

УДК 551.510.42

ОЦЕНКА ВЕТРОВОГО ПЕРЕНОСА ПЕСКА В ДОЛИНЕ СЕНЕК

О.С. Галаева

И.П. Захарова

Канд. физ.-мат. наук О.Е. Семенов

А.П. Шапов

Исследован дисперсный состав подвижных песков Туйесу и в долине Сенек. Выполнены расчеты ветрового переноса масс песка по модели КазНИГМИ. Получена роза векторов средних многолетних годовых расходов песка в долине и определен результирующий вектор, имеющий азимут 287° и модуль $773 \text{ т}/(\text{км} \cdot \text{год})$. Сделан выбор направления противодефляционных защитных полос, которые должны располагаться с ССВ на ЮЮЗ. Можно отказаться от клеточной системы защит, что значительно снижает затраты на их создание.

Интенсивное освоение нефтяных и других полезных ископаемых на полуострове Мангышлак привело к значительному росту воздействия людей на природные ресурсы региона. Сильно пострадали от антропогенных нагрузок песчаные массивы, которые протянулись узкой прерывистой полосой по восточной и юго-восточной окраине Южномангышлакского плато более чем на 100 км. Песчаные массивы отделяются друг от друга меловыми кряжами или увалами, располагаясь на наклонных вогнутых равнинах. И хотя они занимают площадь всего около 3300 км^2 , их роль для обеспечения жизни на полуострове трудно переоценить. В толще песков идет накопление пресной воды, формирование значительных её линз. Эти запасы пресной воды имеют эксплуатационное значение и широко используются для водоснабжения населенных пунктов, в числе которых и г. Новый Узень [4, 5]. Для местного населения пески – это удобные пастбища для овец и верблюдов.

Одними из наиболее пострадавших от антропогенного воздействия являются пески в долине Сенек (рис. 1). Долина находится в юго-восточной части Беке-Башкудукской мегаантиклинали и имеет широтное направление. Южный борт долины образует чинк сарматского плато (уступ Куланды), на севере располагаются пески Туйесу, возвышаясь над

дном долины на 30...50 м. Ширина Сенекской долины 2...3 км. На дне – делювиально-пролювиальная равнина с сорами и небольшими массивами песков современного возраста [4, 5].



Рис. 1. Современный массив подвижных песков на дне долины Сенек. Снимок сделан с вершины дюны на окраине массива песков Туйесу.

Такой современный массив подвижных песков, образовавшийся в последние десятилетия в восточной части долины, наступает на поселок Сенек. Барханы высотой до 2...4 м уже засыпали метеостанцию и большую часть кладбища на окраине поселка. Возле пос. Сенек на массиве Туйесу около 30 % его площади тоже занимают подвижные пески. Причина образования этих двух почти полностью лишенных растительного покрова очагов опустынивания – превышение допустимых нагрузок на экосистему выпасом скота и строительными работами при прокладке трубопроводов для пресной воды. Наибольшую опасность для жителей поселка, насчитывающего более тысячи жителей, представляют современные пески долины Сенек, сложенные из более мелких и поэтому более подвижных частиц, чем пески Туйесу. Последние, в основном, совершают возвратно-поступательные перемещения вершин барханов. Нельзя отрицать и наличие выноса с них частиц менее 100...140 мкм на поселок и долину при сильных ветрах северных, северо-восточных и северо-западных направлений.

Процесс дефляции песков является функцией большого числа параметров, характеризующих как состояние приземного слоя атмосферы, так и деятельного поверхностного слоя песка. Как показывают выполненные исследования такие важные характеристики выдувания песка, как критическая

скорость начала выветривания частиц твердой фазы, критическое значение влажности песка, горизонтальный и вертикальный поток массы ветропесчаного потока определяются дисперсным составом песка, т.е. функцией распределения частиц по размерам и, главным образом, средним геометрическим размером зерен. Поэтому изучение дисперсного состава песка является одной из основных задач при моделировании песчаных бурь.

