

УДК 551.507.362.2 +551.553.8

**О МАСШТАБАХ СИЛЬНЫХ ПЫЛЬНЫХ БУРЬ В АПРЕЛЕ
2003 ГОДА НА ЗАПАДЕ КАЗАХСТАНА ПО СНИМКАМ С
ИСКУССТВЕННЫХ СПУТНИКОВ ЗЕМЛИ СЕРИИ NOAA**

Канд. техн. наук

Т.В. Дедова

Канд. физ.-мат. наук

О.Е. Семенов

Н.Б. Тусеева

Т.В. Худякова

На западе Казахстана в апреле 2003 г. сложились синоптические ситуации, способствующие возникновению сильных градиентных ветров. Это привело к развитию пыльных бурь в различных районах, источниками которых были песчаные массивы. По информации с ИСЗ NOAA удалось проследить за динамикой формирования шлейфов пылевых выносов, которые достигали в длину 150...500 км.

Песчаные (пыльные) бури – стихийное природное явление. Как и все опасные явления погоды, они остаются и в наше время слабо изученными из-за сложности проведения измерений большого числа параметров атмосферы, определяющих их возникновение и развитие. Бури, как правило, имеют масштабы проявления порядка нескольких десятков или сотен километров, т.е. относятся к локальным мезо-метеорологическим явлениям погоды. Лишь в очень редких случаях катастрофические пыльные бури могут иметь масштабы, измеряемые тысячами километров. Такие масштабы явления требуют комплексного подхода к изучению бурь – наряду с наземными измерениями необходимо получение информации о них с космических летательных аппаратов.

Освоение космического пространства открыло широкие перспективы по организации мониторинга за развитием мощных пыльных бурь на Земле. На космических объектах начали использовать сканирующие радиометры для получения изображения Земли в различных спектральных интервалах. Это открыло возможности количественной интерпретации изображений, так как для каждого элемента снимка можно иметь данные об абсолютной яркости системы земная поверхность – атмосфера. Оказалось, что наблюдаемая яркость может служить индикатором аэрозольной

оптической толщи атмосферы, особенно при измерениях или съемках аэрозольных шлейфов выноса над водной поверхностью при достаточно больших высотах Солнца и при длине волны излучения не менее 0,75 мкм. При этих условиях можно получить оценку аэрозольной толщи атмосферы с точностью $\pm 10\%$. При горизонтальной неоднородности подстилающей поверхности результаты оказываются значительно менее точными. Космические методы наблюдений расширяют возможности оценок масс пыли в шлейфах выноса сильных бурь [3, 5, 10].

Количественные методы измерения запыленности атмосферы с применением космических систем измерений делают еще только первые шаги. Однако, перспективность этих методов для получения информации о содержании минерального аэрозоля в атмосфере Земли очевидна. Только эти методы позволяют оперативно оценивать массу аэрозоля в атмосфере и его оптические характеристики, которые необходимы для решения многих прикладных и экологических задач. Важным результатом проведенных исследований был вывод о том, что яркость системы зависит от общего содержания аэрозоля в атмосфере, но не от распределения его по высоте. Этот начальный период исследований атмосферного аэрозоля позволяет перейти ко второму – организации систематического космического мониторинга за содержанием аэрозоля природного происхождения в атмосфере Земли, что чрезвычайно важно для прогноза изменения как глобального, так и регионального климатов [5, 7, 8, 9].

Шлейфы выноса аэрозолей от источников их генерирования хорошо видны из космоса. Космические методы наблюдений расширяют возможности оценок масс пыли в шлейфах выноса сильных бурь. Снимки бурь из космоса позволяют более точно описать геометрические размеры облака пыли и в сочетании с наземными измерениями профиля концентрации аэрозоля или прозрачности атмосферы более корректно определить переносимую массу частиц. Кроме того, наблюдение из космоса позволяют выявить очаги и районы возникновения пылевых и песчаных потоков, чтобы получить затем необходимые данные о подстилающей поверхности в очагах и на пути перемещения пыльных образований. Эта информация важна для изучения причин формирования пыльных выносов, выяснения роли подстилающей поверхности, в частности, состава грунтов, топографии местности, отражательных и излучательных свойств поверхности. Для дальнейшего дешифрирования космической информации необходимо привлекать данные

о строении пограничного и приземного слоев атмосферы во время бурь, которые существенно отличаются от чистых воздушных потоков [11, 13].

