

УДК 551.5.539

Канд. геогр. наук	Н.У. Бултеков *
Канд. геол.- мин. наук	Е.Ж. Муртазин **
Канд. физ.- мат. наук	О.Е. Семенов *
	А.П. Шапов *

### ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ ПЕСКОВ И СКАЛЯРНЫЕ ОЦЕНКИ ВЕТРОВОГО ПЕРЕНОСА ИХ МАСС В СЕВЕРНОМ ПРИКАСПИИ

*ПОДВИЖНЫЕ ПЕСКИ, ДИСПЕРСНЫЙ СОСТАВ, ФУНКЦИЯ  
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ, ВЕТРОВОЙ ПЕРЕНОС, СТАТИСТИЧЕСКИЕ  
ПАРАМЕТРЫ*

*Рассмотрен дисперсный состав частиц песка в Атырауской области. Подвижные и полужакрепленные пески здесь имеют логарифмически нормальную функцию распределения. Средний геометрический размер песков в пределах области изменяется в интервале от 110 до 201 мкм. Для шести метеостанций за период 1986...2008 гг. были получены скалярные оценки масс переносимого ветром песка за каждый месяц и год. Наибольший ветровой перенос масс песка наблюдается в районе М Атырау ( $3104 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ ), наименьший – в районе М Махамбет ( $416,7 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{год}^{-1}$ ). Выявлено три типа годового хода переноса песка. Первый с двумя ярко выраженными максимумами: один – в марте – мае и второй – в сентябре (М Новый Уштоган). Второй тип характерен для М Атырау, где в течение года наблюдается три максимума, – в апреле, июне и сентябре. Для третьего типа (метеостанции Ганюшкино, Сагыз и Карабау) также характерны весенний и осенний максимум и менее выраженный летний минимум.*

В августе 2011 г. авторами были выполнены маршрутные исследования песков в трех районах Северного Прикаспия, определению их мест расположения, площадей и описания дисперсного состава. Исследование включало три маршрута.

**Первый маршрут:** Атырау – пос. Доссор (Кзылкогинский район) – пос. Жамансор – разъезд Кенбай – пос. Жантерек – пос. Мукур – пос. Сагыз

\* АО «Жасыл Даму» МОСВР РК, г. Алматы;

\*\* Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина, г. Алматы

– пос. Миялы – пески Тайсоган – пос. Тайсоган – пос. Джангильдино – пос. Жаскайрат – пос. Тасшагыл – пос. Караколь – пос. Карабау – г. Атырау. Общая протяженность первого маршрута составила 940 км.

**Второй маршрут:** г. Атырау (**Исатайский район**) – пос. Ергалиев (Новобогатинское) – пос. Жаскайрат – пос. Кызылуй (песчаный массив Рын-пески) – пос. Жанбай – пос. Исатай – пос. Зинедин (Забурунье) – (**Курмангазынский район**) – ст. Афанасьеве – пос. Алга – пос. Акколь – Гизат Алипов ауылы (Кызылоба) – пос. Курмангазы (Жыланды) – пос. Ганюшкино. Протяженность второго маршрута составила 1230 км.

**Третий маршрут:** пос. Ганюшкино – пос. Кошалак – пос. Уштоган – г. Атырау. Общая протяженность третьего маршрута – 670 км.

Для определения дисперсного состава на массивах подвижных песков и в характерных точках маршрутов были отобраны образцы песков, которые затем были подвергнуты лабораторному анализу, найдены их накопленные (интегральные) эмпирические функции и вычислены параметры функций распределения частиц по размерам [4]. В табл. 1 дана краткая характеристика мест отбора проб, с указанием населенных пунктов, состояния поверхности и наличия процессов выветривания песка, степени подверженности заносу территорий поселков.

Для климатической оценки развития дефляции песков Северного Прикаспия привлечены результаты наблюдений за бурями и ветром шести метеорологических станций (М) региона за 23-х летний ряд с 1986 по 2008 гг.: Атырау, Ганюшкино, Карабау, Махамбет, Новый Уштоган и Сагыз. В процессе изучения переноса масс песка, на конкретном массиве подвижного песка, привлекались метеорологические наблюдения ближайшей к нему метеорологической станции и средний геометрический размер частиц песка  $x_0$  по методике, описанной во [2].