Дисперсный состав песков долины Сенек

Изучение механики пыльных, песчаных и солевых бурь невозможно без углубленных знаний о закономерностях распределений частиц твердой фазы по размерам. Почва представляет собой грубодисперсную систему. Основными параметрами ее являются размеры слагающих частиц и характер их распределения по размерам. Для полидисперсных почвенных систем, т. е. таких, у которых частицы имеют различный размер, полную картину дисперсности можно охарактеризовать кривой распределения массы твердой фазы по размерам частиц [6].

Однако пользоваться экспериментально полученными функциями распределения частиц по размерам в таком виде при решении различных теоретических и прикладных вопросов трудно, а часто и просто невозможно. Поэтому для экспериментально найденной функции распределения частиц по размерам, необходимо находить аналитическое выражение, аппроксимирующее опытные данные с приемлемой для исследований или практического использования точностью.

Проведенные нами исследования большинства песчаных массивов Казахстана [2, 3, 6] показали, что в подавляющем числе случаев распределение частиц по размерам у подвижных и полужакрепленных песков хорошо аппроксимируется логарифмически нормальным распределением с плотностью вероятности

$$f(x) = \frac{0,434}{\sigma_{lg x} x \sqrt{2\pi}} \exp \left[-\frac{(\lg x - \lg x_0)^2}{2\sigma_{lg x}^2} \right],$$

где x — размер песчинок; x_0 — их средний геометрический размер; $\sigma_{lg x}$ — среднее квадратическое отклонение логарифмов размеров частиц. Это распределение полностью описывается двумя параметрами — x_0 и $\sigma_{lg x}$, методика определения которых детально изложена в работах [2, 3, 6].

Сравнительно редко встречаются пески, как правило, с повышенным содержанием кварца, что свидетельствует об очень длительных в геологиче-

ском масштабе процессах дефляции; распределение частиц которых по размерам аппроксимируется нормальным распределением.

Наступающий на поселок с восточного направления локальный подвижный песчаный массив вытянулся по дну долины Сенек узкой полосой шириной порядка 400...500 м и длиной около 3,5 км. Пески эти весьма динамичны в своем развитии, о чем свидетельствуют исследования туркменских ученых, проводивших здесь геоморфологические исследования в 1975 и 1990 гг. [4, 5]. Они пишут, что ещё несколько десятков лет назад на месте подвижных песков была мелкобугристая волнистая делювиальная равнина с растительным покровом. Большие изменения произошли с песками за период с 1975 по 1990 г. – увеличилась их площадь, выросла высота барханов. В 2003 году мы отметили уменьшение длины массива, самая восточная часть песков заросла растительностью благодаря двум последним влажным годам и прекращению выпаса скота. Появились и небольшие по площади участки с селином в центральной части массива. Выросли высоты барханных цепей в западной, прилегающей к поселку части песков.

Для изучения изменения по площади дисперсного состава долинного Сенекского массива были выполнены четыре поперечных маршрута, пересекавшие массив с севера на юг (рис. 2). На каждом маршруте были взяты по три образца для последующего анализа на определение среднего геометрического размера частиц песка и дисперсии распределения, при этом один образец брался примерно на центральной осевой линии массива, два других – на окраине, на расстоянии 40...50 м от границы подвижного песка.

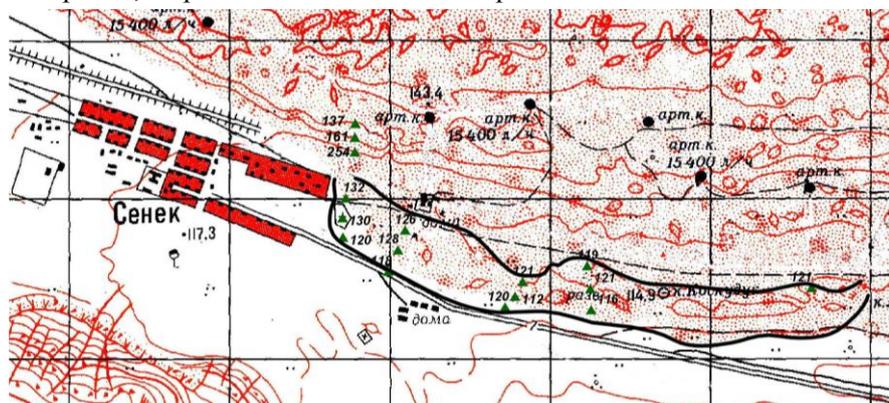


Рис.2. Схема части долины Сенек с выделенным контуром наступающих на поселок молодых подвижных песков.