Снимки и телевизионные изображения с космических станций и спутников Земли в короткое время позволили обнаружить источники мощных пыльных бурь на планете, определить геометрические размеры шлейфов пылевых выносов. Информация из космоса позволила обнаружить наличие мощных источников потоков аэрозоля и на территории Казахстана. Одним из наиболее опасных очагов развития песчано-солевых бурь в Центральной Азии оказалось осушенное дно Аральского моря [1, 2, 4, 6...9].

При анализе космических снимков с ИСЗ NOAA нам удалось зафиксировать пылевые шлейфы бурь, которые наблюдались в Северном Прикаспии и Приаралье во второй декаде апреля 2003 г.

В период с 8 по 12 апреля 2003 года по наблюдениям метеостанций на территории Актыбинской, Атырауской, Карагандинской и Кызылординской областей наблюдались пыльные бури. Возникновение пыльных бурь было связано с наличием сильного градиентного ветра в этих областях. Синоптическая ситуация, способствующая возникновению градиентного ветра, развивалась следующим образом. Обширный антициклон с центром над Екатеринбургом ($P = 1039$ гПа) занимал территорию Урала, Западной Сибири, Центрального Казахстана. Над Европейской частью России располагался циклон, с центром над Москвой. С этим циклоном был связан теплый фронт, который проходил через Актыбинскую и Карагандинскую область. Еще один теплый фронт проходил через Атыраускую и Кызылординскую область. Этот фронт был связан с частным циклоном над югом Европейской территории России, над Каспием располагалось поле пониженного атмосферного давления. Таким образом, Актыбинская, Атырауская, Карагандинская и Кызылординская области находились на юго-западной периферии антициклона во фронтальной зоне. Градиент давления здесь составил больше 10 гПа/500 км. Такая синоптическая ситуация способствовала усилению устойчивого градиентного ветра до $10...20$ м/с восточного и юго-восточного направления и возникновению пыльных бурь над Западным, Центральным и Южным Казахстаном (Рис. 1).

9 апреля было получено три снимка районов Северного Прикаспия и Приаралья, на которых хорошо различимы пылевые шлейфы выноса бурь. Снимки сделаны с интервалом в 2 часа 48 минут и 1 час 50 минут, что позволило проследить за динамикой развития бурь. На первом снимке,

сделанном в 7 час, шлейф пыли имеет вид вытянутого неравностороннего треугольника в западном направлении (Рис. 2).

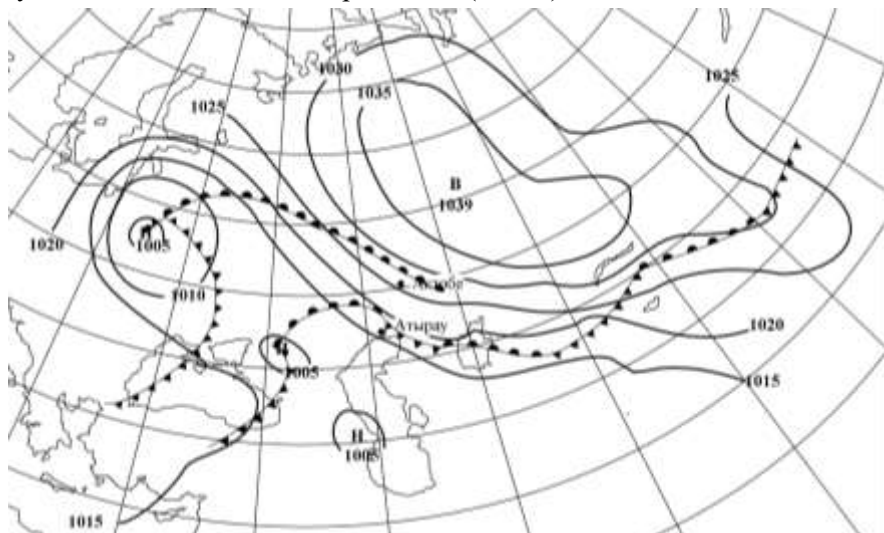


Рис. 1. Синоптическая ситуация 9 апреля 2003 г., при которой возникли бури в Северном Прикаспии и на Арале.