Для каждой станции, за указанный выше период, по модели [1, 3] были получены скалярные оценки масс переносимого ветром песка за каждый месяц и год. Рассчитывалась масса  $M$  (кг) переносимого ветром песка через фронт переноса в один метр в единицу времени за каждую пыльную (песчаную) бурю, отмеченную наблюдателями метеостанций. Далее проводилось суммирование масс песка за все бури каждого месяца года в  $кг \cdot м^{-1} \cdot мес^{-1}$ , что позволило увидеть внутригодовой ход переноса песка. Затем определялась масса перемещенного ветром песка за год в  $кг \cdot м^{-1} \cdot год^{-1}$  или, что более удобно, в  $т \cdot км^{-1} \cdot год^{-1}$ . Эти две единицы измерения в количественном отношении эквивалентны друг другу:  $кг \cdot м^{-1} \cdot год^{-1} \equiv т \cdot км^{-1} \cdot год^{-1}$ .

Таблица 1  
 Параметры распределения частиц песка по размерам, отобранных с поверхности подвижных песков Атырауской области

Место отбора проб и характеристика песков	Координаты места отбора		Параметр распределения $\sigma_{Tg,x}$
	долгота	широта	
<b>Кзылкогинский район</b>			
Восточная окраина пос. Жамансор. Пески полужакрепленные с видимыми процессами дефляции.	47°47'35"	53°48'07"	0,34
2 км восточнее разъезда Кенбай. С обеих сторон железнодорожного полотна наносы песка.	47°52'41"	54°03'21"	0,24
Северо-восточная окраина пос. Мукур. Наблюдаются участки с нарушенной поверхностью.	48°03'42"	54°30'15"	0,26
2 км севернее поселка Сагыз. Пески незакрепленные, бугристые.	48°15'06"	54°53'17"	0,20
1 км восточнее поселка Сагыз. Пески полужакрепленные	48°14'41"	54°53'57"	0,19
Пески Тайсоган. Зимовка. Вокруг зимовок наблюдаются участки с выбитой поверхностью незакрепленные пески.	48°46'39"	53°43'48"	0,15
Восточная окраина пос. Тайсоган (пески Тайсоган). Пески наступают на поселок с ЮЮВ.	48°33'49"	53°27'02"	0,09
Северная окраина пос. Миялы. Полужакрепленные пески, бугристые.	48°54'03"	53°48'06"	0,18
Северная окраина пос. Жаскайраг. Незакрепленные пески.	48°57'17"	53°32'50"	0,15
пос. Ташагыл. Поселок задувает песками с северной и восточной стороны.	48°52'10"	52°57'57"	0,13
Восточная окраина пос. Караколь. Пески расположены с восточной стороны и наступают на поселок.	48°47'06"	52°53'13"	0,14
2 км севернее пос. Карабау. Пески подвижные незакрепленные наступают на поселок с северной стороны.	48°28'32"	52°55'40"	0,14
Юго-восточная окраина пос. Караколь.	48°47'11"	52°53'12"	0,11

Место отбора проб и характеристика песков	Координаты места отбора		Параметр распределения $\sigma_{lgx}$
	долгота	широта	
<b>Исатайский район</b>			
пос. Жаскайрат. Пески с северной и восточной стороны наступают на поселок.	47°41'39"	51°00'51"	0,10
пос. Кызылуй. Северная окраина поселка (Рын-пески). С северной стороны поселка на расстоянии 600 м располагается песчаный массив. Пески грядово-бугристые.	47°22'59"	50°42'36"	0,10
Южная окраина пос. Исатай. Незакрепленный участок с южной стороны, песок мелкий с примесью ракушек.	46°47'42"	50°04'49"	0,11
Юго-восток пос. Зинедин (Забурунь). С юго-востока пески вплотную подходят к поселку.	46°44'48"	50°09'39"	0,08
<b>Курмангазынский район</b>			
Северо-восток ст. Афанасьево. Полузакрепленные пески, бугристые.	46°42'15"	49°32'59"	0,09
Север пос. Акколь.	46°39'53"	49°03'51"	0,11
Западная окраина пос. Курмангазы (Жыланды). Незакрепленный участок песчаного массива с западной стороны. Пески огибают поселок с запада и северо-запада.	46°37'26"	48°38'25"	0,09
Северная окраина пос. Уштоган. Пески незакрепленные, барханно-грядовые со следами дефляции в виде ряби.	47°54'38"	48°47'54"	0,10

Процедуры расчета выполнены для всего ряда наблюдений всех станций и различных значений средних геометрических размеров частиц песка  $x_0$  на массивах подвижных песков. По полученным многолетним рядам масс песка определены средние многолетние величины и их основные статистические параметры, представленные в табл. 2.