С целью сравнения дисперсности молодых песков и песков Туйесу древнего происхождения, первый маршрут был продолжен вглубь песков

Туйесу. Три образца были взяты на крайней дюне песков Туйесу высотой около 40 м на вершине, середине склона и у ее основания.

В табл.1 приведены координаты мест отбора проб, которые определялись с помощью GPS, краткая характеристика мест отбора и основные параметры функций распределения частиц по размерам: средний геометрический размер зерен x_0 , мкм, среднее квадратическое отклонение логарифмов размеров σ_{lgx} – для логарифмически нормального распределения частиц песка по размерам; средний (арифметический) размер зерен \bar{x} , мкм и среднее квадратическое отклонение размеров частиц σ_x – для нормального распределения. На рис. 3 приведены две эмпирические накопленные функции распределения частиц песка по размерам. Один образец (подножье песков Туйесу) описывается нормальным распределением с параметрами $\bar{x} = 254$ мкм, $\sigma_x = 110$ мкм и коэффициентом вариации $C_v = 0,43$. Коэффициент вариации у песков с логарифмически нормальной функцией оказался значительно меньше и не превышает 0,23, лишь на дюне песков Туйесу на середине склона C_v достигает 0,33.

Таблица 1

Координаты мест отбора проб и параметры распределения частиц песка по размерам

Номер образца	Место отбора пробы		Характеристика песков и места отбора проб	Параметры распределения	
	φ	λ		X_0 , мкм	σ_{lgx}
1	43°21'49"	53°24'8"	Западная часть подвижных песков, вершина бархана в северной части профиля №1	132	0,09
2	43°21'45"	53°24'7"	Вершина бархана в центральной части профиля №1	130	0,09
3	43°21'41"	53°24'7"	Вершина бархана из той же гряды, что проба №2, южная часть профиля №1	120	0,08
4	43°21'42"	53°24'24"	Северная часть маршрута №2 вершина бархана высотой 3 м	126	0,08
5	43°21'38"	53°24'22"	Центральная часть маршрута №2, вершина бархана высотой 5 м	128	0,08

Окончание табл.

Номер образца	Место отбора пробы		Характеристика песков и места отбора проб	Параметры рас-пределения	
	φ	λ		X_0 , мкм	$\sigma_{g x}$
6	43°21'34"	53°24'19"	Южная часть маршрута №2, вершина бархана высотой 3,5 м	118	0,08
7	43°21'26"	53°24'51"	Южная оконечность песчаной гряды, пересекающей массив с ССВ на ЮЮЗ, профиль №3	120	0,10
8	43°21'28"	53°24'54"	Центральный участок гряды, профиль №3	112	0,07
9	43°21'31"	53°24'56"	Северный участок гряды, профиль №3	121	0,08
10	43°21'25"	53°25'15"	Южная часть 4 маршрута, невысокий бархан на краю гряды	116	0,07
11	43°21'29"	53°25'15"	Центральный участок 4-го маршрута, высшая точка гряды барханов	121	0,07
12	43°21'34"	53°25'14"	Северный участок 4-го маршрута, невысокий одинокий бархан среди закрепленного песка	119	0,09
13	43°21'28"	53°26'16"	Восточная часть подвижных песков, вершина бархана	121	0,07
14	43°22'4"	53°24'11"	Вершина дюны песков Туйесу	137	0,08
15	43°22'8"	53°24'12"	Середина склона дюны песков Туйесу	161	0,14
16	43°22'12"	53°24'12"	Основание дюны песков Туйесу	254	110*

Результаты маршрутного обследования и анализ дисперсного состава позволили выявить основные особенности подвижных песков Сенекской долины.

