

С. К. Вейсов,¹ Г. О. Хамраев²

¹К.г.н., ведущий научный сотрудник (Национальный институт пустынь, растительного и животного мира Министерства сельского хозяйства и охраны окружающей среды, Ашхабад, Туркменистан)

²К.г.н., заведующий кафедрой гидрометеорологии (Туркменский государственный университет им. Магтымгулы, Ашхабад, Туркменистан)

ОСОБЕННОСТИ ДЕФЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НА БАРХАННЫХ ФОРМАХ ЭОЛОВОГО РЕЛЬЕФА В ЗАПАДНЫХ КАРАКУМАХ

Аннотация. Определены количественные оценки переноса песчаного материала и его преобладающие направления. Наблюдения показали, что перенос песка происходит по всей песчаной поверхности преимущественно с востока на запад, т.е. в соответствии с режимом ветров. Измерены скорости движения барханов и барханных цепей в исследуемом районе. Важной задачей экспериментальных исследований является проверка на основе полученных фактических данных теоретических исследований и построений. Для определения возможного объема переносимого ветром песка мы воспользовались формулой А. П. Иванова. Расчёты показывают суммарный перенос песка по преобладающим направлениям за год.

Ключевые слова: процессы дефляции, измерения скорости движения барханов, уловленный объём, возможный объём переносимого ветром песка, замеры скорости движения микроформ (эоловой ряби).

Промышленное освоение пустынных территорий Туркменистана требует проектирования и строительства различных типов инженерных объектов: ЛЭП, трубопроводов, автомобильных и железных дорог. Однако при этом необходимо учитывать распространение и динамику подвижных форм эолового рельефа [1, 2, 7, 8].

Комплексные исследования природно-экологических условий необходимы для разработки эффективных методов защиты инженерных сооружений от песчаных заносов и выдувания.

Процессы дефляции в настоящее время довольно хорошо изучены, что положительно сказывается на результатах борьбы с подвижными песками. Дефляция песков тесно связана с количеством переносимого ветром песчаного материала и последующим его отложением в зоне аккумуляции. Вопрос о зависимости количества переносимого песка от скорости ветра имеет не только теоретическое, но и практическое значение, так как позволяет судить об угрозе песчаных заносов и выдувания инженерных объектов [3, 4].

Проведенные исследования позволили вскрыть основные причинные связи явлений, в результате которых происходит зарождение эоловой барханной формы и формирование её профиля. Эти связи проявляются в следующей последовательности:

вторжение (порыв) ветра в приземный слой воздуха приводит к зарождению и формированию ветропесчаного потока;

за время от вторжения ветра до его распада наблюдается неравномерно-циклический перенос песка порывистым ветром, обусловленный повышенным переносом песка в период вторжения, и меньшим – в период его распада; это явление и приводит к возникновению зон дефляции (выноса) и аккумуляции (отложения) песка;

в зоне аккумуляции наблюдается явление микроударной упаковки зерен песка ветропесчаным потоком, приводящее к снижению контактного напряжения и росту угла внутреннего трения песка;

увеличение угла внутреннего трения и отложение песка в зоне аккумуляции приводят к появлению угла у зарождающегося лобового склона будущей барханной формы.

Наблюдения показали, что перенос песка происходит по всей песчаной поверхности преимущественно с востока на запад, т.е. в соответствии с режимом ветров. Перенос песка ветром осуществляется в виде ветропесчаного потока и движения эоловых форм, т.е. отдельных барханов и барханных цепей.

Исследования по измерению скорости движения барханов и барханных цепей проводились в 2 км северо-западнее от колодца Капланлы в октябре 2017 года, а затем повторно в октябре 2018 и 2019 годов.

Цель полевых наблюдений и измерений:

1) определение количественной оценки переноса песчаного материала и его преобладающего направления;

2) интенсивность и характер переноса с учётом ветрового режима исследуемого района.

Количество песка, переносимого ветром, замерялось путём установки пескоуловителя УПИ-20 и ящиков-ловушек.

