

УДК 551.515.3:551.311.3

**ДЕФЛЯЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПЕСКОВ ЮЖНОГО
ПРИБАЛХАШЬЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ОПУСТЫНИВАНИЕ
ТЕРРИТОРИЙ**

Канд. физ. мат. наук О.Е. Семенов
 А.П. Шапов
 О.С. Галаева

В статье приведены скалярные и векторные оценки ветрового переноса песка во время пыльных бурь и поземков в Южном Прибалхашье. Для этого привлечены наблюдения по десяти станциям Южного Прибалхашья за период с 1966 по 1986 гг.

Образование подвижных песков – это экстремальная и наиболее агрессивная фаза развития процесса опустынивания. До недавнего времени считали, что наступление пустынь на окружающие территории осуществляется во время песчаных бурь, когда барханы или дюны перемещаются на значительные расстояния, расширяя безжизненное пространство песчаной пустыни. Однако, оказалось, что существует и другой более агрессивный и эффективный способ наступления песчаных пустынь. Американские специалисты Т. Максвелл и В. Хейнс изучая космические снимки со спутника "Ландсат" обнаружили на них изображения неизвестных ранее структур, которые были названы "шевронами". Они представляют собой тонкие, но очень широкие слои песка, простирающиеся от пустыни на большие расстояния и занимающие значительные площади. Массы песка в шевронах достаточно велики, чтобы подвергать опустыниванию новые районы. Очевидно, что шевроны не что иное, как выпадающие из шлейфов выноса сильных песчаных бурь скопления наиболее грубозернистого песка.

Пыльные бури часто возникают одновременно с суховеями. Поднимаемые ветром с поверхности Земли сильно нагретые частицы отдают тепло воздуху. Переносимые с потоком частицы пыли и мелкого песка нагреваются за счет поглощения солнечного излучения. В результате этих двух процессов насыщенный аэрозольными частицами поток имеет более высокую температуру, чем чистый воздух. Повышение температуры воз-

духа приводит к снижению относительной влажности и усиливает пагубное действие суховея. Весенние и летние бури бывают при влажности воздуха 30 %, нередко снижаясь до 10-12 %.

Минеральный аэрозоль почвенно-эрозионного происхождения, считается одним из важнейших компонентов атмосферы и составляет по различным оценкам от 50 до 80 % (по массе) полного количества сухого аэрозоля аридных районов мира. Основным источником этого аэрозоля являются пустыни, занимающие около 30 % территории суши. При современном развитии процессов опустынивания увеличивается поступление аэрозолей в атмосферу. С другой стороны аэрозоль сам является причиной климатического развития процессов опустынивания и увеличения дискомфорта климата на окружающих территориях. Он изменяет радиационные и микрофизические свойства воздушных масс, поглощает и рассеивает солнечную радиацию, уменьшает ее приход к поверхности Земли, и изменяет спектральный состав. Во время пыльных бурь отмечается снижение приземной температуры воздуха днем и повышение ночью, происходит уменьшение суточной амплитуды температуры на 15 - 20 °С, до 30 % уменьшается поток прямой солнечной радиации, понижается температура почвы. Снижение температуры почвы и приземного воздуха, изменение спектрального состава солнечной радиации ведет к увеличению периода созревания сельскохозяйственных культур, что отмечено китайскими учеными. В запыленной атмосфере формируется инверсионное распределение температуры воздуха с высотой, которое препятствует развитию конвекции, образованию облачности и осадков. По данным радиозондирования рост температуры воздуха в замутненной аэрозолем атмосфере можно проследить иногда до высоты в несколько километров. Долговременное присутствие этих частиц в аридных областях способствует увеличению приземной температуры на 1 °С. Таким образом, аэрозоль активно влияет на формирование региональных климатов аридных областей и Земли в целом, усиливает процессы опустынивания.

Последние несколько десятилетий характеризуются интенсивным освоением зоны пустынь во всех странах мира. Активному антропогенному воздействию подверглись и легко ранимые в экологическом отношении песчаные пустыни Южного Прибалхашья. Падение уровня воды в оз. Балхаш после начала заполнения Капшагайского водохранилища с 1970 г сократило зеркало водоема на 4700 км², что привело к образованию новых площадей суши. Снижение уровня грунтовых вод и зарегулирова-

ние стока рек Или и Каратала вызвало высыхание в их дельтах многочисленных озер, в том числе и соленых. Вследствие этих причин и возросшего техногенного давления на песчаные пустыни в Южном Прибалхашье появились новые очаги дефляции и источники поступления частиц песка, пыли и солей в атмосферные потоки, так как потенциально климатические условия региона способствуют их развитию.