Таблица 2

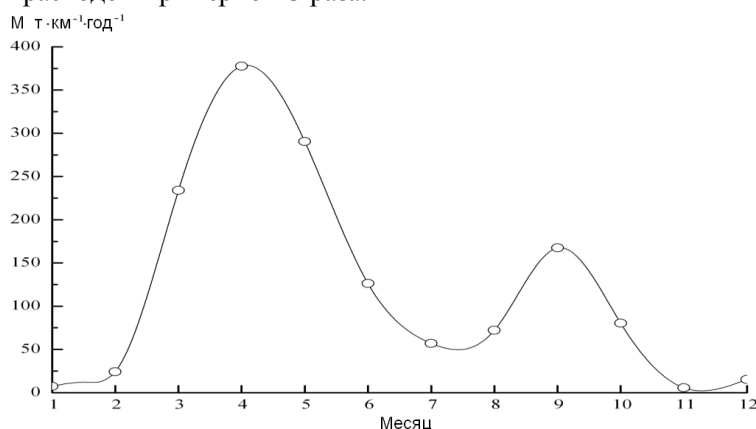
Основные статистические параметры рядов переноса песка по станциям Северного Прикаспия:  $x_0$  – средний геометрический размер частиц песка,  $\overline{M}$  – средняя многолетняя масса песка, переносимая за год,  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение,  $C_v$  – коэффициент вариации

Статистические параметры	Метеорологическая станция					
	Атырау	Ганюшкино	Карабау	Махамбет	Н. Уштоган	Сагыз
$x_0$ , мкм	100	130	130	100	130	150
$\overline{M}$ (т·км <sup>-1</sup> ·год <sup>-1</sup> )	3103,5	2166,9	1041,4	416,7	1457,8	2242,5
$\sigma$ (т·км <sup>-1</sup> ·год <sup>-1</sup> )	3332,9	3625,1	1213,3	994,8	781,2	2457,8
$C_v$	1,07	1,67	1,16	2,39	0,54	1,1

Данные табл. 2 показывают, что наибольший ветровой перенос масс песка должен происходить в районе М Атырау (3104 т·км<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>), в 1,4 раза меньше вблизи М Сагыз (2242 т·км<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>) и М Ганюшкино (2167 т·км<sup>-1</sup>·год<sup>-1</sup>), в 2,1 раза меньше – в районе М Новый Уштоган, в 3 раза – возле М Карабау и почти в 7,5 раза меньше у М Махамбет. Изменчивость полученных статистических рядов наименьшая на М Новый Уштоган ( $C_v = 0,54$ ), в два раза больше она на станциях Атырау, Карабау, Сагыз и в три раза на М Ганюшкино. Особенно большая межгодовая изменчивость ряда на М Махамбет, где  $C_v$  достигает 2,39, т.е. более чем в пять раз превышает  $C_v$  станции Новый Уштоган. Анализ полученных рядов позволяет считать, что наблюдения за пыльными бурями на М Махамбет, расположенной в пойме р. Жайык (Урал), не отражают реальных процессов дефляции песков на окружающих её территориях. Поэтому в дальнейшем полученные расчетные значения масс песка по наблюдениям этой метеостанции не использовались при определении дефляционной опасности выявленных массивов подвижных песков.

Полученные скалярные характеристики ветрового переноса масс песка позволили рассмотреть развитие процессов дефляции песков в течение года. В табл. 3 приведены значения средних многолетних переносимых ветром масс песка для массивов подвижного песка, расположенных в районах исследуемых метеостанций.

На рис. 1 представлен годовой ход месячных расходов массы песка по данным метеостанции Новый Уштоган. Здесь наблюдается классический тип годового хода, характерного для большинства песчаных районов Казахстана, с двумя ярко выраженными максимумами. Наибольшие объемы переноса происходят в первый, приходящийся на весенние месяцы март – май. Летом перенос песка ослабляется в 3...7 раз. Второй максимум приходится на сентябрь, когда месячный расход песка увеличивается по сравнению с летним расходом примерно в 3 раза.



