

УДК 551.553.8

**ВЕТРОВОЙ ПЕРЕНОС МАССЫ ПЕСКА В БАССЕЙНАХ РЕК  
ТЕМИР, ЭМБА И САГЫЗ**

Н.У. Бултеков

*В статье приведены скалярные оценки ветрового переноса песка во время песчаных бурь и поземков в бассейнах рек Темир, Эмба и Сагыз. Для этого привлечены материалы наблюдений метеорологических станций Актюбинской области за период с 1986 по 2008 гг.*

По исследованиям Р.Д. Джанпеисова в Казахстане общая площадь дефляционно-опасных почв превышает 40 млн. га, из них 16 млн. га легкие автоморфные почвы и более 22 млн. га пески. Наибольшую опасность представляют пески и слабосформированные песчаные почвы, широко используемые в качестве пастбищ. Свыше 1 млн. га песков повсеместно охвачены ветровой эрозией: 0,4 – очаговой, 4,8 – полосной, 8,1 – пятнисто-очаговой, и 7,8 – очагово-полосной дефляцией [4].

Подвижные пески приносят значительный вред сельскому хозяйству, засыпая орошаемые земли, ирригационную сеть, населенные пункты и дороги [3]. Для расчетов массы песка, переносимого ветром в приземном слое атмосферы во время явлений дефляции О.Е. Семеновым создана модель. В качестве исходной информации в ней используются: средний геометрический размер частиц песка, исследуемого района, скорость и направление ветра на высоте 10 м (уровень установки ветро-измерительных приборов на метеостанции) и данные о продолжительности бурь.

Для удобства и быстрых расчетов С.К. Волковой и А.П. Шаповым была разработана программа «PESOK», которая позволяет осуществлять расчеты характеристик переноса, а так же архивацию, корректировку и пополнение архива данных. Алгоритм расчетов по модели представлен на рис. 1, полное описание модели изложено в работе [2].

Модель позволяет определять переносимую ветром массу песка и солей через фронт переноса в один километр в приземном слое атмосферы, который в зависимости от скорости ветра изменяется в пределах от 20...30 до 100...130 м. При этом получают две характеристики переносимой массы песка – без учета направления переноса (скалярная масса) и с учетом его перемещения в атмосфере (векторный перенос массы). В дан-

ной работе мы будем выполнять расчет масс по скалярному переносу, и только по песку.