- На массиве наблюдается повышение высот барханов от его краев к центру.

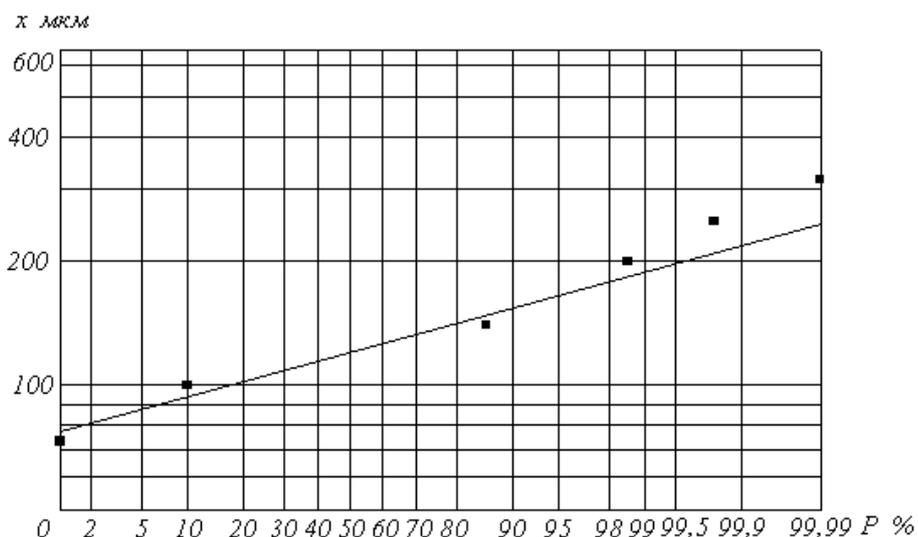


Рис. 3. Эмпирическая интегральная кривая логарифмически нормального распределения частиц песка по размерам. Проба №3.

- Довольно низкая точность аппроксимации эмпирического распределения частиц песка по размерам логарифмически нормальной функцией вследствие увеличенного содержания частиц размером 100...140 мкм. По-видимому эти частицы поступают на массив с песков Туйесу при сильных ветрах северных направлений.
- Массив сложен из легко поддающихся ветровому воздействию очень мелких частиц. Средний геометрический размер частиц меняется по массиву в небольшом интервале – от 112 до 132 мкм. Критическое значение динамической скорости потока u_* для частиц этого размера лежит в области наименьших значений – от 17 до 18 см/с [3].
- Наблюдается незначительное увеличение размеров частиц песка в северо-западной части массива примерно на 10 % от 120 до 130 мкм.
- Среднее квадратическое отклонение логарифмов размеров частиц σ_{lgx} оказалось меньше 0,10, что говорит об интенсивном ветровом переносе песка и малом коэффициенте вариации размеров частиц ($C_v < 0,25$).

Ветровой перенос песка в долине Сенек

Для расчетов массы песка, переносимой ветром в приземном слое атмосферы во время явлений дефляции песков, в КазНИГМИ в начале 80-х годов создана модель, в которой в качестве исходной информации использовались стандартные наблюдения метеорологических станций за пыльными бурями, скоростью ветра и данные о среднем геометрическом

размере частиц песка в исследуемом районе. Модель позволяет получать оценки объемов переноса песка над подвижными массивами или определять потенциальные транспортирующие возможности ветровых потоков в случае, если песчаные массивы закреплены. Это принципиально новые количественные климатические параметры песчаных бурь, позволяющие объективно оценивать развитие дефляционных процессов или их опасность в изучаемых географических районах. По этой модели впервые детально оценена интенсивность дефляции в регионе Аральского моря [1, 3].

В последующем в 1985 г. модель КазНИГМИ дополнена блоком векторных расчетов. На основе этой усовершенствованной модели получена карта роз векторов объемов переноса песка в регионе Аральского моря и оценен вынос песчаного и солевого аэрозоля за пределы осушенной части дна Аральского моря [3, 7], исследована интенсивность процессов дефляции в Южном Прибалхашье [2]. С детальным описанием модели можно ознакомиться в монографиях [2, 3].