*Рис. 1. Годовой ход месячных расходов массы песка по данным М Новый Уштоган для массивов песков со средним геометрическим размером частиц 130 мкм*

Второй тип годового хода переноса песка был обнаружен на материалах наблюдений М Атырау, где в течение года наблюдается три максимума (рис. 2). Первый, как и везде, отмечен весной в марте месяце и достигает  $354 \text{ т·км}^{-1}\cdot\text{мес}^{-1}$ . В апреле расход массы песка также весьма значителен –  $880 \text{ т·км}^{-1}\cdot\text{мес}^{-1}$ , в мае он снижается до  $266 \text{ т·км}^{-1}\cdot\text{мес}^{-1}$ . Второй максимум приходится на июнь –  $448 \text{ т·км}^{-1}\cdot\text{мес}^{-1}$  и он вдвое меньше первого. Минимальный расход массы песка наблюдается в июле, когда его значение падает до  $150 \text{ т·км}^{-1}\cdot\text{мес}^{-1}$ . В августе начинается усиление ветровой активности и в сентябре наступает третий в году максимум в переносе песка ветром, месячный расход массы песка увеличивается до  $395 \text{ т·км}^{-1}\cdot\text{мес}^{-1}$ , достигая почти половины значения первого весеннего максимума.

Таблица 3  
Средний многолетний внутригодовой ход переносимых ветром масс песка ( $\text{т км}^{-1} \text{ мес}^{-1}$ ) в Северном Прикаспии  
(1986...2008 гг.)

Станция	$x_0$ , мкм	Месяц											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Атырау	100	0	6	354	882	266	448	150	269	395	164	18	151
	120	0	0	158	780	410	359	254	104	332	114	32	0
	130	0	0	88	475	244	232	114	56	182	64	23	0
Махамбет	100	0	113	0	190	0	1	19	23	43	27	0	0
Н. Уштоган	130	7	24	234	377	290	126	57	72	167	80	6	15
	130	0	0	37	312	101	93	23	45	225	157	37	11
Карабау	150	0	0	28	234	76	70	17	34	169	117	28	8
	175	0	0	21	172	56	51	13	25	124	86	21	6
Сагыз	150	16	7	65	826	313	255	105	182	251	145	31	47
	200	9	4	37	464	176	144	59	102	141	82	18	26

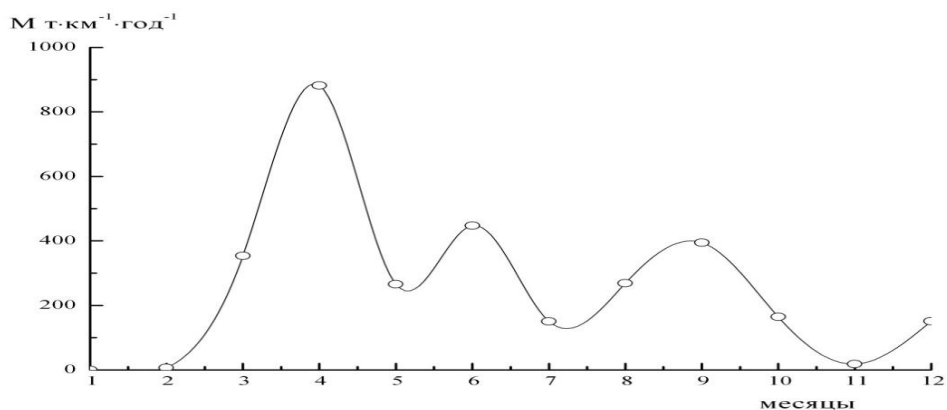


Рис. 2. Годовой ход месячных расходов массы песка по данным М Атырау для массивов песков со средним геометрическим размером частиц 100 мкм.

Третий тип годового хода ветрового переноса массы песка отмечен на трех метеостанциях: Ганюшкино, Сагыз и Карабау. Для него, так же как для первого типа, характерно наличие двух максимумов – весенне-летнего и осеннего. Он отличается от первого значительным снижением переноса песка в мае до 0,3...0,5 от максимального в апреле. Примерно такое же значение расхода массы песка как в мае сохраняется и в июне (рис. 3-5).

Второй осенний максимум в годовом ходе развития процессов дефляции песков на этих метеостанциях приходится на сентябрь и октябрь. На М Ганюшкино и М Сагыз с большими значениями весенних максимумов (около 800 т·км⁻¹·мес⁻¹) осенний максимум составил 0,42 весеннего значения на М Ганюшкино и 0,3 – на М Сагыз. На М Карабау, где весенний максимум был значительно меньше (всего 312 т·км⁻¹·мес⁻¹) осенний достиг 0,72 его значения.

