуры, эолово-хемогенный, целиком сосредоточен на гипсометрических уровнях низменностей и впадин (рис. 7).

Четвертичные трансгрессии Каспийского моря определяют районы распространения морских отложений. Аналогично лёссам, высота их залегания зависит от возраста. Во время верхнехазарской и нижнехвалынской трансгрессий (mIII) уровень водоема поднимался до отметки 50 м над уровнем Мирового океана [Лазуков, 1989]. Пески, ракушечники, глины и супеси этого времени чаще встречаются на уровне низменностей, а маломощные (до 10 м) осадки позднехвалынской трансгрессии (примерно соответствует фазе ошашковского оледенения Русской равнины) приурочены к отрицательным отметкам высот. Наличие второстепенной моды отложений mIII-IV на 0–0,2 км

высоты, вероятно, связано с высокой степенью формализации карты четвертичных отложений СССР и неточностями при ареализации залегания осадков mIII-IV и mIII, поскольку обе морские террасы в рельефе, как правило, разделены абразионным уступом [Леонтьев, Рычагов, 1979 ; Лазуков, 1989]. Кровля голоценовых (новокаспийских) отложений на 95 % располагается ниже уровня моря. Дневная поверхность в областях их распространения осложнена лиманами с эолово-хемогенным рельефом. Наиболее распространен на морских отложениях, тем не менее, песчаный эоловый рельеф, среди разновидностей которого обычны граблевидные гряды, грядово-ячеистые пески и барханы.

Заключение

На основе ГИС-моделирования территории Республики Туркменистан прослеживается преобладание равнинного рельефа над горным (соотношение площадей 9:1). Наиболее распространенными отложениями являются плейстоцен-голоценовые образования эолового генезиса (43 % площади страны), а самыми редкими — продукты хемогенного и делювиально-коллювиального седиментогенеза. До 61 % территории государства освоено эоловой морфоскульптурой, а выраженные процессы ветрового переноса, наряду с хемогенными и флювиально-склоновыми процессами, характерны еще для 7 % территории Туркменистана. Установлено, что изменения морфологии поверхности государства за последние 40–50 лет были весьма незначительными и касались в основном селитебных районов и участков, задействованных в сельском хозяйстве. Картирование по гипсометрическим уровням на ЦММ SRTM C-SIR установило связь положения пролювиальных и морских отложений в зависимости от их возраста. Низко- и среднегорный рельеф на модели четко выделяется как бедленды и хребты, в то время как наиболее выровненные поверхности солончаковых впадин и антропогенно модифицированный рельеф пролювиальных шлейфов, речных пойм и внутренних дельт распознается с трудом. В целом проведенная работа подтвердила необходимость опоры на геологические данные при геоморфологическом картировании.

Список источников

1. Андреев В. Д., Бушмакин А. Г. Металлогения Копетдага. — Ашгабат : Изд-во Ылым, 1992. — 96 с.
2. Амурский Г. И. Тектоника Туркмении и сопредельных с ней территорий // Тектоника Туркмении и сопредельных с ней территорий. — М. : Наука, 1966. — С. 6–32.
3. Арманд Д. Л., Добрынин Б. Ф., Ефремов Ю. К. Физическая география Азии. — М. : Учпедгиз, 1956. — 608 с.
4. Ашаткин И. А., Мальцев К. А., Гайнутдинова Г. Ф. [и др.]. Анализ морфометрии рельефа по глобальным ЦМР в пределах южной части европейской территории России // Ученые записки Казанского университета. Сер. «Естественные науки». — 2020. — Т. 162, № 4. — С. 612–628.
5. Возрастная и формационная корреляция магматических образований территории СССР / под ред. В. Н. Москалевой, В. Н. Верещагина, В. Л. Масайтиса, И. П. Никольской. — Л. : Недра, 1977. — Вып. 2. — 84 с.
6. Геологическое дешифрирование космических снимков восточной части Средиземноморского пояса / под ред. В. Е. Хаина, В. Н. Брюханова, Я. Г. Каца. — М. : Недра, 1981. — 206 с.
7. Геология СССР. — М. : Недра, 1972. — Т. 22. Туркменская СССР. — 768 с.
8. Додонов А. Е., Шеклтон Н., Жоу Л. П. [и др.]. Лёссово-почвенная стратиграфия квартала Средней Азии: геохронология, корреляция и эволюция палеосреды // Стратиграфия. Геологическая корреляция. — 1999. — Т. 7, № 6. — С. 66–80.
9. Долгушин Л. Д., Осипова Г. Б. Природа Мира. Ледники. — М. : Мысль, 1989. — 447 с.
10. Ефремов Ю. К. Опыт морфографической классификации элементов и простых форм рельефа // Вопросы географии : сб. — П. ; М. : Географгиз, 1949. — С. 109–136.
11. Карта четвертичных отложений, масштаб: 1:1000000 / под ред. П. Н. Сторчак. — М. : ФГБУ «ВСЕГЕИ», 1983. — с. 1–2.
12. Космическая съемка и тематическое картографирование / под ред. Ю. Ф. Книжникова. — М. : Изд-во МГУ, 1980. — 272 с.
13. Кузьмина Ж. В., Трешкин С. Е. Тугай и возможности их восстановления в современный период // Аридные экосистемы. — 2012. — Т. 18, № 3 (52). — С. 44–59.
14. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов / пер. с англ. — М. : Бинوم-Пресс, 2006. — 656 с.
15. Леонтьев О. К., Рычагов Г. И. Общая геоморфология. — М. : Высш. шк., 1979. — 277 с.
16. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование. Методы информатики и цифровой обработки космических снимков. — М. : КДУ, 2010. — 424 с.
17. Лазаренко А. А. Палеоклиматическая характеристика лёссовой формации Средней Азии и проблема межрегиональных корреляций оледенений и межледниковий с аридами и пловиялами // Развитие природы территории СССР в позднем плейстоцене и голоцене. — М. : Наука, 1982. — С. 106–115.
18. Лазуков Г. И. Плейстоцен территории СССР. — М. : Высш. шк., 1989. — 319 с.