Для расчетов по модели необходима информация о среднем геометрическом размере частиц песка в районе метеостанции, о скорости и направлении ветра на высоте 10 м (уровень установки ветроизмерительных приборов на метеостанции), данные о продолжительности бурь. Все климатические расчеты по модели целесообразно выполнять с помощью ПК.

Одной из основных векторных величин дефляции песков является годовой результирующий вектор M_z , показывающий конечное направление переноса песка в результате многочисленных случайных перемещений в пространстве. Его можно получить двумя способами. Первый заключается в последовательном суммировании всех векторов M_i отдельных явлений переноса песка в течение года. Второй состоит в определении для каждого из 16 румбов суммарных за год масс песка. Это позволяет построить годовую розу объемов переноса песка и найти результирующий годовой вектор путем векторного сложения масс всех румбов. Поступая аналогично для всех лет наблюдений, можно получить в итоге среднюю многолетнюю розу переноса в районе исследуемой станции, а по ней и средний многолетний результирующий вектор.

Средняя многолетняя роза ветров исключительно важна при оценке выноса песка за границы контуров изучаемого песчаного массива и для разработки проектов противодефляционных мероприятий. В свою очередь, средний многолетний результирующий вектор M_n может служить

для прогноза направления перемещения массивов подвижных песков или отдельных форм песчаного рельефа.

Для изучения ветрового переноса песка вблизи поселка Сенек, были использованы данные одноименной метеорологической станции за период с 1979 по 1987 год, так как с июля 1988 года она была закрыта [4]. Вся информация была внесена в базу данных и произведен расчет скалярных и векторных характеристик ветрового переноса песка. Средний геометрический размер частиц, используемый в расчетах, был взят равным $x_0 = 120$ мкм.

Песок переносится ветром во время песчаных бурь и поземков. На М Сенек дефляционные процессы в основном наблюдались в виде песчаных поземков. Сравнительно редкие песчаные бури возникали, как правило, развиваясь из поземков при увеличении скорости потока, часто на непродолжительное время, и заканчивались ими же при затухании ветра. В табл. 2 представлено число случаев с песчаными бурями и поземками. В среднем многолетнем годовом ходе повторяемости песчаных бурь максимум отмечен нами в апреле – 1,9 суток, а минимум наблюдался в декабре – 0,1 суток. С января до апреля число суток с этим явлением погоды возрастало от 0,3 до 1,9 в месяц, а затем наблюдалось их уменьшение до декабря включительно.

Таблица 2

Повторяемость суток с явлениями дефляции песков в пос. Сенек. 1979...1987 гг.

Год	Месяц												Год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Число случаев песчаных бурь													
1979			2	3	4		3	1		1			14
1980			2			1							3
1981	1	3	3		1	1			1			1	11
1982			1	3		3			2		1		10
1983	1			1				1	1	2	1		7
1984				2			2	4		1			9
1985	1	2				2							5
1986		2	1	5	1	2				1	1		13
1987				3	3						1		7
Среднее	0,3	0,8	1	1,9	1	1	0,6	0,7	0,4	0,6	0,4	0,1	9
Число случаев песчаных поземков													
1979	18	11	16	19	22	21	23	14	16	7		6	173
1980		3	15	17	22	15	15	12	11	5	10	5	130
1981	16	11	13	22	21	16	13	16	23	17	14	15	197
1982	7	9	6	19	21	17	22	20	17	13	9	4	164
1983	4	9	20	18	26	19	16	16	11	13	13	6	171
1984	13	7	12	11	12	14	14	20	10	11	7	16	147
1985	8	15	6	24	10	17	17	13	12	17	11	2	152
1986	14	8	14	17	21	18	15	10	8	11	11	11	158
1987	10	1	6	12	20	14	16	17	17	17	11	10	151
Среднее	11	8	12	18	19	17	17	15	14	12	11	8	160

В годовом ходе частоты песчаных поземков максимум наблюдался в мае и составил 19 суток, а минимум – в феврале и декабре – по 8 суток. Постепенный рост числа суток с поземками начинался с февраля до мая – от 8 до 19. С мая до декабря наблюдалось равномерное уменьшение их повторяемости до 8 в месяц. Таким образом, наибольшее число дней с песчаными поземками отмечается в апреле, а с бурями – в мае.