Выполненные в КазНИГМИ в начале 70-х годов исследования метеорологических характеристик дефляционных процессов на юго-востоке Казахстана показали, что пыльные (песчаные) бури являются характерным явлением пустынного ландшафта Прибалхашья с его скудным растительным покровом и наличием легко переносимого ветром дисперсного материала на подстилающей поверхности.

По исследованиям Л. П. Тулиной в среднем многолетнем за период года с апреля по сентябрь в Прибалхашье наблюдается от 60 до 127 дней с ветроэрозионной погодой, т.е. дней с сухой подстилающей поверхностью и ветром со скоростью, превышающей критическую величину для начала переноса частиц мелкого песка (6 м/с). С вероятностью 0,75 число дней с такой погодой на большей части территории песков Таукум и Сарыесикотрау достигает 80 – 100, возрастая на южном берегу Балхаша до 100 – 120 дней [3].

Число дней с экстремальными проявлениями процессов дефляции в виде пыльных (песчаных) бурь достигает 30 - 40 дней в песках Таукум, в дельте и долине реки Или и на южном побережье озера Балхаш, уменьшаясь до 10 - 20 дней в песках Сарыесикотрау и предгорных районах Джунгарского Алатау [4]. Высокая природная обусловленность дефляционных процессов в изучаемом регионе заставляет с особой осторожностью относиться к природному комплексу Прибалхашья, так как любое нарушение растительного покрова должно приводить к значительному росту площадей подвижных песков, уменьшению продуктивности пустынных пастбищ, запылению атмосферы.

Для расчетов массы песка, переносимой ветром в приземном слое атмосферы во время явлений дефляции песков создана модель, в которой в качестве исходной информации используются стандартные наблюдения метеорологических станций за пыльными бурями, скоростью ветра и данные о среднем геометрическом размере частиц песка в исследуемом районе [2]. Модель позволяет получить оценки переноса массы песка над подвижными

массивами или определять потенциальные транспортирующие возможности ветровых потоков в случае, если песчаные массивы закреплены.

При изучении ветрового переноса песка во время песчаных бурь и поземков в Южном Прибалхашье были привлечены материалы наблюдений десяти метеорологических станций за период с 1966 по 1986 годы. Характеристика объемов переноса в песках левобережья реки Или (Таукумах, Абдулкумах, Прикаскеленских Моинкумах) выполнена по данным станций Чиганак, Куйган, Айдарлы, Курты, Капшагай и Баканас. Результаты расчетов, полученные по материалам наблюдений на станциях Баканас и Куйган, освещают и прилегающие к ним районы песков Сарыесикотрау. Западная часть этого массива характеризуется также данными станции Аул № 4, а восточная - станциями Наймансуек и Уштобе, расположенных на правом берегу реки Каратал. К сожалению, в рассматриваемый период отсутствуют метеорологические наблюдения в центральной и северном частях песков междуречья Или и Каратала. Перенос песка в юго-восточной части Прибалхашья в междуречье Каратал-Аксу-Лепсы исследован по наблюдениям трех станций - Матай и упомянутых выше Наймансуек и Уштобе.

Принимая во внимание изменчивость дисперсного состава песков по территории изучаемого региона [1] средний геометрический размер их частиц при расчетах объемов переноса был принят следующим: для станций Айдарлы, Аул № 4, Капшагай, Курты - 130; Чиганак, Куйган - 110; Баканас, Матай, Наймансуек, Уштобе - 100 мкм.

На основании совместного анализа полученных данных об интенсивности переноса масс песка в регионе и карт числа суток с пыльными бурями и дефляционным типом погоды были определены зоны с повышенными и пониженными средними многолетними годовыми расходами песка в Южном Прибалхашье (рис. 1).