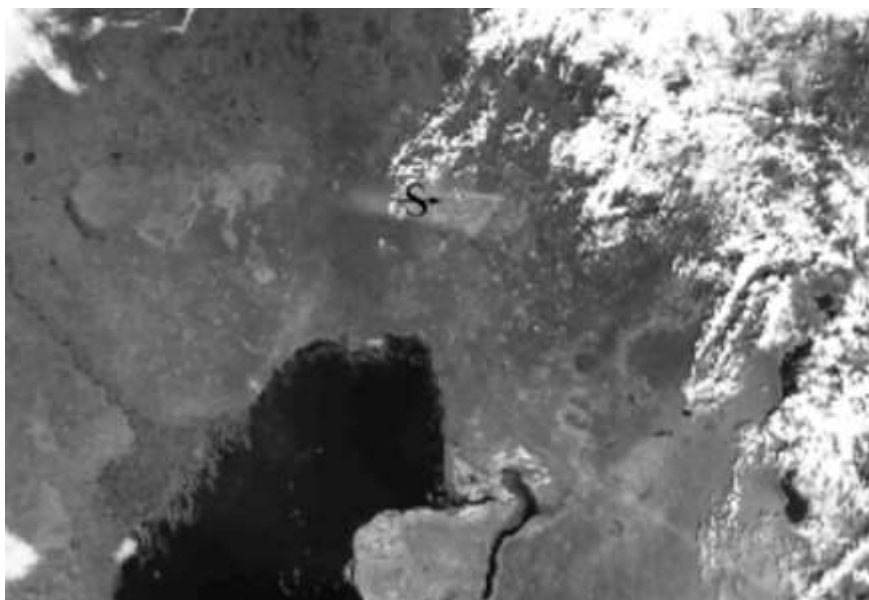


Рис. 2. Снимок пыльной бури в Прикаспии с ИСЗ NOAA-7 9 апреля 2003 года в 7 час по Гринвичу.

Очаг возникновения бури расположен примерно в 150 км восточнее р. Урал в песках Тайсойган. Ширина фронта переноса пыли в источнике дости-

гает 55...60 км. Большая сторона шлейфа (его длина) достигала в 7 час 160 км, меньшая – 130...135 км. Площадь облака пыли около 4 тыс. км².

На следующем снимке NOAA в 9 час 48 мин ширина шлейфа в источнике выноса осталась прежней. В длину облако перемещаемой воздушным потоком пыли увеличилось до 250 км и достигло восточной границы Камыш-Самарских озер (Балыктинских разливов). Скорость его распространения была 10...12 м/с. На протяжении первых 150 км от источника шлейф пыли сохранял по форме несколько сходящийся поток аэрозоля, состоящий из трех хорошо видимых струй. Затем поток пыли делал поворот на 20° к югу и начинал терять четкие очертания. По-видимому, на расстоянии до 150 км от источника в этих струях пыли отсутствовал турбулентный обмен и, как следствие, поперечная диффузия частиц. Площадь, занимаемая облаком пыли, увеличилась к этому моменту времени примерно до 8,5...9 тыс. км² (Рис. 3). На этом же снимке из-под кучевой облачности над Аральским морем можно различить небольшой вынос пыли с осушенной части его дна.



Рис. 3. Снимок бури в 9 час 48 мин по Гринвичу с ИСЗ NOAA-16.