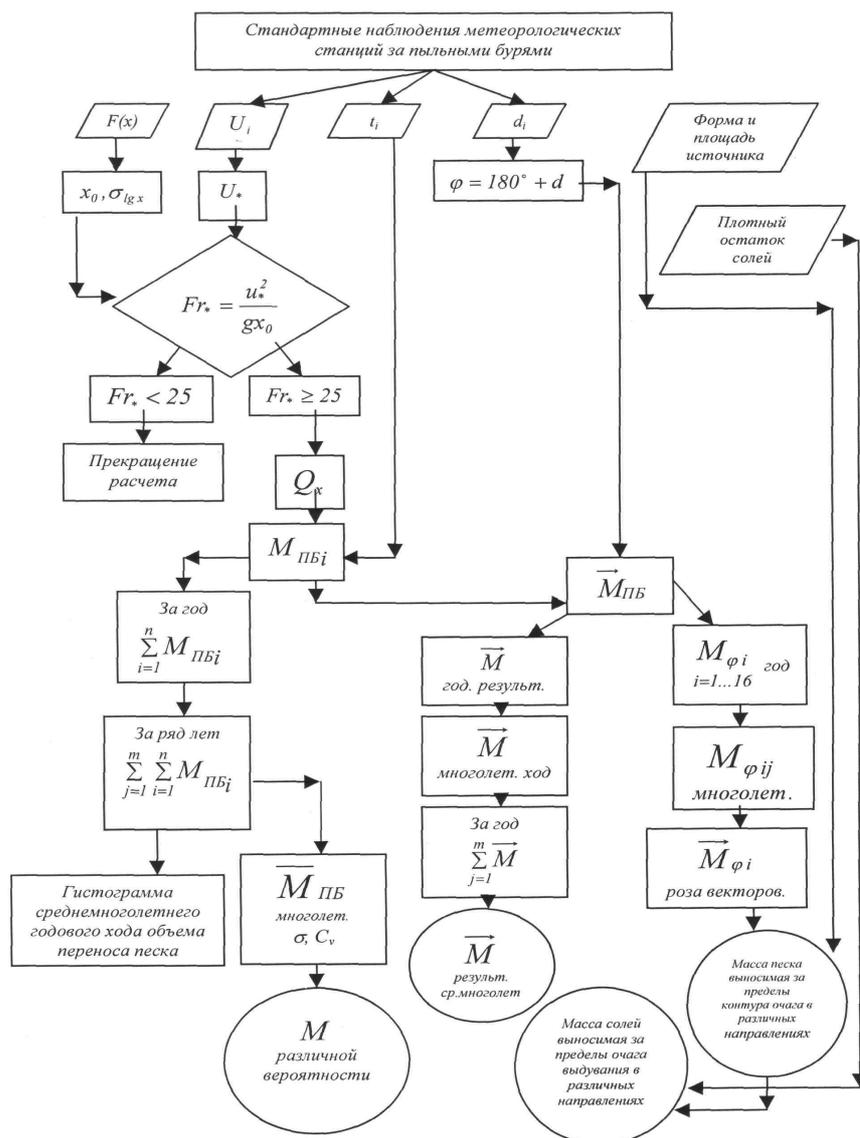


Рис. 1. Алгоритм расчета характеристик переноса песка и солей. По Семенову О.Е. [2].

Для изучения ветрового переноса песка во время песчаных бурь и поземков в бассейнах рек Темир, Эмба и Сагыз были привлечены материалы наблюдений четырех метеорологических станций за период с 1986 по 2008 годы. Была изучена изменчивость дисперсного состава песков по

территории исследуемого региона, пески здесь встречаются с двумя видами функций распределения частиц по размерам – нормальной и логарифмически нормальной [1].

Средний и средний геометрический размер их частиц при расчетах объемов переноса был принят следующим (табл. 1).

Таблица 1

Параметры распределения размеров частиц песка в бассейнах рек Эмба, Темир и Сагыз

Место отбора пробы	Параметры распределения	
	логарифмически нормальное $x_0$ , мкм	нормальное $\bar{x}$ , мкм
пески Аккум		250
7 км на СВ от пос. Жаркамыс	317	
восточная окраина пос. Жаркамыс		193
пески Аккумсагыз		228
пески Аяккум	179	
поселок Каражар		249
пески Баршакум пос. Ебейты	213	
пески Акжарсай, западнее пос. Кемерши		236
пески Акжарсай, юго-восток пос. Кемерши		175
пески Кумжарган	156	
пески Кокжиде, СЗ		290
пески Кокжиде, СВ		187
между пос. Булакшы и пос. Ильинским	194	

Для поселков Жаркамыс, Каражар, Ебейты в районе песчаных массивов Аккумсагыз, Аяккум, Акжарсай Кумжарган, Кокжиде, Аккум и песчаного массива между поселками Булакшы и Ильинским, по вышеописанной программе «Pesok» были получены скалярные массы переносимого ветром песка за год во время песчаных бурь (ПБ) и песчаных поземков (ПП). В табл. 2 приведены основные статистические параметры этих рядов: средние многолетние годовые расходы песка ( $M$ ,  $t \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ ), их стандартные отклонения ( $\sigma$ ) и коэффициент вариации ( $C_v$ ). В районе поселков Жаркамыс, Каражар и Ебейты и песчаных массивов Аккумсагыз, Аяккум и Акжарсай для расчета по программе были использованы данные М Караулкелды. Для песков Кумжарган и Кокжиде – М Эмба. Для песчаного массива между поселками Булакшы и Ильинский – М Ильинский, а в песках Аккум – М Темир.