Зона с повышенными средними многолетними годовыми расходами песка 2270—3000 т/(км·год) начинается на востоке в районе ст. Матай и охватывает с юга оз. Балхаш поясом шириной 75—80 км. Далее она, огибая горы Ушкара, сужается в дельте р. Каратал до 40—50 км. Западнее р. Каратал граница зоны пересекает пески Бестас в направлении к дельте р. Или, где круто поворачивает на юго-восток и тянется вдоль правого берега реки до гор Куланбасы неширокой (30—40 км) полосой. На западе Прибалхашья граница зоны тянется от оз. Балхаш на юго-восток и прохо-

дит вдоль южной границы песчаного массива Таукум и далее узкой полосой вдоль левого берега р. Или на восток.

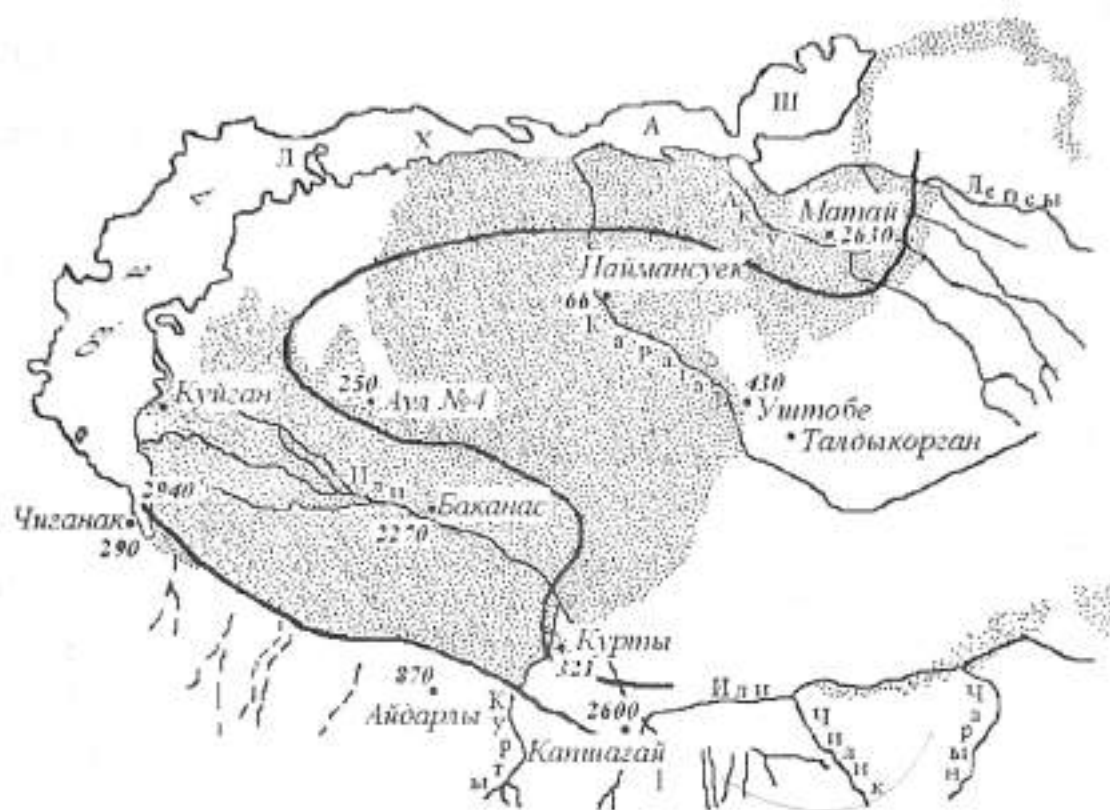


Рис. 1. Зона повышенных объемов ветрового переноса песка в Южном Прибалхашье.

Такая конфигурация зоны высокой опасности развития дефляционных процессов объясняется строением рельефа Южного Прибалхашья и ветровым режимом этой территории, где области с повышенными скоростями ветра приурочены к побережью оз. Балхаш и долине р. Или. Выделенная по средним многолетним годовым расходам песка зона с повышенной дефляционной опасностью мало меняет свою конфигурацию и для расходов малой накопленной вероятности (1 и 5 % обеспеченности). Она лишь несколько расширяется на крайнем юге, в результате чего в ее границы входит метеостанция Айдарлы и в районе Уштобе появляется очаг с повышенными объемами переноса, где один раз в 20 и 100 лет можно ожидать проявления выветривания песчаных поверхностей почти такой же интенсивности, как и в зоне повышенной дефляции.