Пескоуловитель УПИ-20 устанавливается на лобовом склоне барханной формы, на линии гребня и подветренном склоне для улавливания песка, выпадающего в зоне переноса. К пескоуловителю прилагается закрытая ловушка для приёма песка, поступающего в виде ряби. При работе с пескоуловителем УПИ-20 ловушка закапывается в песок на глубину ниже уровня гребня ряби, а сверху устанавливается пескоуловитель. Перед ловушкой помещается жестяной козырёк. Скорость ветра измеряется анемометром АРИ-49. Длительность замера зависит от длительности постоянной скорости. Обычно она составляет несколько минут.

Ниже приводятся данные полевых измерений по переносу песка. Пескоуловители устанавливались по двум позициям (местоположениям) А и Б.

Позиция А. Барханная цепь (ориентировка запад–восток) с гребнем и склоном навевания. Цепь размещается в верхней, почти выположенной части гряды. На гребне в средней части цепи установлен пескоуловитель №1. Высота цепи – 2,0 м.

Позиция Б. Барханная цепь лежит на ровной поверхности гряды. Высота 2,5-3,0 м. Время наблюдения – два световых дня, 27 и 28 октября 2018 г. Направление ветров в течение периода наблюдений (два дня) 270 и 315°, скорость ветра 5-8 м/с. Обработка данных измерений достаточно трудоёмкая, приведём конечные результаты в сумме за два дня наблюдений (таблица 1).

Таблица 1 – Обработка результатов, полученных при работе с пескоуловителями

П/н	Местоположение	Заполняемость пескоуловителя	Уловленный объём, 0,5 г	Время работы, ч
1	А ₁	2	12,2	10,30
	Б ₂	1	8,3	10,30
2	А ₁	1	4,7	8
	Б ₂	1	2,5	8
Сумма	А ₁	3	16,9	18,30
	Б ₂	2	10,8	18,30

Уловленный объём в банках 0,5 л и по фронту рабочей зоны пескоуловителя 10 см. Переведём литры в м³ на 1 пог. м (м³/м). Пример расчёта А₁.

Уловленный общий объём (за 2 дня) 16,9 банки по фронту 10 см. Банка ёмкостью 0,5 л, всего в литрах будет 8,4. Для фронта 1 м умножаем 8,4 на 10 = 84 л или 84 дм³. 1000 дм³ = 1 м³,

$$84:1000 = 0,084 \text{ м}^3/\text{м}.$$

Общий итог по колодцу Капланлы за 20 ч 27 и 28 октября 2018 г., ветер направлением 270 и 315°:

$$A_1 = 0,08 \text{ м}^3/\text{м}, B_2 = 0,05 \text{ м}^3/\text{м}.$$

Рассчитан суммарный (абсолютный) перенос песка по одному преобладающему направлению за 2 дня. Перенос шёл на юго-восток и восток, так как в это время дули ветры этой стороны горизонта. Господствуют же противоположные направления ветров (восточные и юго-восточные), которые в 4-5 раз сильнее переносят песок в западном и северо-западном направлениях. Таким образом, перенос идёт в поступательно-колебательном ритме в основном на запад и север-северо-запад.

Важной задачей экспериментальных исследований, помимо полученных фактических данных, является проверка на их основе теоретических исследований и построений.

Для определения возможного объёма переносимого ветром песка на площадке у колодца Капланлы мы воспользовались формулой А. П. Иванова [5, 6]:

$$Q = 0,006 \cdot n (U_{\text{ср.г.}} - 4)^3 \text{ м}^3/\text{м}\cdot\text{год}, \quad (1)$$

где Q – перенос песка по какому-либо направлению в м³ через линию фронта в 1 м/год; 0,006 – расчётный коэффициент; n – число случаев повторяемости ветров данного направления; U_{ср.г.} – среднегодовая скорость ветра.

Ветровой режим исследуемой территории обуславливает интенсивность и направление перемещения эоловых песков. На графиках (см. рисунок) показаны возможные объёмы переноса песка в м³/м в год по метеостанциям Ясхан и Сердар, рассчитанные по формуле (1).