За рассматриваемый период лет наибольшее число суток с поземками наблюдалось в 1981 г. – 197, а наименьшее – в 1980 г. – 130 суток. Максимальное число суток с песчаными бурями отмечено наблюдателями метеостанции в 1979 г. – 14 и 1986 г. – 13 суток, а минимальное их количество – в 1980 г. - 3 и в 1985 г. – 5 суток. Среднее многолетнее число случаев пыльных бурь составило 9, поземков – 160, среднее квадратическое отклонение для пыльных бурь $\sigma=3,6$ и поземков $\sigma=19$, коэффициент вариации ряда незначительный для бурь – $C_v = 0,41$ и еще меньше для поземков – $C_v = 0,12$.

Расчеты по модели песчаных бурь позволили получить оценки переносимых ветром масс песка в приземном слое атмосферы через фронт переноса шириной в 1 км. Средний многолетний объем переносимого песка за рассматриваемый период лет для песчаных бурь оказался равным 1321 кг/(м·год) или т/(км·год) – эти единицы измерения эквивалентны. Поземками переносится в два раза большая масса песка, средняя многолетняя величина для них равна 2687 т/(км·год). В табл. 3 приведены основные статистические характеристики объемов переноса песка для различных явлений. Коэффициент вариации переносимой массы песка бурями значительно выше, чем поземками и составляет 0,46. Таким образом, как по стандартным метеорологическим наблюдениям за пыльными бурями, так и по переносу масс песка в районе Сенек более стабильным является ветровой перенос в виде поземков.

Таблица 3

Основные статистические характеристики объемов переноса песка на М Сенек

Атмосферные явления	\bar{M} , т/(км·год)	σ , т/(км·год)	C_v
Бури	1321	605	0,46
Поземки	2687	786	0,29
Оба явления	4007	1118	0,28

Большой интерес представляет сравнение полученной интенсивности ветрового переноса песка в долине Сенек с аналогичными процессами в других изученных нами регионах Казахстана в Приаралье и в Южном При-

балхашье. В Прибалхашье наибольшему воздействию песчаных бурь и поземков подвергается крупная железнодорожная станция Матай, окруженная со всех сторон подвижными песками. Расположенная здесь М Матай имеет сейчас наиболее длинные рассчитанные ряды объемов переноса песка – с 1966 по 2002 г. В регионе Аральского моря большая повторяемость песчаных бурь наблюдается на одноименной метеостанции. По ней у нас есть ряды ветрового переноса с 1966 по 1992г. В табл. 4 приведены основные статистики годового переноса масс песка на этих метеостанциях, полученные для двух интервалов лет.

Таблица 4

Статистические характеристики ветрового переноса на подвижных песках в различных регионах Казахстана

Станция	Расчетные интервалы наблюдений					
	1966...1992 гг.			1979...1987 гг.		
	\bar{M}	σ	C_v	\bar{M}	σ	C_v
Сенек	–	–	–	4007	1118	0,28
Аральское Море	3845	1979	0,51	3193	1850	0,58
Матай	2202	1296	0,59	3075	1246	0,40