Большая часть территории песков Сарыесикотрау имеет гораздо меньшие средние многолетние годовые расходы песка — порядка 300 — 450 т/(км·год). Поэтому эти песчаные массивы представляют значительно меньшую в отношении развития дефляции опасность и мало влияют на экологическую ситуацию в прилегающих к ним районах.

Результаты вычислений средних многолетних годовых расходов песка во время песчаных бурь и поземков и их основных статистических характеристик по изучаемым станциям даны в таблице.

Таблица
Основные статистические характеристики переноса масс песка в Южном Прибалхашье

Станция	Ср. геометрический размер частиц, мкм	\bar{M} т/(км·год)	σ т/(км·год)	C_v	C_s	C_E
Айдарлы	130	867,9	1252,3	1,38	2,60	7,09
Аул № 4	130	246,6	287,9	1,17	2,08	4,14
Баканас	100	2267,2	1696,6	0,75	1,34	0,96
Капшагай	130	2594,5	2384,4	0,67	1,78	3,15
Куйган	110	2936,1	2308,7	0,78	0,95	0,26
Курты	130	320,9	634,1	1,02	1,21	0,47
Матай	100	2634,5	1611,0	0,51	0,52	-0,79
Наймансуек	100	65,9	257,1	3,03	3,67	12,43
Чиганак	110	291,9	413,5	1,07	1,67	1,74
Уштобе	100	433,8	639,4	1,47	2,06	3,34

Исследования показали, что дефляционные процессы в Прибалхашье очень динамичны во времени и на них оказывают влияние крупномасштабные процессы, происходящие в атмосфере всей планеты (Рис.2). Наибольшая интенсивность эоловых явлений была в период с 1975 по 1985 год, после чего наступила фаза их спада, что несколько смягчило негативное влияние выноса аэрозолей на экологию региона. Снижение интенсивности бурь объясняется уменьшением скоростей ветра в 80-90 годы во всем Центрально-азиатском регионе, что обнаружено не только нами, но узбекскими и китайскими метеорологами.

Для различных прикладных и теоретических задач по изучению влияния переноса песка на производственную деятельность и экологические проблемы часто необходимо учитывать направление движения ветропесчаных потоков, то есть рассматривать их в качестве векторных величин, так как наряду со скалярной характеристикой (массой) потоки песка имеют и кинематический параметр — направление в пространстве. Примераи такого векторного подхода к исследованиям бурь могут служить задачи по определению скорости и направления перемещения эоловых

форм рельефа (барханов, песчаных гряд), по выносу частиц песка на прилегающие территории, взаимодействию песчаного потока с сооружениями. Поэтому дальнейшим развитием исследований по климатологии переноса масс песка явилось рассмотрение их в качестве векторных величин.