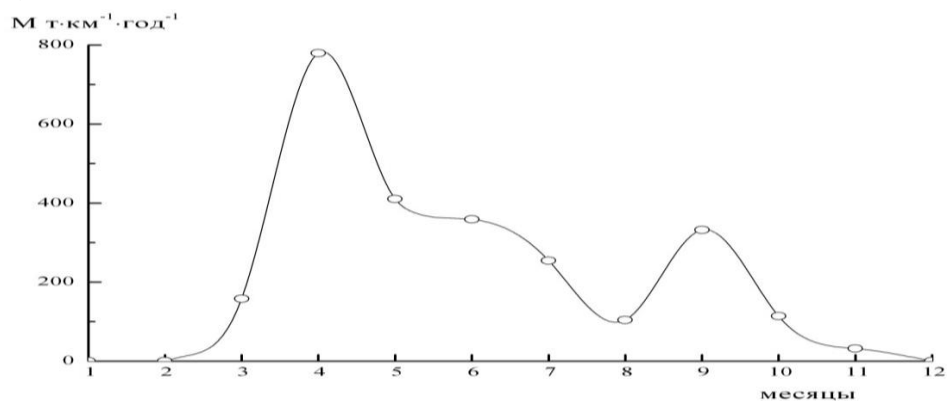


Рис. 3. Годовой ход месячных расходов массы песка по данным М Ганюшкино для массивов песков со средним геометрическим размером частиц 100 мкм.



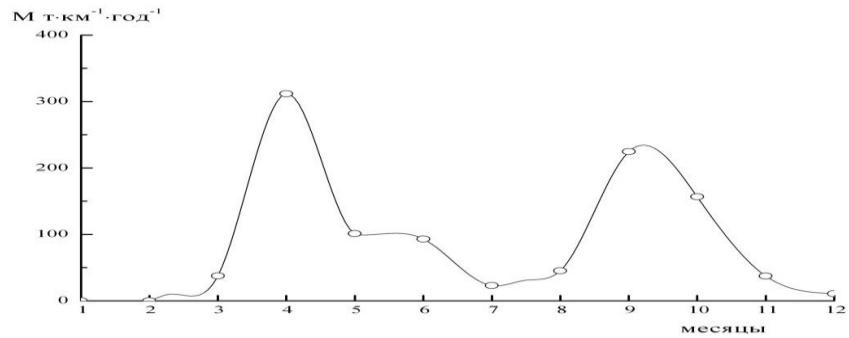


Рис. 4. Годовой ход месячных расходов массы песка по данным М Карабау для массивов песков со средним геометрическим размером частиц 130 мкм.

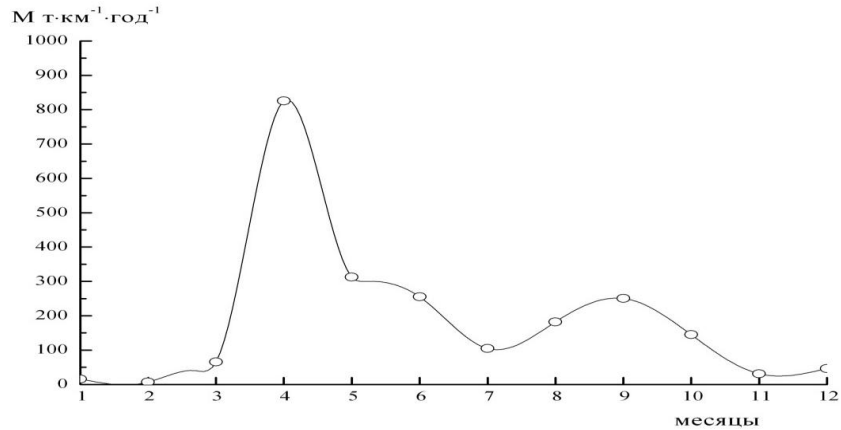


Рис. 5. Годовой ход месячных расходов массы песка по данным М Сагыз для массивов песков со средним геометрическим размером частиц 130 мкм.

Исследования, как и ожидалось, обнаружили большую изменчивость расходов массы песка в изучаемой географической области, как по площади, так и во времени. На рис. 6 – 10 показан многолетний ход годовых расходов массы песка (годовые суммы перемещенных за год масс песка).

Анализ рисунков позволил выделить временной интервал с подобным развитием процессов дефляции в районах метеостанций Атырау, Сагыз, Карабау и Новый Уштоган, который начался в 1995...1996 г. и продолжился до конца рассматриваемого нами отрезка лет. В этом интервале времени по результатам наблюдений происходили синхронные значительные усиления ветрового переноса песка в 1995...1996, 1998...1999 и 2001 гг. В эти годы наблюдались и максимальные годовые расходы массы песка. На М Атырау – в 2001 г., М Новый Уштоган – в 1995 г., на М Сагыз и М Карабау – в 1996 г.