Для метеостанции Ясхан среднегодовая скорость ветра (по многолетним данным) равна 6,1 м/с. Тогда в соответствии с приведенной формулой будем иметь:

для восточных ветров при повторяемости n – 188 случаев:

$$Q = 0,006 \cdot 188 (6,1 - 4)^3 = 10,44 \text{ м}^3/\text{м в год};$$

для восточных-юго-восточных ветров при повторяемости n – 50 случаев:

$$Q = 0,006 \cdot 50 (6,1 - 4)^3 = 2,78 \text{ м}^3/\text{м в год};$$

для западных ветров при повторяемости n – 45 случаев:

$$Q = 0,006 \cdot 45 (6,1 - 4)^3 = 2,50 \text{ м}^3/\text{м в год}.$$

Для района метеостанции Сердар среднегодовая скорость ветра (по многолетним данным) равна 6,4 м/с. Тогда в соответствии с приведенной формулой будем иметь:

для восточных ветров при повторяемости n – 271 случай:

$$Q = 0,006 \cdot 271 (6,4 - 4)^3 = 22,47 \text{ м}^3/\text{м в год};$$

для западных ветров при повторяемости n – 53 случай:

$$Q = 0,006 \cdot 53 (6,4 - 4)^3 = 4,39 \text{ м}^3/\text{м в год};$$

для восточных-юго-восточных ветров при повторяемости n – 39 случаев:

$$Q = 0,006 \cdot 39 (6,4 - 4)^3 = 3,23 \text{ м}^3/\text{м в год}.$$

Эти расчёты показывают суммарный перенос песка по преобладающим направлениям за год, а также то, что в районе метеостанции Ясхан возможный объём переноса (незакрепленного) песка может достигать не меньше 26 м³/м в год. Расчёты по данным метеостанции Сердар показывают возможный объём переноса свыше 37 м³/м в год.

В районе метеостанции Ясхан движение песков наблюдается в основном с востока на запад и с восток-юго-востока на запад-северо-запад. Таким образом, перенос идёт в поступательно-колебательном ритме в основном на запад и запад-северо-запад.

В районе метеостанции Сердар движение песков отмечается также с востока на запад и с восток-юго-востока на запад-северо-запад. Таким образом, перенос идёт в колебательно-поступательном ритме в основном на запад.

По всем направлениям расчёты представлены в виде таблицы (таблица 2) и графиков (см. рисунок). При этом необходимо иметь в виду, что эти вектора показывают направление возможного переноса незакрепленного песка.

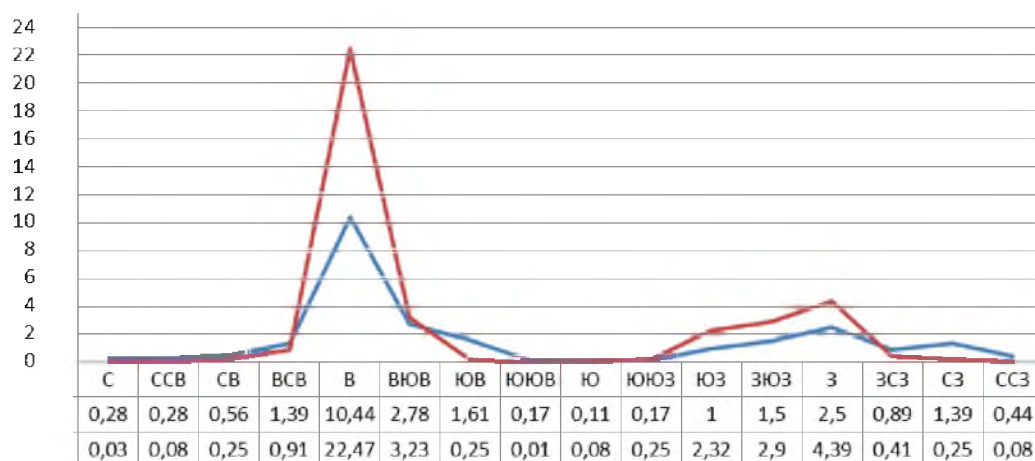
В полевых условиях были выполнены замеры скорости движения микроформ (эоловой ряби) на участках А и Б для сравнительной характеристики:

Таблица 2 – Возможные объёмы переносимого ветром песка в течение года по направлениям для метеостанций Ясхан и Сердар, м³/м в год