Таблица 2

Основные статистические параметры рядов переноса песка по бассейнам рек Темир, Эмба и Сагиз Актыюбинской области:  $M$  (т·км<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>) – средняя многолетняя масса песка,  $\sigma$  (т·км<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>) – среднее квадратическое отклонение,  $C_v$  – коэффициент вариации

Район	ПБ			ПП			ПБ+ПП		
	$M$	$\sigma$	$C_v$	$M$	$\sigma$	$C_v$	$M$	$\sigma$	$C_v$
7 км на СВ от пос. Жаркамыс	34,1	69,2	2,03	174,3	126,7	0,73	208,4	146,7	0,70
восточная окраина пос. Жаркамыс	92,1	186,8	2,03	483,2	343,8	0,71	575,3	397,0	0,69
пески Аккумсагыз	66,0	133,9	2,03	337,0	245,0	0,73	403,0	283,5	0,70
пески Аякум	107,1	217,2	2,03	561,7	399,6	0,71	668,8	461,6	0,69
пос. Каражар	55,3	112,2	2,03	282,5	205,4	0,73	337,8	237,7	0,70
пески Баршакум пос. Ебейты	75,6	153,4	2,03	396,7	282,3	0,71	472,3	326,0	0,69
пески Акжарсай, западнее пос. Кемерши	61,6	124,9	2,03	314,5	228,6	0,73	376,1	264,6	0,73
пески Акжарсай, юго-восток пос. Кемерши	112,0	227,2	2,03	587,7	418,1	0,71	699,7	482,9	0,69
пески Кумжарган	37,6	102,1	2,72	291,4	294,7	1,01	329,0	298,9	0,91
пески Кокжиде, СЗ	10,9	29,5	2,71	83,6	85,0	1,02	94,5	86,0	0,91
пески Кокжиде, СВ	26,2	71,1	2,71	202,8	205,1	1,01	229,0	208,0	1,01
между пос. Булакшы и пос. Ильинским	142,7	267,9	1,88	117,3	156,6	1,33	260,0	343,3	1,32
пески Аккум	2,2	3,6	1,64	3,7	6,6	1,78	5,9	7,5	1,27

В 7 км восточнее поселка Жаркамыс, средняя многолетняя масса переносимого песка, составляет  $146,7 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ . Здесь поземками переносится  $174,3 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ , а бурями –  $34,1 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ . На восточной окраине поселка среднее многолетнее значение массы песка составляет  $575,3 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ . Песчаными поземками здесь переносится почти в пять раз больше песка, чем бурями. Для обоих явлений коэффициент вариации в двух пунктах одинаков и достигает значений – 2,03 для бурь и 0,73 – для поземков.

На песчаном массиве Аккумсагыз средняя многолетняя масса песка, переносимого обоими явлениями, равна  $403,0 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ . Это значение близко к величине средней многолетней массе переносимого песка в пос. Каражар, где она равна  $337,8 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ . Величина  $\sigma$  и  $C_v$  примерно одинаковы для обоих пунктов. Основной вклад в перемещение песка на песчаном массиве Аккумсагыз и в пос. Каражар вносят песчаные поземки. Ими переносится 84 % от средней многолетней массы и только 16 % – песчаными бурями.

В песках Аяккум, средняя многолетняя масса песка, переносимая обоими явлениями, достигает  $668,8 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ . Коэффициент вариации равен 0,69. Песчаными поземками переносится  $399,6 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ , а бурями –  $107,1 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ . Здесь песчаными поземками переносится 84 % от средней многолетней массы.

На песчаном массиве Акжарсай, западнее поселка Кемерши, средняя многолетняя масса переносимого песка составляет  $376,1 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ . Здесь песчаными поземками переносится  $314,5 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ , а бурями –  $61,6 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ . На юго-востоке пос. Кемерши, средняя многолетняя масса переносимого песка достигает  $699,7 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ . Здесь, как и в предыдущих пунктах основной вклад в перемещение песка вносят поземки, тогда как песчаными бурями переносится всего 16 %.

В песках Кумжарган практически вся масса песка переносится во время песчаных поземков и равна  $291,4 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ , бурями перемещается всего  $37,6 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ . Коэффициент вариации этого ряда равен 0,9. На песчаном массиве Баршакум в районе пос. Ебейты, как и в песках Кумжарган, перенос осуществляется в основном песчаными поземками. Среднее многолетнее значение массы песка, переносимые поземками, составляет  $396,7 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ , а бурями –  $75,6 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ .

На северо-западе песчанного массива Кокжиде, средние многолетние значения массы переносимого песка от обоих явлений составляет

94,5 т·км<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>. Здесь основная масса песка переносится поземками и составляет 83,6 т·км<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>, бурями – 10,9 т·км<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>. На северо-востоке средние многолетние значения массы песка составляет 229,0 т·км<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>. Основной вклад в перенос вносят поземки – 202,8 т·км<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>, на песчаные бури приходится 26,2 т·км<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>. Коэффициенты вариации в обоих пунктах равен 2,71 для песчаных бурь и 1,02 – для поземков.

На песчаном массиве между поселками Булакшы и Ильинский средняя многолетняя масса переносимого песка равна 260,0 т·км<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>. Здесь массы песка, переносимые песчаными бурями и поземками равны 142,7 и 117,3 т·км<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup> соответственно. Коэффициент же вариации для ряда песчаных бурь равен 1,88, для поземков – 1,33.

В песках Аккум средняя многолетняя масса переносимого песка равна 5,9 т·км<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>, это самый малый перенос из всех рассматриваемых пунктов. При этом поземками переносится 3,7 т·км<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>, а песчаными бурями лишь – 2,2 т·км<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>. Коэффициент вариации равен 1,3.

Рассмотрим изменчивость интенсивности дефляционных процессов во времени. На рис. 2...7 приведён многолетний ход масс песка, переносимых обоими явлениями, а так же сглаженная кривая, период сглаживания которой составил 5 лет.

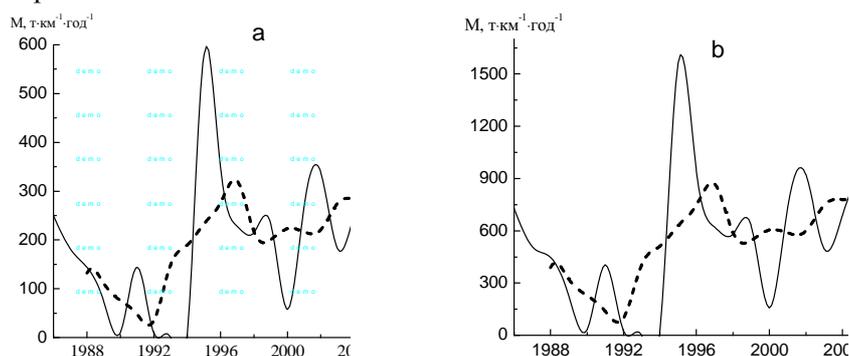


Рис. 2. Многолетний ход массы песка, переносимого песчаными бурями и поземками (1) и скользящая средняя (2) в 7 км северо-восточней (а) и на восточной окраине пос. Жаркамьс (b).

На рис. 2а и 2б показан многолетний ход массы песка для пос. Жаркамьс. Здесь максимальный пик наблюдался в 1995 году и составил на восточной окраине поселка 1567,0 т·км<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>, а в 7 км северо-восточнее поселка перенос масс песка почти в три раза меньше – 580,3 т·км<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>. Небольшие пики наблюдались в 2002 и 2007 годах.

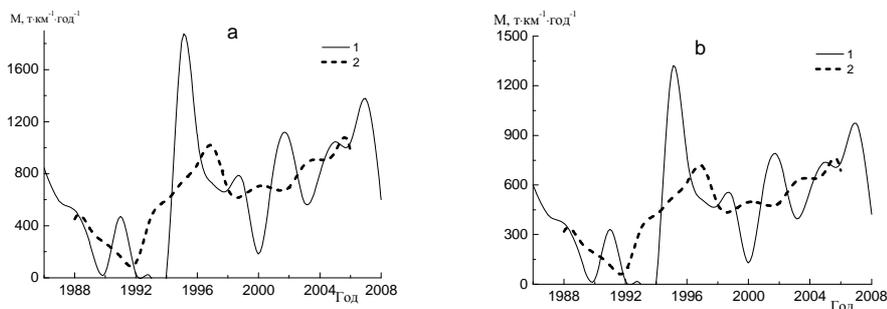


Рис. 3. Многолетний ход массы песка, переносимого песчаными бурями и поземками (1) и скользящая средняя (2) на песчаном массиве Аяккум (а); на песчаном массиве Баршакум в районе пос. Ебейты (b).