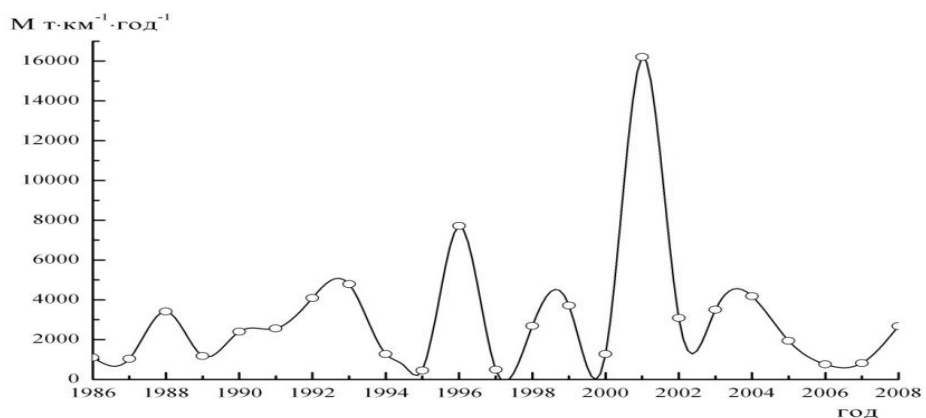


Рис. 6. Многолетний ход переносимой за год массы песка при бурях.  
М Атырау.

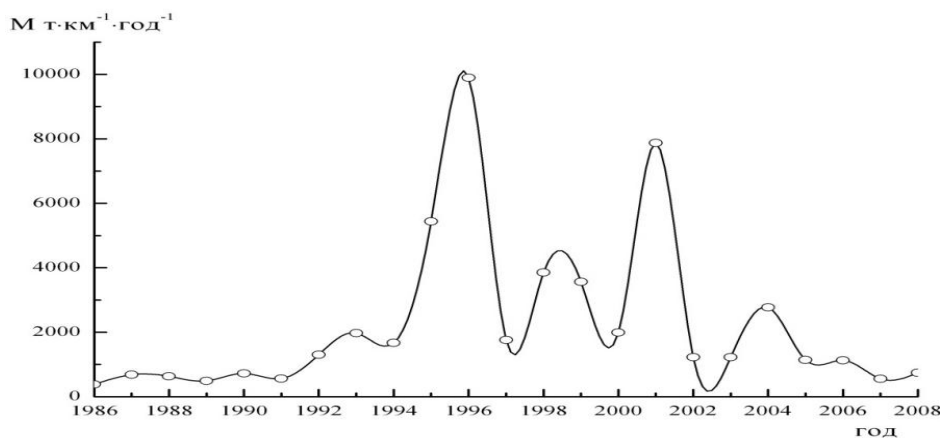


Рис. 7. Многолетний ход переносимой массы песка за год при бурях.  
М Сагыз.

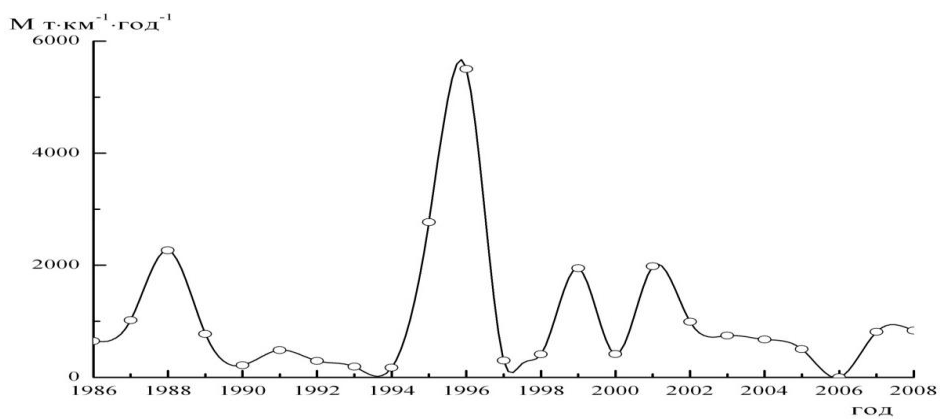


Рис. 8. Многолетний ход переносимой за год массы песка при бурях.  
М Карабау.