Наконец на последнем третьем снимке (Рис. 4) видно, что длина шлейфа пыльной бури в Прикаспии увеличилась до 300 км, оставаясь на первых 150 км своего пути параллельным нерасходящимся потоком. Формирование сильных ветровых течений вблизи верхней границы планетарного пограничного слоя атмосферы во время интенсивных пыльных бурь

позволяет найти объяснение струйного характера шлейфов аэрозолей от источника выноса. Как известно, особенностью большинства космических снимков бурь, является их пространственная неоднородность. Шлейфы состоят из параллельных продольных несмешивающихся полос. Эта особенность является их характерным признаком при дешифрировании снимков для отличия от облачности. Пониженное давление воздуха в ускоренной мезоструе приводит к подсасыванию в нее газа и частиц, что приводит к снижению поперечной диффузии аэрозолей и длительному сохранению неоднородности потока, которая возникает в источнике выноса из-за различных свойств подстилающей поверхности [11].



Рис.4. Снимок бурь в 11 час 35 мин по Гринвичу с ИСЗ NOAA-12.

На снимке появились многочисленные струи пыли от новых небольших по площади источников эмиссии аэрозолей. Этими очагами стали быстро подсыхающие при сильном ветре поверхности небольших разбросанных на левобережной территории р. Урал массивов песков. Общая площадь облака пыли в Прикаспии выросла до 12...14 тыс. км². Однако концентрация аэрозоля в новых образовавшихся шлейфах значительно меньше, чем в основном потоке. Они становятся хорошо различимыми лишь при большом увеличении снимка.

Значительно увеличились и размеры пылевого облака, вынесенного ветром аэрозоля с осушенной части Арала. Длина его шлейфа на снимке достигала 200 км. Из-за полей кучевой облачности трудно определить его начало и точные размеры. Зато можно уверенно ограничить высоту подъема частиц. Верхняя граница аэрозоля не превышала 500...600 м, так как на поверхности пылевого потока можно видеть тени от отдельных крупных облаков нижнего яруса.

Вторая декада апреля 2003 года оказалась «богатой» на развитие этих неблагоприятных явлений погоды на западной половине Казахстана. Пыльные бури были 14 апреля северо-западнее Арала на засоленных почвогрунтах в районе песков Большие Барсуки, на описанных выше песчаных массивах левобережья р. Урал, в районе р. Эмбы. Шлейф выноса из песков Большие Барсуки протянулся на расстояние около 500 км от метеостанции Челкар до акватории Каспийского моря (Рис. 5). Площади территории, охваченные сильными бурями, в этот день достигали несколько десятков тыс. км². Такое интенсивное одновременное проявление дефляционных процессов на таких больших площадях является довольно редким событием в нашей стране.

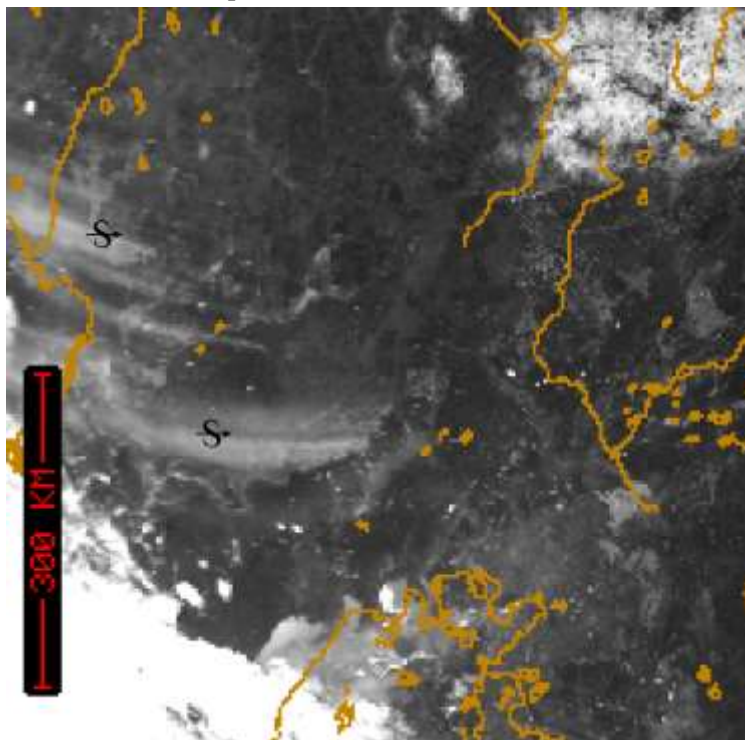


Рис. 5. Пыльные бури 14 апреля 2003 г.