На рис. 3а приведен многолетний ход переноса масс песка для песчаного массива Аяккум. Максимальный перенос масс песка составил  $1821,8 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$  и наблюдался в 1995 году. Максимальное проявление дефляции в районе пос. Ебейты на песчаном массиве Баршакум (Рис. 3b) наблюдалось тоже в 1995 году и составило  $1286,7 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ .

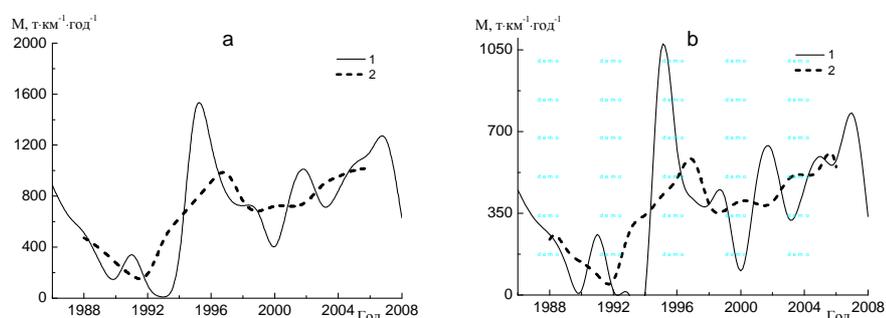


Рис. 4. Многолетний ход массы песка, переносимого песчаными бурями и поземками (1) и скользящая средняя (2) на песчаном массиве Акжарсай юго-восточней пос. Кемерии (а); западнее пос. Кемерии (b).

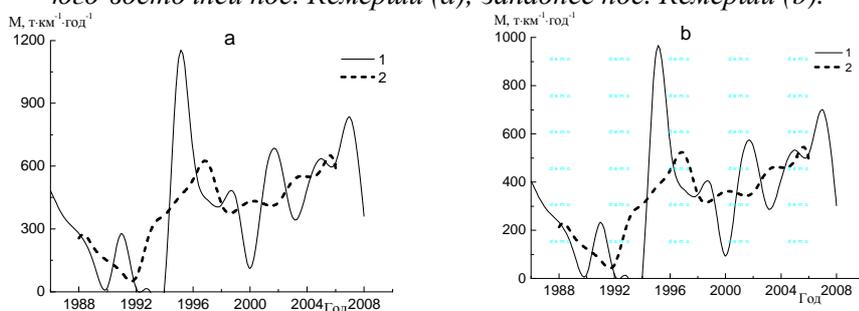


Рис. 5. Многолетний ход массы песка, переносимого песчаными бурями и поземками (1) и скользящая средняя (2) в песчаном массиве Аккумсагыз (а); в районе пос. Каражар (b).

На рис. 4а и 4б показан многолетний ход переноса песка на песчаном массиве Акжарсай в районе пос. Кемерши. Здесь мы видим, что максимумы переноса песка приходится на 1995 год. Так, максимальный перенос юго-восточней поселка составил  $1906,0 \text{ т}\cdot\text{км}^{-1}\cdot\text{год}^{-1}$ . В этом же пункте зафиксирована и самая большая годовая величина массы переноса песка. Западнее поселка, максимум составил  $1047,1 \text{ т}\cdot\text{км}^{-1}\cdot\text{год}^{-1}$ .

Многолетний ход массы переноса песка бурями и поземками на песчаном массиве Аккумсагыз (Рис. 5а) и в районе пос. Каражар (Рис. 5б), как и в предыдущих пунктах, приходится на 1995 год. Максимальный перенос на песчаном массиве Аккумсагыз составил  $1121,7 \text{ т}\cdot\text{км}^{-1}\cdot\text{год}^{-1}$ , а в пос. Каражар –  $940,5 \text{ т}\cdot\text{км}^{-1}\cdot\text{год}^{-1}$ .