Объём возможного переноса песка	С	ССВ	СВ	ВСВ	В	ВЮВ	ЮВ	ЮЮВ	Ю
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Метеостанция Ясхан									
Q	0,28	0,28	0,56	1,39	10,44	2,78	1,61	0,17	0,11
Метеостанция Сердар									
Q	0,03	0,08	0,25	0,91	22,47	3,23	0,25	0,01	0,08

Продолжение таблицы 2

Объём возможного переноса песка	ЮЮЗ	ЮЗ	ЗЮЗ	З	ЗСЗ	СЗ	ССЗ	Год
1	11	12	13	14	15	16	17	18
Метеостанция Ясхан								
Q	0,17	1,0	1,50	2,5	0,89	1,39	0,44	25,51
Метеостанция Сердар								
Q	0,25	2,32	2,90	4,39	0,41	0,25	0,08	37,91



— Q, м³/м в год. Метеостанция Ясхан. — Q, м³/м в год. Метеостанция Сердар.

График возможного объёма переноса песка по метеостанциям Ясхан и Сердар, м³/м в год

Участок А. Высота бархана – 2 м, гребня – 80 см. Время измерения – 11 ч. Скорость ветров – 5 м/с, иногда до 6-8 м/с (на высоте 1 м от песчаной поверхности). В итоге за 11 ч гребень бархана продвинулся на 8 см на юго-восток.

Участок Б. Высота бархана – 2,5 м, гребня – 1 м. Время измерения – 11 ч. Скорость ветров – 5 м/с, иногда до 6-8 м/с (на высоте 1 м от песчаной поверхности). В итоге за это время гребень продвинулся всего на 3 см на юго-восток.

Скорость движения ряби достигала 18 см/ч. Расстояние между гребнями ряби было 15-17 см.

Измерения показали, что барханные формы высотой меньше 2 м продвигаются быстрее, чем барханы, которые имеют высоту 2 м и более. Нашими исследованиями также выяснено, что скорость движения барханной формы зависит от скорости ветра, а также от высоты бархана и валиков ряби [5, 6]:

$$U_6 = \frac{0,4 (U_{1,0} - 4) n p}{H}, \quad (2)$$

где U_6 – скорость движения бархана; H , n , p – высота бархана и валика ряби; $U_{1,0}$ – скорость ветра, замеряемая на высоте 1 м от песчаной поверхности.

Так, при высоте бархана – 2,0 м и валика ряби – 1 см, скорости ветра $U_{1,0} = 8$ м/с скорость движения бархана $U_6 = 3,2$ см/ч, или 0,77 м/сут. Скорость движения барханных форм, рассчитанная по формуле (2), находится в относительно хорошем согласии с данными полевых измерений.

Таким образом, исследования по переносу песка показали реальную угрозу песчаных заносов для возводимых инженерных объектов, которая будет усиливаться из года в год. Это требует экстренных мер по закреплению подвижных и техногенных песков.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бабаев А.Г. Проблемы освоения пустынь. – Ашхабад: Ылым, 1995.
- [2] Бабаев А.Г. Проблемы пустынь и опустынивания. – Ашхабад: Туркменская государственная издательская служба, 2012.
- [3] Вейсов С.К., Хамраев Г.О., Акциязов А.Д. Динамика барханного рельефа Западного Туркменистана // Проблемы освоения пустынь. – 2008. – № 4.

- [4] Вейсов С.К., Курбанов О.Р., Хамраев Г.О., Акыниязов А.Д. Эоловые равнинные ландшафты Каракумов // Проблемы освоения пустынь. – 2009. – № 1.
[5] Иванов А.П. Формирование профилей эоловых форм рельефа песчаных пустынь. – Ашхабад: Ылым, 1989.
[6] Иванов А.П. Физические основы дефляции песков пустынь. – Ашхабад: Ылым, 1972.
[7] Леваднюк А.Т. Инженерно-геоморфологический анализ равнинных территорий. – Кишинев: Штиинца, 1983.
[8] Чередниченко В.П., Дарымов В.Я. Геоморфологические основы промышленного освоения песчаных пустынь Туркменистана. – Ашхабад: Ылым, 1985.