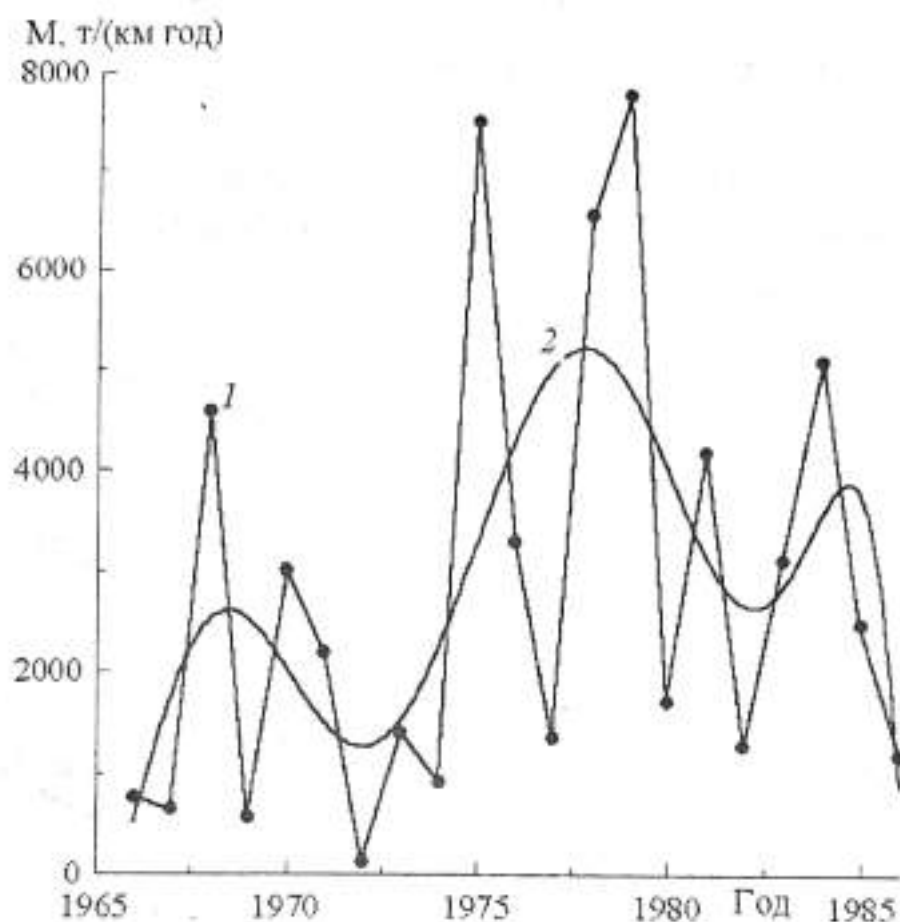


Рис.2. Многолетний ход массы песка, переносимого пыльными бурями и поземками (1) и скользящая средняя (2) на метеостанции Куйган.

Очевидно, что между переносимой ветром за пыльную бурю массой песка и перемещением за этот же период барханных цепей или отдельных барханов должна существовать линейная зависимость. Экспедиционные наблюдения показывают, что золотые формы рельефа двигаются по направлению вектора перемещенной за бурю массы песка. Их годовое движение на земной поверхности должен определять результирующий годовой вектор, а в многолетнем аспекте – результирующие средние многолетние векторы ветрового переноса песка.

Другим важным аспектом векторного подхода к исследованию массопереноса в Южном Прибалхашье является получение оценок выноса песчаного аэрозоля из крупных очагов дефляции в различных направлениях и тем самым возможность прогнозировать развитие экологической ситуации в прилегающих к пустыням областях. Чтобы получить более пол-

ную пространственную характеристику дефляционных процессов в исследуемом регионе были рассчитаны все векторные параметры ветропесчаных потоков.

На рисунке 3 приведены средние многолетние розы векторов переноса массы песка в регионе. Розы векторов свидетельствуют о сложной пространственной картине ветропесчаных потоков в изучаемом регионе. Она определяется не только синоптическими процессами, но и разнообразием строения рельефа Южного Прибалхашья и окружающих его горных районов, ослабляющим или усиливающим ветры местного и мезометеорологического масштаба.