На рис. 6а...6с мы видим, что кривая многолетнего хода имеет пилообразную форму, но по сглаженной кривой можно судить об устойчивом уменьшении ветрового переноса в последние годы. Здесь максимальный перенос песка по всем пунктам приходится на 1989 год. На северо-востоке песчаного массива Кокжиде максимум составил  $847,2 \text{ т}\cdot\text{км}^{-1}\cdot\text{год}^{-1}$ , что в 2 раза больше, чем на северо-западе (Рис. 6а и 6б) и суммарный перенос масс песка в 1989 году составил  $1198,8 \text{ т}\cdot\text{км}^{-1}\cdot\text{год}^{-1}$ . На песчаном массиве Кумжарган в районе пос. Берлик –  $1217,3 \text{ т}\cdot\text{км}^{-1}\cdot\text{год}^{-1}$  (Рис. 6с). В песках Кумжарган и Кокжиде наблюдались еще три небольших пика с дефляционными процессами в 1991, 1999 и 2005 годах.

На рис. 7а представлен многолетний ход, переносимого песка на песчаном массиве между поселками Булакшы и Ильинским. Здесь прослеживается три пика, первый наблюдался в 1988 году и составил  $563,3 \text{ т}\cdot\text{км}^{-1}\cdot\text{год}^{-1}$ , второй в 2005 году –  $953,3 \text{ т}\cdot\text{км}^{-1}\cdot\text{год}^{-1}$  и третий максимальный в 1995 году –  $1172,6 \text{ т}\cdot\text{км}^{-1}\cdot\text{год}^{-1}$ . Для песчаного массива Аккум (рис 7б) видны два максимума, один наблюдался в 1994 году и равен  $20,0 \text{ т}\cdot\text{км}^{-1}\cdot\text{год}^{-1}$ , второй – в 1999 году и составил  $31,0 \text{ т}\cdot\text{км}^{-1}\cdot\text{год}^{-1}$ . Если рассматривать в целом 23-х летний ряд, то на песчаном массиве Аккум, в последнее десятилетие наблюдается тенденция на уменьшение массы переносимого песка.

В результате исследования получены следующие результаты.

На песчаных массивах Аяккум, Аккумсагыз, в районе поселков Жаркамыс, Ебейты, Кемерши и Каражар наблюдается тенденция увеличения масс переносимого песка. По остальным песчаным массивам и населенным пунктам рассматриваемого региона наблюдается уменьшение или ровный ход интенсивности дефляционных процессов во времени.

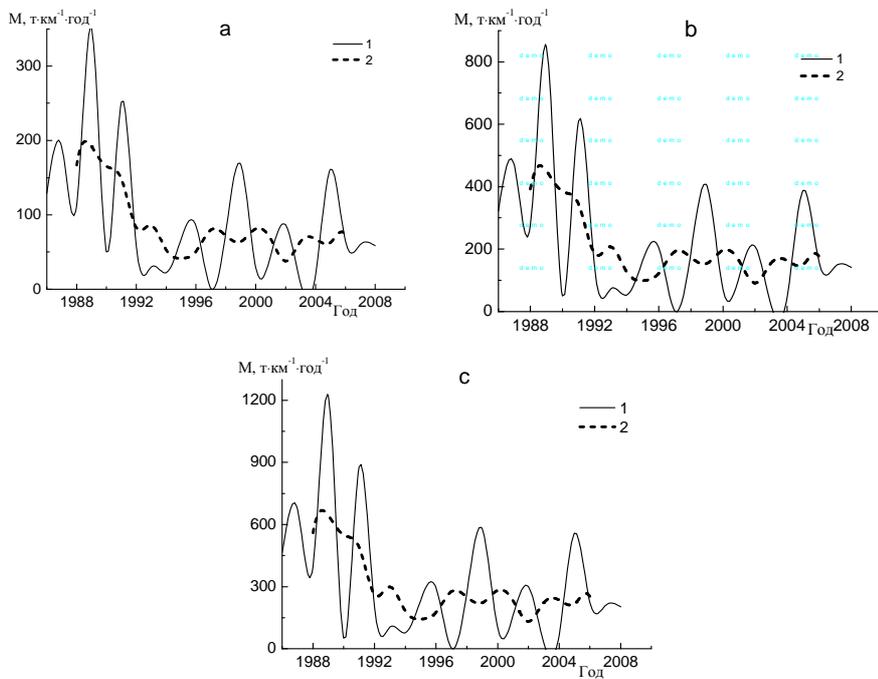


Рис. 6. Многолетний ход массы песка, переносимого песчаными бурями и поземками (1) и скользящая средняя (2) северо-восточнее песчаного массива Кокжиде (а); северо-западнее песчаного массива Кокжиде (b); в песчаном массиве Кумжарган (с).