REFERENCES

- [1] Babayev A.G. Problems of deserts development. Ashkhabad: Ylym, 1995 (in Rus.)
[2] Babayev A.G. Problems of deserts and desertification. Ashkhabad: Turkmen state publishing service, 2012 (in Rus.)
[3] Weisov S.K., Khamrayev G.O., Akyniyazov A.D. Dynamic of sand dune landscape of West Turkmenistan // Problems of deserts development. 2008. No. 4.
[4] Weisov S.K., Kurbanov O.R., Khamrayev G.O., Akyniyazov A.D. Eolian plain landscapes of Kara-Kum // Problems of deserts development. 2009. No. 1.
[5] Ivanov A.P. Formation of profiles of eolian forms of relief of sand deserts. Ashhabad: Ylym, 1989.
[6] Ivanov A.P. Physical bases of deflation of sands of deserts. Ashhabad: Ylym, 1972.
[7] Levadnyuk A.T. Engineering-geomorphological analysis of plain territories. Chisinau: Shtiintsa, 1983.
[8] Cherednichenko V.P., Darymov V.Ya. Geomorphological bases of industrial development of sandy deserts of Turkmenistan. Ashhabad: Ylym, 1985 (in Rus.)

С. К. Вейсов¹, Г. О. Хамраев²

¹Г.ғ.к., Ұлттық институтының жетекші ғылыми қызметкері (Ұлттық шөдер, флора және жабайы табиғат институты Ауыл шаруашылығы және қоршаған ортаны қорғау министрлігі, Ашхабад, Түрікменстан)

²Г.ғ.к., гидрометеорология кафедрасының меңгерушісі
(Магтымгулы атындағы Түркмен мемлекеттік университеті, Ашхабад, Түрікменстан)

БАТЫСТЫҚ ҚАРАҚҰМДАҒЫ ЭОЛ РЕЛЬЕФІНІҢ БАРХАН ФОРМАЛАРЫНДА ДЕФЛЯЦИЯ ПРОЦЕССИНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Аннотация. Құмды материалдың берілуінің сандық бағалары және оның басым бағыттары анықталды. Бақылаулар көрсеткендей, құмның ауысуы бүкіл құмды бетке, негізінен шығыстан батысқа қарай жүреді, яғни жел режиміне сәйкес. Зерттелетін аймақтағы құм төбелері мен құмды тізбектердің қозғалу жылдамдығын өлшеу жүргізілді. Эксперименттік зерттеудің маңызды міндеті, алынған нақты мәліметтерден басқа, олардың негізінде теориялық зерттеулер мен құрылыстарды тексеру болып табылады. Желмен тасымалданатын құмның мүмкін көлемін анықтау үшін біз А.П. формуласын қолдандық. Иванова. Есептеулер бір жыл ішінде басым бағыттар бойынша құмның жалпы тасымалын көрсетеді.

Түйін сөздер: дефляция процестері, құм төбелерінің қозғалу жылдамдығын, ұсталған көлемді, желмен тасымалданатын құмның көлемін, микроформалардың (эолдық толқындар).

S. K. Veysov¹, G. O. Hamrayev²

¹Candidate of geographical sciences, lead research worker (National Institute of Deserts, Flora and Wildlife Ministry of Agriculture and Environmental Protection, Ashgabat, Turkmenistan)

²Candidate of geographical sciences, head of a chair of hydrometeorology
(Turkmen State University named after Magtymguly, Ashgabat, Turkmenistan)

FEATURES OF DEFLATION PROCESSES ON BARKHAN FORMS OF EOL RELIEF IN WESTERN KARAKUM

Abstract. The quantitative estimates of the transfer of sandy material and its predominant directions have been determined. The observations showed that the transfer of sand occurs over the entire sandy surface, mainly from east to west, i.e. according to the wind regime. Measurements of the speed of movement of dunes and dune chains in the study area were carried out. An important task of experimental research, in addition to the actual data obtained, is to verify theoretical studies and constructions on their basis. To determine the possible volume of sand carried by the wind, we used the formula of A.P. Ivanova. Calculations show the total transfer of sand in the prevailing directions for the year.

Keywords: deflation processes, measurements of the speed of movement of dunes, trapped volume, possible volume of sand carried by the wind, measurements of the speed of movement of microforms (aeolian ripples).