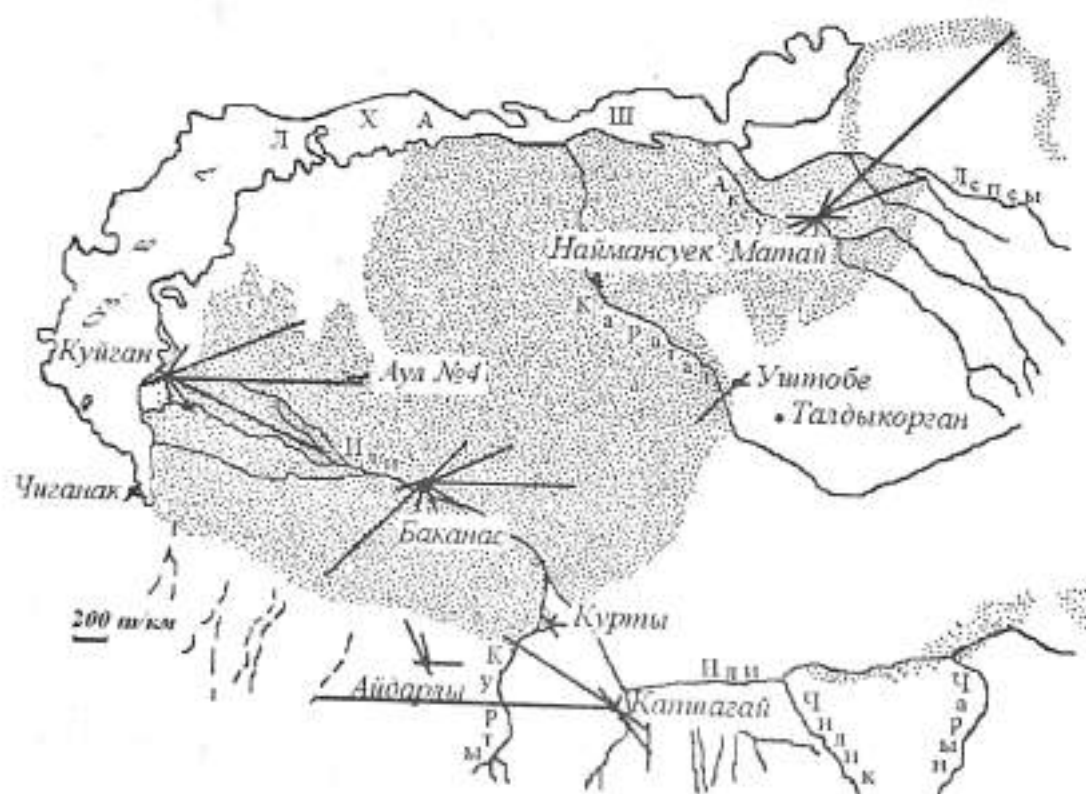


Рис. 3. Средние многолетние розы векторов ветрового переноса песка в Южном Прибалхашье (1966-1986 гг.).

Подводя итог рассмотрению средних многолетних роз векторов переноса песка в Южном Прибалхашье, можно сделать очень важный для оз. Балхаш вывод о том, что Южное Прибалхашье практически не участвует в формировании золотой составляющей солевого баланса озера. Соли, поступающие с ветровыми потоками на зеркало озера, могут происходить лишь с западными и северными потоками воздуха из районов Северного и Западного Прибалхашья.

Векторная информация о ветровом переносе масс песка позволяет определить все возможные направления движения песка и найти его

ствующие румбы, по которым идет преимущественное перемещение песков. Для решения последней задачи достаточно выполнить векторное сложение по всем румбам и получить результирующий за год вектор, который и укажет направление перемещения песков в изучаемом районе (Рис.4).

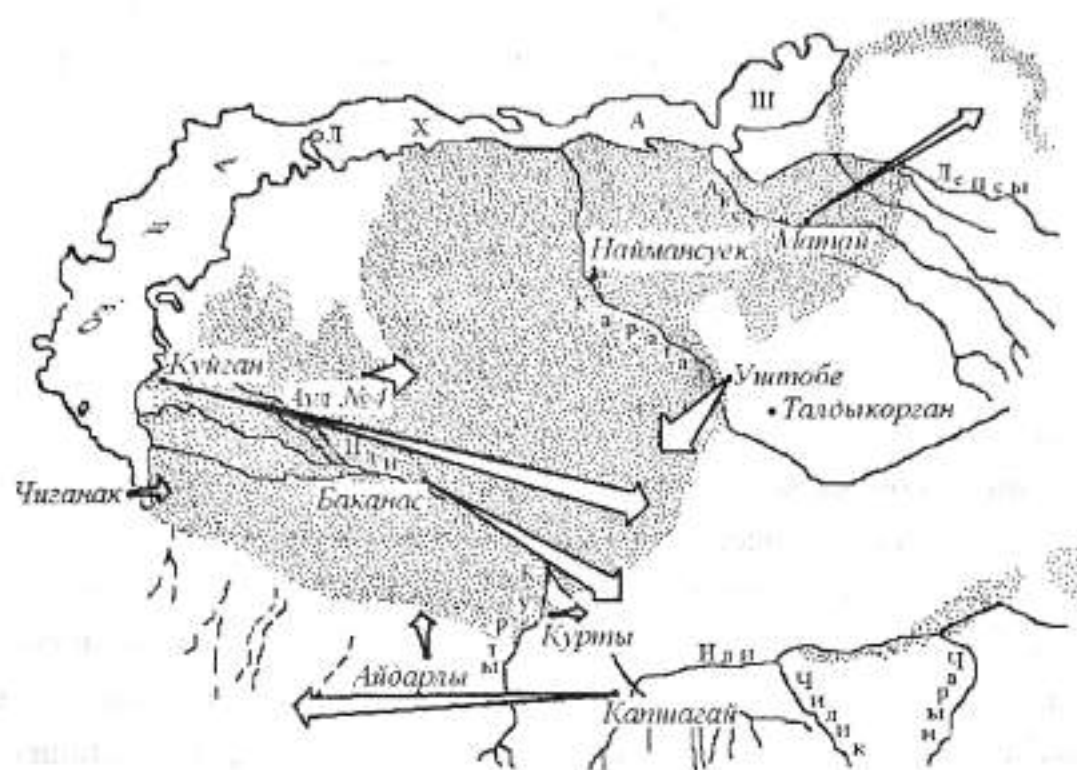


Рис. 4. Средние многолетние годовые результирующие векторы ветрового переноса песка в Южном Прибалхашье (1966—1988 гг.).