19. Овчинников С. К. Южно-Гиссарская структурно-фациальная зона и Гиссарский глубинный разлом // Известия АН Таджикской ССР. Отд. геол.-хим. и техн. наук. — 1959. — Вып. 1. — С. 22–36.
20. Полетаев А. И. Сейсмотектоника Главного Копетдагского разлома. — М.: Наука, 1986. — 247 с.
21. Салищев К. А. Проектирование и составление карт. — М.: Изд-во МГУ, 1987. — 240 с.
22. Спиридонов А. И. Геоморфологическое картографирование. — М.: Недра, 1974. — 184 с.
23. Ташлиев М. Ш. Аптские и альбские отложения Центрального и Восточного Копетдага. — Ашхабад: Изд-во М-ва геол. СССР, 1971. — 180 с.
24. Федорович Б. А. Аридные морфоскульптуры // Морфоскульптура и экзогенные процессы на территории СССР. — М.: Ин-т Географии АН СССР, 1975. — С. 112–171.
25. Федорович Б. А. Динамика и закономерности образования рельефа пустынь. — М.: Наука, 1983. — 238 с.
26. Федчина В. Н. Как создавалась карта Средней Азии. — М.: Наука, 1967. — 132 с.
27. Флоренсов Н. А. Некоторые аспекты понятия «возраст рельефа» // Геоморфология. — 1976. — № 1. — С. 13–21.
28. Шукин И. С. Общая геоморфология. — М.: Изд-во МГУ, 1960. — Т. 1. — 615 с.
29. Basnet K., Acharya D., Bhandari K. P., Sadadev B. B. Flood plain mapping using HEC-RAS (a case study of Seti River, Pokhara) // Technical Journal. — 2019. — Vol. 1 (1). — Pp. 43–51.
30. Brown A. G., Tooth S., Bullard J. E. [et al.]. The geomorphology of the Anthropocene: emergence, status and implications // Earth Surface Processes and Landforms. — 2017. — Vol. 42. — Pp. 71–90.
31. Cook R., Warrem A. Geomorphology in Deserts. — London, 1973. — 394 p.
32. Farr T. G., Rosen P. A., Caro E. [et al.]. The Shuttle Radar Topography Mission // Reviews of Geophysics. — 2007. — Vol. 45, Iss. 2. — Pp. 1–33.
33. Henebry G., De Beurs K., Gitelson A. Land surface phenologies in Uzbekistan and Turkmenistan between 1982 and 1999 // Аридные экосистемы. — 2005. — Т. 11, № 26–27. — Pp. 25–32.
34. Kasprak A., Bransky N. D., Sankey J. B. [et al.]. The effects of topographic surveying technique and data resolution on the detection and interpretation of geomorphic change // Geomorphology. — 2019. — Vol. 333. — Pp. 1–15.
35. Li Y., Song Y., Fitzsimmons K. [et al.]. Origin of loess deposits in the North Tian Shan piedmont, Central Asia // Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. — 2020. — Vol. 559. — Pp. 109–972.
36. Otto J.-C., Smith M. J. Geomorphological Mapping. Geomorphological techniques // Geomorphological Techniques / L. E. Clarke (ed.). — London: British Society for Geomorphology, 2013. — Ch. 2, Sec. 6. — Pp. 67–90.
37. Rodriguez E., Morris C. S., Belz J. E. [et al.]. An assessment of the SRTM topographic products. Technical Report JPL D-31639. — Pasadena, 2005. — 143 p.
38. Smalley I., Mavlyanova N. The formation of loess deposits in the Tashkent region and parts of Central Asia; and problems with irrigation, hydrocollapse and soil erosion // Quaternary International. — 2006. — Vol. 152, iss. 7. — Pp. 59–69.
39. Syvitski J. P. M., Overeem I., Brakenridge G. R., Hannon M. Floods, floodplains, delta plains — a satellite imaging approach // Sedimentary Geology. — 2012. — Vol. 267–268. — Pp. 1–14.
40. Zhang W., Zhang T., Song C. [et al.]. Termination of fluvial-alluvial sedimentation in the Xining Basin, NE Tibetan Plateau, and its subsequent geomorphic evolution // Geomorphology. — 2017. — Vol. 297. — Pp. 86–99.