Средний годовой расход песка в регионе Арала за интервал времени с 1966 по 1992 г. достигал 3,8 тыс. т/(км·год) и превышал его значение в Южном Прибалхашье в 1,7 раза. Коэффициент вариации этих рядов равен 0,51 и 0,59, соответственно, т.е. изменчивость интенсивности процессов дефляции песков за рассматриваемый период времени по данным обеих метеостанций отличалась незначительно. За более короткий ряд лет с 1979 по 1987 г. (общий для всех трех станций) интенсивность процессов была иной. Практически равные средние за этот период годовые расходы песка были на станциях Аральское Море и Матай – 3193 и 3075 т/ (км·год) при уменьшении C_v на М Матай до 0,40 и увеличены на М Аральское Море до 0,58. В этот период времени усилилась в 1,4 раза интенсивность выветривания песков в Прибалхашье и снизилась примерно на 20 % в Приаралье. В долине Сенек в это время средний годовой расход песка достигал 4007 т/(км·год) и превышал в 1,25...1,3 раза аналогичные величины в Приаралье и Прибалхашье при очень незначительной междугодовой изменчивости – $C_v = 0,28$. В многолетнем ходе максимальные значения в переносе масс песка в Сенеке наблюдались в 1982 году – 5934 т/(км год).

На рис. 3 представлен средний многолетний годовой ход переноса месячных масс песка. Как видно, в годовом ходе наблюдался один максимум в апреле. Масса песка, переносимая в этом месяце, составляла

973 т/км. Достаточно активными были дефляционные процессы так же в феврале, марте, мае и ноябре.

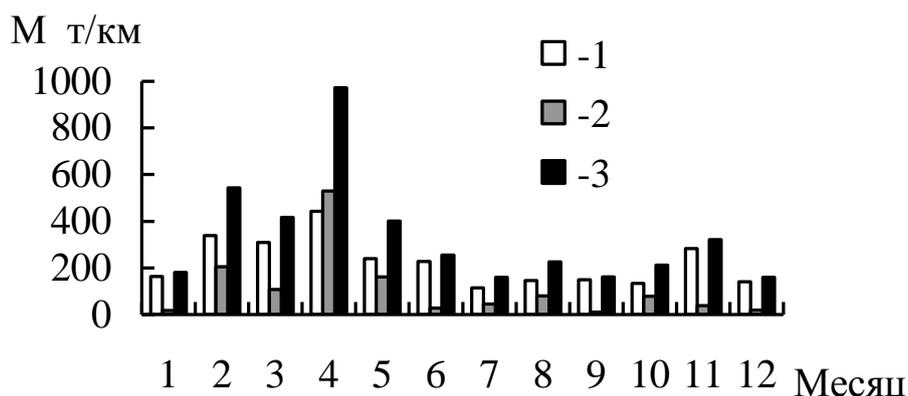


Рис. 3. Средний многолетний годовой ход объемов ветрового переноса песка. 1 – песчаный поземок, 2 – песчаная буря, 3 – оба явления.

Для изучения влияния переноса песка на жизнедеятельность пос. Сенек рассмотрим ветропесчаные потоки в качестве векторной величины. В табл. 5 приведены результаты расчетов перемещаемых в течение года масс песка в различных направлениях за рассматриваемый период наблюдений. В конце каждой строки таблицы для каждого года путем векторного сложения получен годовой результирующий вектор переноса массы. В нижней строке определены средние многолетние массы песка для всех 16 румбов. По ним на рис. 4 построена средняя многолетняя роза векторов для суммарных объемов переноса песка бурями и поземками. Векторным сложением годовых векторов получен средний многолетний результирующий вектор, указывающий конечное направление перемещения песков в долине за 9 лет с азимутом 287° и модулем $773 \text{ т}/(\text{км}\cdot\text{год})$. Анализ всех годовых векторов переноса показал, что в рассматриваемом отрезке времени лишь в пяти годах пески двигались в близком к этому направлению. В 1983 и 1985 гг. их движение было почти в противоположном направлении, а в 1984 г. – на ЮЮЗ. Очевидно, что эти три года отличались особенностями региональных либо глобальных синоптических процессов.