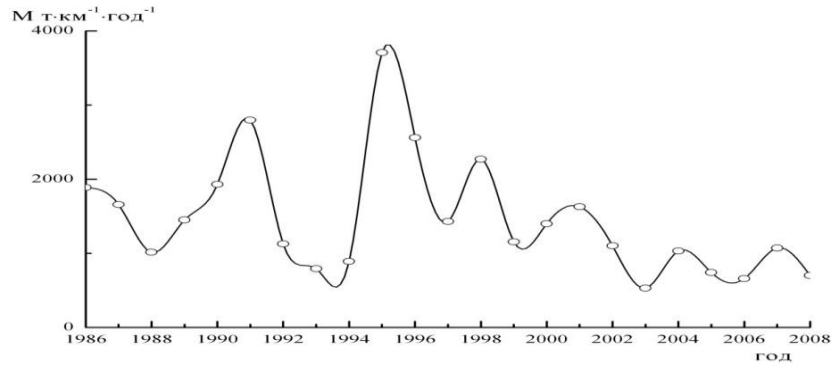


Рис. 9. Многолетний ход переносимой массы песка за год при бурях.  
М Новый Уштоган.

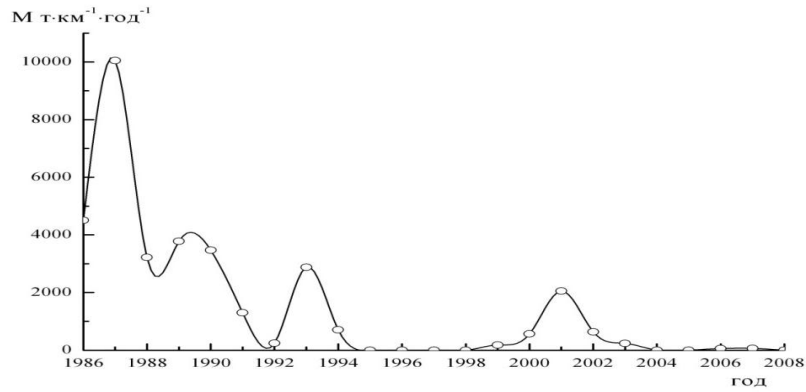


Рис. 10. Многолетний ход переносимой за год массы песка при бурях.  
М Ганюшкино.

Многолетний ход ветрового переноса песка на М Ганюшкино значительно отличается от хода на названных выше метеостанциях. Здесь максимальное значение годового расхода масс песка пришлось на 1987 г., а с 1994 г. по 1999 г. перенос песка прекратился. Новая, значительно более слабая дефляционная активность, была отмечена в 2000...2002 гг., затем до 2008 г. наблюдалось практически полное отсутствие дефляции песков в районе этой метеостанции.

Как видно по рис. 6 – 10, временные ряды переносимых масс песка очень изменчивы, коэффициенты их вариации  $C_v$  изменяются от 0,54 до 1,67. Коэффициенты асимметрии свидетельствуют, что временные ряды годовых расходов масс песка при бурях отличны от нормального распределения и описываются распределением случайных величин с положительной асимметрией и значительным эксцессом. Поэтому для получения масс песка различной обеспеченности был применен графический способ спрямления

функции распределения масс, на клетчатке вероятностей для кривых с умеренной и со значительной асимметрией. В табл. 4 приведены полученные оценки значений переноса песчаных масс различной вероятности, которые дают представление о годовых расходах редкой повторяемости.

Важно отметить, что большая изменчивость и асимметрия распределений ведет к значительному возрастанию годовых переносов масс песка малой обеспеченности, как это видно на их значениях по М Ганюшкино и М Карабау. По результатам расчетов хорошо видно влияние размеров частиц на значение годовых расходов песка (табл. 4).

Таблица 4

Вероятностная оценка переноса массы песка за год при песчаных бурях в Северном Прикаспии,  $\text{т}\cdot\text{км}^{-1}\cdot\text{год}^{-1}$

Размер частиц	Обеспеченность, %				
	1	5	10	50	75
<b><i>Атырау</i></b>					
$x_0 = 100$ мкм	20500	10500	7400	2100	1100
<b><i>Ганюшкино</i></b>					
$x_0 = 120$ мкм	24000	12000	8300	400	40
$x_0 = 130$ мкм	20500	10200	7800	340	35
<b><i>Новый Уитоган</i></b>					
$x_0 = 130$ мкм	4800	3300	2600	1200	830
<b><i>Карабау</i></b>					
$x_0 = 130$ мкм	7900	3700	2500	630	300
$x_0 = 150$ мкм	6000	2800	2000	480	220
$x_0 = 175$ мкм	4600	2200	1500	375	170
<b><i>Сагыз</i></b>					
$x_0 = 150$ мкм	17500	8400	5600	1350	650
$x_0 = 200$ мкм	10000	4800	3200	740	350