References

1. Andreev V. D., Bushmakin A. G. *Metallogenija Kopetdaga* [The Kopetdag Metallogeny]. Ashgabat, Ylym Publ., 1992, 96 p. (In Russian).
2. Amurskij G. I. The Tectonics of Turkmenistan and Neighbouring Territories. *Tektonika Turkmenii i sopredel'nyh s nej territorij* [The Tectonics of Turkmenistan and Neighbouring Territories]. Moscow, Science Publ., 1966, pp. 6–32. (In Russian).
3. Armand D. L., Dobrynin B. F., Efremov Ju. K. *Fizicheskaja geografija Azii* [Asia: Physical Geography]. Moscow, Uchpedgiz Publ., 1956, 608 p. (In Russian).
4. Ashatkin I. A., Mal'cev K. A., Gajnutdinova G. F. [i dr.]. Using WorldDEM of the Southern Part of European Russia to Analyze Relief Morphometry. *Uchenye zapiski Kazanskogo universiteta. Serija "Estestvennye nauki"* [Scholarly Notes of Kazan University. Natural Sciences series]. 2020, vol. 162, no. 4, pp. 612–628. (In Russian).
5. Moskaleva V. N., Vereshhagin V. N., Masajtis V. L., Nikol'skaja I. P. (eds.). *Vozrastnaja i formacionnaja korreljacija magmатических образований territorii SSSR* [Age and Formation Correlation of Magma Formation on the Territory of the USSR]. Leningrad, Depths Publ., 1977, iss. 2, 84 p. (In Russian).
6. Hain V. E., Brjuhanov V. N., Kac Ja. G. (eds.). *Geologicheskoe deshifirovanie kosmicheskikh snimkov vostochnoj chasti Sredizemnomorskogo pojasa* [Geological Description of the Images of the Alpide Belt Made from Space]. Moscow, Depths Publ., 1981, 206 p. (In Russian).