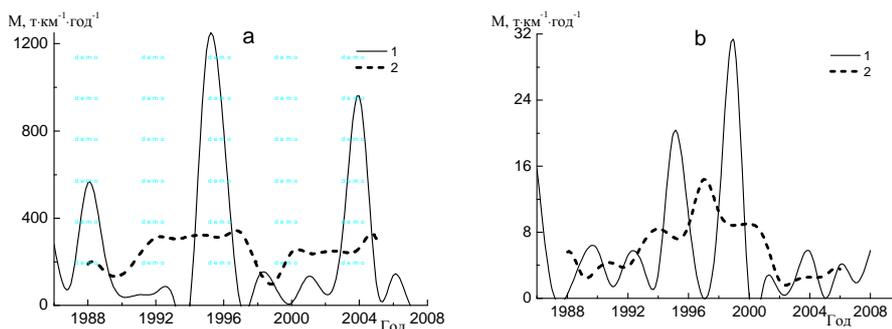


Рис. 7. Многолетний ход массы песка, переносимого песчаными бурями и поземками (1) и скользящая средняя (2) в песчаном массиве между поселками Булакшы и Ильинский (а); в песчаном массиве Аккум (b).

Только в одном пункте между поселками Булакшы и Ильинский средняя многолетняя масса песка, переносимая песчаными бурями, больше, чем поземками. На остальных же пунктах основная масса песка переносилась поземками (до 89 %).

В среднем многолетнем наибольший перенос песка свыше  $460,1 \text{ т}\cdot\text{км}^{-1}\cdot\text{год}^{-1}$ , наблюдался в районе песков Акжарсай и Аяккум наименьший – в песках Аккум  $5,9 \text{ т}\cdot\text{км}^{-1}\cdot\text{год}^{-1}$ .

Самая большая годовая величина переноса масс песка зафиксирована на ЮВ пос. Кемерши в 1995 году и составила  $1906,0 \text{ т}\cdot\text{км}^{-1}\cdot\text{год}^{-1}$ . Наименьшая годовая величина в песчаном массиве Аккум в 1994 году и составила всего  $31,0 \text{ т}\cdot\text{км}^{-1}\cdot\text{год}^{-1}$ .

Автор выражает глубокую благодарность О.Е. Семенову и А.П. Шапову за предложения и замечания, высказанные в ходе подготовки публикации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бултеков Н.У., Семенов О.Е., Шапов А.П. Оценка состава песков песчаных массивов Актюбинской области. // Гидрометеорология и экология. – 2009. – № 3 – С.100–109.
2. Гидрометеорологические проблемы Приаралья / Под ред. Г.Н. Чичасова. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 277 с.
3. Рахматов Ю.Б., Назаров И.К. Основные типы эолового рельефа Каракульской дельты р. Зеравшан и вопросы их освоения. // Проблемы освоения пустынь – Ашхабад, Ылым. – 1982. – №1 – С. 46–50.
4. Харин Н.Г., Орловский Н.С., Когай Н.А., Макулбекова Г.Б. Современное состояние и прогноз опустынивания в аридной зоне СССР. Проблемы освоения пустынь – Ашхабад, Ылым. – 1986. – №5 – С. 58–68.

КазНИИЭК, г. Алматы

#### **ТЕМІР, ЕМБІ ЖӘНЕ САҒЫЗ ӨЗЕНДЕР БАССЕЙІНІНДЕГІ ҚҰМ МАССАЛАРЫНЫҢ ЖЕЛМЕН ТАСЫМАЛДАНУЫ**

Н.У. Бултеков

*Мақалада Темір, Ембі және Сағыз өзендері бассейніндегі құмды даулар мен сырма кезіндегі құмның желмен тасымалдануының скалярлық бағалары келтірілген. Ол үшін Ақтөбе облысындағы метеостансалардағы бақылаулардың 1986...2008 жылдар аралығындағы материалдар ескерілді.*