Можно констатировать, что результирующие векторы равнинной части Южного Прибалхашья (станции Чиганак, Куйган, Аул № 4, Матай) дают восточные направления перемещения песков и определяются общей циркуляцией воздушных масс на юго-востоке Казахстана. В более южных районах региона заметно влияние рельефа и сказываются местные орографические условия формирования сильных ветров. Так, векторы для станций Баканас, Курты, Капшагай, Наймансуек направлены вдоль долин протекающих вблизи рек. В районе Уштобе перемещение песка в юго-западном направлении связано с усилением северо-восточного ветра в горном проходе возвышенности Ушкара. Уменьшение объемов переноса в районе ст. Курты обусловлено экранирующим воздействием западной оконечности хребта Малайсары.

Сложный пространственный характер переноса песка наблюдается на юго-востоке Таукум. Здесь результирующие многолетние векторы четырех соседних станций образуют вращательную структуру антициклонического типа. Если условия циркуляции в эпоху формирования песчаных

ряд в Таукум были подобны современным, то эта структура во многом объясняет сложное ячеистое строение рельефа этих песков.

Полученная схема направлений средних многолетних результирующих векторов переноса песка позволяет в современных условиях антропогенного пресса на окружающую среду и опустынивание прогнозировать возможные процессы движения подвижных форм рельефа при их появлении в Южном Прибалхашье. Так, в северо-западной части Таукумов выявлена зона с повышенной эоловой деятельностью, которая может расшириться к востоку. При мощных западных и северо-западных вторжениях холодного воздуха аэрозоль из этого района может достигать предгорной зоны Заилийского Алатау и ухудшать качество воздуха в населенных пунктах. На востоке Южного Прибалхашья, где также уже имеются подвижные пески, есть реальная угроза занесения инженерных сооружений Туркестано-Сибирской железной дороги, поселков, автомобильных дорог.

Как показали исследования песчаных бурь в Южном Прибалхашье, этот регион является мощным источником аэрозолей, поступающих в атмосферу с ветровыми потоками и влияющих на климат и экологическую ситуацию в юго-восточном Казахстане. Активных методов борьбы с пыльными бурями нет. Поэтому важное значение для уменьшения их вредного воздействия имеет рациональное природопользование.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Актуальные проблемы гидрометеорологии озера Балхаш и Прибалхашья/ Под ред. И.И. Скоцеляса. - СПб: Гидрометеониздат, 1995. - 269 с.
2. Гидрометеорологические проблемы Приаралья/ Под ред. Г.Н. Чичасова. - Л.: Гидрометеониздат, 1990. - 277 с.
3. Федюшина Л.П. Распределение ветроэрозионных погод на территории Алма-Атинской и Джамбульской областей// Тр. КазНИГМИ. - 1972. - Вып. 49. - С. 64-75.
4. Федюшина Л.П. Распределение пыльных бурь на территории Алма-Атинской и Джамбульской областей// Тр. КазНИГМИ. - 1972. - Вып. 49. - С. 76-83.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

**ОЦҮСТІК БАЛХАШ КҮМДАРЫНЫҢ ДЕФЛЯЦИЯЛЫҚ
ПРОЦЕСТЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ АУМАҚТАРДЫҢ ШӨЛДЕНУШЕ
ӘСЕРІ**

Физ. - мат. ғылымдарының канд. О.Е. Семенов
А.П. Шапов
О.С. Галаева

Мақалада Оңтүстік Балхаш өңіріндегі шаңды борандар мен жаяу борасындар кезіндегі құмның желмен көшуінің скалярлық және векторлық бағалары келтірілген. Ол үшін Оңтүстік Балхаштың он станциясында 1966-1986 жылдар аралығында.