7. *Geologija SSSR* [Geology of the USSR]. Moscow Depths Publ., 1972, vol. 22. Turkmen Soviet Socialist Republic, 768 p. (In Russian).
8. Dodonov A. E., Shekilton N., Zhou L. P. [et al.]. Forest Soil Stratigraphy of Middle Asia: Geochronology, Correlation, Paleoenvironmental Evolution. *Stratigrafija. Geologicheskaja korrelyacii* [Stratigraphy. Geological Correlation]. 1999, vol. 7, no. 6, pp. 66–80. (In Russian).
9. Dolgushin L. D., Osipova G. B. *Priroda Mira. Ledniki* [World Nature. Glaciers]. Moscow, Thought Publ., 1989, 447 p. (In Russian).
10. Efremov Ju. K. Morphographic Classification of Elements and Reliefs. *Voprosy geografii* [Issues of Geography]. Moscow, Geografiz Publ., 1949, pp. 109–136. (In Russian).
11. Storchak P. N. (ed.). *Karta chetvertichnyh otlozhenij, masshtab: 1:1000000* [Map of Quaternary Deposits: 1:1000000 scale]. Moscow, All Russian Research Geological Institute Publ., 1983, pp. 1–2. (In Russian).
12. Knizhnikov Ju. F. (ed.). *Kosmicheskaja s#emka i tematiceskoe kartografirovanie* [Space Photography and Thematic Mapping]. Moscow, Moscow State University Publ., 1980, 272 p. (In Russian).
13. Kuz'mina Zh. V., Treshkin S. E. Tugay Forests and their Reconstruction Nowadays. *Aridnye jekosistemy* [Arid Ecosystems]. 2012, vol. 18, no. 3 (52), pp. 44–59. (In Russian).
14. Lyons R. *Cifrovaja obrabotka signalov* [Understanding Digital Signal Processing]. Moscow, Binom-Press, 2006, 656 p. (Transl. from English).
15. Leont'ev O. K., Rychagov G. I. *Obshhaja geomorfologija* [General Geomorphology]. Moscow, Higher School Publ., 1979, 277 p. (In Russian).
16. Lur'e I. K. *Geoinformacionnoe kartografirovanie. Metody informatiki i cifrovoj obrabotki kosmicheskikh snimkov* [Geo Information Mapping. Informatics Methods and Digital Processing of Images Made form Space]. Moscow, KDU Publ., 2010, 424 p. (In Russian).
17. Lazarenko A. A. Paleoclimatic Characteristics of Loess Sediments in Middle Asia and the Problem of Interregional Correlations of Glaciers and Interglaciers with Arid and Pluvial Episodes. *Razvitie prirody territorii SSSR v pozdnem plejstocene i golocene* [Natural Development of the USSR Territory in Late Pleistocene and Holocene]. Moscow, Science Publ., 1982, pp. 106–115. (In Russian).
18. Lazukov G. I. *Plejstocen territorii SSSR* [Pleistocene at the Territory of the USSR]. Moscow, Higher School Publ., 1989, 319 p. (In Russian).
19. Ovchinnikov S. K. South Hissar and Hissar Fault. *Izvestija Akademii nauk Tadzhijskoj SSR. Otdel geologo-himiceskih i tehniceskikh nauk* [Academy of Sciences of the Tadzhijskoj Socialist Republic. Department of Geology, Chemistry and Technology]. 1959, iss. 1, pp. 22–36. (In Russian).
20. Poletaev A. I. *Sejsmotektonika Glavnogo Kopetdagskogo razloma* [Seismotectonics of Kopet Dag Fault]. Moscow, Science Publ., 1986, 247 p. (In Russian).
21. Salishhev K. A. *Proektirovanie i sostavlenie kart* [Designing and Mapping]. Moscow, Moscow State University Publ., 1987, 240 p. (In Russian).
22. Spiridonov A. I. *Geomorfologicheskoe kartografirovanie* [Geomorphological Mapping]. Moscow, Depth Publ., 1974, 184 p. (In Russian).
23. Tashliev M. Sh. *Aptskie i al'bskie otlozhenija Central'nogo i Vostochnogo Kopetdaga* [Aptian-Albian Deposits in Central and Eastern Kopet Dag]. Ashkhabad, Ministry of Geology of the USSR Publ., 1971, 180 p. (In Russian).
24. Fedorovich B. A. Arid Morphosculptures. *Morfoskul'ptura i jekzogennye processy na territorii SSSR* [Morphosculpture and Exogenous Processes at the Territory of the USSR]. Moscow, Soviet Academy of Studies Publ., 1975, pp. 112–171. (In Russian).
25. Fedorovich B. A. *Dinamika i zakonomernosti obrazovanija rel'efa pustyn'* [The Dynamics and the Patterns of Desert Formation]. Moscow, Science Publ., 1983, 238 p. (In Russian).
26. Fedchina V. N. *Kak sozdavalas' karta Srednej Azii* [Making the Map of Middle Asia]. Moscow, Science Publ., 1967, 132 p. (In Russian).
27. Florensov N. A. Some Aspects of the Relief Age Concept. *Geomorfologija* [Geomorphology]. 1976, no. 1, pp. 13–21. (In Russian).
28. Shhukin I. S. *Obshhaja geomorfologija* [General Geomorphology]. Moscow, Moscow State University Publ., 1960, vol. 1, 615 p. (In Russian).
29. Basnet K., Acharya D., Bhandari K. P., Sadadev B. B. Flood Plain Mapping Using HEC-RAS (a case study of Seti River, Pokhara). *Technical Journal*. 2019, vol. 1 (1), pp. 43–51.
30. Brown A. G., Tooth S., Bullard J. E. [et al.]. The Geomorphology of the Anthropocene: Emergence, Status and Implications. *Earth Surface Processes and Landforms*. 2017, vol. 42, pp. 71–90.
31. Cook R., Warrem A. *Geomorphology in Deserts*. London, 1973, 394 p.
32. Farr T. G., Rosen P. A., Caro E. [et al.]. The Shuttle Radar Topography Mission. *Reviews of Geophysics*. 2007, vol. 45, iss. 2, pp. 1–33.
33. Henebry G., De Beurs K., Gitelson A. Land Surface Phenologies in Uzbekistan and Turkmenistan between 1982 and 1999. *Aridnye jekosistemy*. 2005, vol. 11, no. 26–27, pp. 25–32.
34. Kasprak A., Bransky N. D., Sankey J. B. [et al.]. The Effects of Ttopographic Surveying Technique and Data Resolution on the Detection and Interpretation of Geomorphic Change. *Geomorphology*. 2019, vol. 333, pp. 1–15.
35. Li Y., Song Y., Fitzsimmons K. [et al.]. Origin of loess deposits in the North Tian Shan Piedmont, Central Asia. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*. 2020, vol. 559, pp. 109–972.