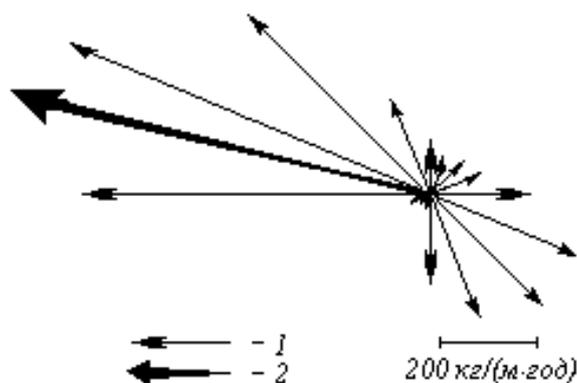


Рис. 4. Средняя многолетняя роза векторов переноса масс песка в районе пос. Сенек. 1979...1987 гг. 1 – годовой вектор массы песка в направлении румба (кг/(м·год)) через фронт переноса в один метр; 2 – результирующий средний многолетний годовой вектор переноса массы песка (кг/(м·год)).

На рис. 4 видно, что основная масса песка перемещается в западном – 657 т/(км·год), запад-северо-западном – 757 т/(км·год) и северо-западном 520 т/(км·год) направлениях. Это определяется как синоптическими процессами, так и орографией местности. В то же время практически нет переноса песка в угловом секторе 202 ... 247°. Средний многолетний результирующий вектор, имеющий азимут 287°, хорошо согласуется с результатами геоморфологических исследований туркменских ученых, которые отметили именно это направление перемещения песков на границе поселка в начале 90-х годов прошлого века [4]. Наличие векторов с южной и юго-восточной направленностью подтверждает возможность выноса в долину Сенека мелких частиц песка (<100...150 мкм) с массива Туйесу. Результирующий вектор позволяет сделать выбор единственного направления противодефляционных защитных полос – ССВ – ЮЮЗ. Здесь нет необходимости в клеточных системах защиты от выдувания, что удешевляет мероприятия по закреплению долинных песков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азыдова Р.Н., Семенов О.Е. Оценка объемов ветрового переноса песков в районе Аральского моря по наблюдениям метеорологических станций // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. – 1985. – Вып. 85. – С. 13–19.
2. Актуальные проблемы гидрометеорологии озера Балхаш и Прибалхашья / Под ред. И.И. Скоцеляса – СПб.: Гидрометеиздат, 1995. – 269 с.

3. Гидрометеорологические проблемы Приаралья/ Под ред. Г.Н. Чичасова. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 277 с.
4. Дарымов В.Я., Жумашев А.П., Хамраев Г.О. Эоловый рельеф долины Сенек и его антропогенная динамика // Проблемы освоения пустынь. – №6. – 1994. – С. 56–62.
5. Жумашев А.П., Вейсов С.К., Дарымов В.Я., Хамраев Г.О. Иванов А.П. Защита инженерных сооружений на полуострове Мангышлак от песчаных заносов и выдувания // Проблемы освоения пустынь. – №2. – 1995. – С. 83–86
6. Семенов О.Е. О распределении песчаных частиц по размерам на юге Казахстана вследствие эоловых процессов // Тр. КазНИГМИ. – 1970. – Вып. 36. – С. 153–165.
7. Семенов О.Е. Оценка ветрового выноса песка и солей с осушенной части дна Аральского моря // Тр. КазНИИ Госкомгидромета. – 1988. – Вып. 102. – С. 39–54.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

СЕНЕК АҢҒАРЫНДАҒЫ ҚҰМНЫҢ ЖЕЛІМЕН ТАСЫМАЛДАНУЫН БАҒАЛАУ

	О.С. Галаева
	И.П. Захарова
Физ.-мат. ғылымд. канд.	О.Е. Семенов
	А.П. Шапов

Түйесудың және Сенек аңғарын қозғалмалы құмдарының дисперстік құрамы зерттелген. ҚазГМҰЗИ үлгісі бойынша құмның желмен ұшырылатын массалары есептелген. Аңғардағы құмның орташа көпжылдық шығындары векторларының розасы алынған және азимуты 287, ал модулі 773 т/жыл-км құрайтын қорытынды вектор анықталған. ССШ-тан ООБ-ға қарай орналасатын дефляцияға қарсы қорғаушы белдеулерінің бағыты таңдалған. Жұмсалатын шығындарды едәуір төмендететін қорғаудың шаршылық жүйесінен бас тартуға болады.