В заключении можно сказать, что новые количественные характеристики процессов дефляции позволяют объективно оценивать интенсивность их проявления. Совместное рассмотрение параметров распределения масс переносимого ветром песка, числа суток с пыльными (песчаными) бурями и их продолжительностью позволяют полнее раскрыть влияние этого опасного явления природы на экологическую ситуацию региона. Оценивая в целом дефляционную опасность рассматриваемого региона можно сказать, что частицы песка на большинстве массивов имеют средний геометрический размер от 80 до 140 мкм. Частицы этого размера наи-

более подвижны под воздействием ветра и могут активно участвовать в ветровом переносе не только в приповерхностном слое ветропесчаного потока, но и переноситься сильными ветрами во всем приземном слое атмосферы на значительные расстояния. При конкретном проектировании нужен учет переноса песка во время очень сильных песчаных бурях, когда могут переноситься очень большие массы песка при направлениях переноса, отличных от среднего многолетнего результирующего вектора.

Статья написана по результатам работы «Изучение процессов пылевых заносов населенных пунктов Атырауской области с разработкой комплексной схемы по снижению негативного воздействия песчаных заносов на населенные пункты», выполненной в Казахстанском агентстве прикладной экологии в 2011 г. по заказу Управления природных ресурсов и регулирования природопользования Атырауской области.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы гидрометеорологии оз. Балхаш и Прибалхашья / Под ред. И.И. Скоцеляса – СПб.: Гидрометеоиздат, 1995. – 269 с.
2. Бултеков Н.У., Семенов О.Е., Шапов А.П. Оценка состава песков песчаных массивов Актюбинской области // Гидрометеорология и экология. – 2009. – №3. – С. 100-109.
3. Семенов О.Е. Введение в экспериментальную метеорологию и климатологию песчаных бурь – Алматы: ИП «Волкова Н.А.», 2011. – 580 с.
4. Семенов О.Е. О распределении почвенных частиц по размерам на юге Казахстана вследствие эоловых процессов // Труды КазНИГМИ. – 1970. – Вып. 36. – С. 153-165.

Поступила 11.03.2014

Геогр. ғылымд. канд.	Н.У. Бултеков
Геол.-мин. ғылымд. канд.	Е.Ж. Муртазин
Физ.- мат. ғылымд. канд.	О.Е. Семенов
	А.П. Шапов

#### **СОЛТҮСТІК КАСПИЙ МАҢЫНДАҒЫ ҚҰМДАРДЫҢ ДИСПЕРСИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ЖЕЛІМЕН ТАСЫМАЛДАНУЫН СКАЛЯРЛЫҚ БАҒАЛАУ**

*Атырау облысындағы құм бөліктерінің дисперсиялық құрамы қарастырылды. Мұндағы көшпелі және жартылай бекінген құмдардың таралуы логарифмдік қарапайым функция бойынша сипатталады. Облыс аумағында кездесетін құмдардың орташа геометриялық өлшемі 110...201 мкм аралығында өзгереді. Жел*

арқылы тасымалданатын құм массаларының скалярлық бағасы алты метеостанция бойынша 1986 жылдан 2008 жылға дейінгі әрбір айда және жыл сайын алынып отырды. Құм массаларының желмен ең көп тасымалдануы Атырау МС-да ( $3104 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{жыл}^{-1}$ ), ал ең аз тасымалдануы – Махамбет МС-да ( $416,7 \text{ т} \cdot \text{км}^{-1} \cdot \text{жыл}^{-1}$ ) тіркелген. Жылдық тербелісінде құмдардың тасымалдануының үш түрі байқалған. Бірінші түрінде анық байқалатын екі максимумы бар: бірінші – наурыз – мамыр айларында және екінші – қыркүйекте (Жаңа Үштоған МС). Екінші түрі жылына максимумы үш рет байқалатын Атырау МС-на тиесілі (сәуір, маусым және қыркүйек айларында). Үшінші түріне Ганюшкино, Сағыз және Қарабау метеостанцияларында байқалатын көктемгі және күзгі максимум мен азырақ ұшырасатын жазғы минимум тән.