36. Otto J-C., Smith M. J. Geomorphological Mapping. Geomorphological Techniques. *Geomorphological Techniques*. Clarke L. E (ed.). London, British Society for Geomorphology Publ., 2013, ch. 2, sec. 6, pp. 67–90.
37. Rodriguez E., Morris C. S., Belz J. E. [et all.]. An Assessment of the SRTM Topographic Products. *Technical Report JPL D-31639*. Pasadena, 2005, 143 p.
38. Smalley I., Mavlyanova N. The Formation of Loess Deposits in the Tashkent Region and Parts of Central Asia; and Problems with Irrigation, Hydrocollapse and Soil Erosion. *Quaternary International*. 2006, vol. 152, iss. 7, pp. 59–69.
39. Syvitski J. P. M., Overeem I., Brakenridge G. R., Hannon M. Floods, Floodplains, Delta Pplains — a Satellite Imaging Approach. *Sedimentary Geology*. 2012, vol. 267–268, pp. 1–14.
40. Zhang W., Zhang T., Song C. [et all.]. Termination of Fluvial-alluvial Sedimentation in the Xining Basin, NE Tibetan Plateau, and its Subsequent Geomorphic Evolution. *Geomorphology*. 2017, vol. 297, pp. 86–99.

Информация об авторах

Воробьев Алексей Юрьевич — кандидат географических наук, старший преподаватель кафедры географии, экологии и природопользования Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина.

Сфера научных интересов: динамическая геоморфология, палеогеография плейстоцена и голоцена окского бассейна, русловые процессы равнинных рек, осадконакопление в речных долинах, история заселения пойменных территорий, методика полевых геоморфологических исследований.

Халмуратов Реджепбай Бешимович — магистрант Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина.

Сфера научных интересов: динамическая геоморфология, русловые процессы равнинных рек, осадконакопление в речных долинах, история заселения пойменных территорий, методика полевых геоморфологических исследований.

Балобина Анна Александровна — студент Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина.

Сфера научных интересов: динамическая геоморфология, русловые процессы равнинных рек, осадконакопление в речных долинах, история заселения пойменных территорий, методика полевых геоморфологических исследований.

Кадыров Александр Сергеевич — техник-лаборант кафедры географии, экологии и природопользования Рязанского государственного университета имени С. А. Есенина.

Сфера научных интересов: динамическая геоморфология, русловые процессы равнинных рек, осадконакопление в речных долинах, история заселения пойменных территорий, методика полевых геоморфологических исследований.

Information about the authors

Vorobyov Aleksey Yuryevich — Candidate of Geography, Assistant Professor in the Department of Geography, Ecology and Nature Management at Ryazan State University named for S. A. Yesenin.

Research interests: dynamic geomorphology, paleogeography of Pleistocene and Holocene in the Oka Basin, fluvial processes associated with valley rivers, floodplain sedimentation, floodplain settlement dynamics, geomorphological surveys.

Khalmuradov Redzhepbay Beshimovich — Master Student of Ryazan State University named for S. A. Yesenin.

Research interests: dynamic geomorphology, fluvial processes associated with valley rivers, floodplain sedimentation, floodplain settlement dynamics, geomorphological surveys.

Balobina Anna Aleksandrovna — Student of Ryazan State University named for S. A. Yesenin.

Research interests: dynamic geomorphology, fluvial processes associated with valley rivers, floodplain sedimentation, floodplain settlement dynamics, geomorphological surveys.

Kadyrov Aleksandr Sergeevich — Laboratory Technician in the Department of Geography, Ecology and Nature Management at Ryazan State University named for S. A. Yesenin.

Research interests: dynamic geomorphology, fluvial processes associated with valley rivers, floodplain sedimentation, floodplain settlement dynamics, geomorphological surveys.

Статья поступила в редакцию 24.06.2022; принята к публикации 17.09.2022.

The article was submitted 24.06.2022; accepted for publication 17.09.2022.