Пыльные бури в этот период времени проходили и на наиболее интенсивном источнике песчано-солевого аэрозоля на осушенном дне Аральского моря и в Приаралье. Пыльные шлейфы из этого источника получены на снимках NOAA 10, 15 и 16 апреля. За пыльную бурю 15 апреля было получено три космических снимка, за бурю 16 апреля – 6 снимков. Они так же хорошо иллюстрируют динамику развития этих бурь на Арале. Шлейфы бурь 16 апреля видны так же и на территории России на Северном Кавказе и Калмыкии.

Выявленные ранее районы повышенной повторяемости опасных и особо опасных пыльных бурь на западе Казахстана по материалам наблюдений метеостанций [12] подтверждаются приведенными в статье снимками с ИСЗ NOAA. Снимки позволяют более точно локализовать источники выноса ветром аэрозолей природного происхождения, изучить с помощью наземных исследований их характеристики и затем разработать методы борьбы с ними.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев А. А., Липатов В. Б. Динамика и очаг пылевых бурь в Приаралье по наблюдениям из космоса // Изв. АН СССР, сер. геогр. –1982. – № 5. – С. 93-98.
2. Григорьев А.А., Жогова М.Л. Мощные пылевые выносы в Приаралье в 1985-90 гг. // Докл. АН России. – 1992. – Т. 325, № 3. – С. 672–675.
3. Григорьев А.А., Кондратьев К.Я. Атмосферная пыль по наблюдениям из космоса. Часть II. Количественные оценки содержания пыли // Бюллетень ВМО. – 1981. – Т. 30, № 1. – С. 3–11.
4. Григорьев А.А., Липатов В.Б. Пылевые бури в Приаралье по данным космической съемки // Развитие и преобразование природной среды. – Л., 1979. – С. 93 – 103.
5. Григорьев А.А., Липатов В.Б. Пыльные бури по данным космических исследований. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 31 с.
6. Григорьев А.А., Липатов В.Б. Распространение пылевых загрязнений в Приаралье по наблюдениям из космоса // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1983. – № 4. – С.73–77.
7. Жогова М.Л. Формирование и функционирование очагов мощных пылевых выносов (физико-географические аспекты): Автореф. дис....канд. геогр. наук. – СПб., 1992.– 17 с.
8. Закарин Э.А., Ахмеджанов А.Х., Бекмухамедов Б.Э., Дедова Т.В., Казаев Н.Х., Космический мониторинг песчано-солевых бурь на осушенном дне Аральского моря // Материалы международной научно-

- практической конференции «Современные проблемы геоэкологии» Алматы, 22-23 января 2001. – с. 208–213
9. Закарин Э.А., Бекмухамедов Б.Э., Дедова Т.В. Определение зон возникновения пыльных бурь в Приаралье методами спутникового зондирования. // Гидрометеорология и экология. – 1999. – №4. – С. 189 – 196.
 10. Метеорологическое зондирование подстилающей поверхности из космоса / Под. ред. К.Я. Кондратьева. – Л.: Гидрометеоиздат, 1979. – 246 с.
 11. Семенов О.Е. Об ускорении потока во время сильных песчаных и пылевых бурь // Гидрометеорология и экология. – 2000. – № 3–4. – С. 23 – 48.
 12. Семенов О.Е., Тулина Л.П. Пространственное и временное распределение опасных и особо опасных пыльных бурь на территории Казахстана // Труды КазНИГМИ. – 1978. – Вып. 71. – С. 62 – 74.
 13. Vagenblatt G.I., Golitsyn G.S. Local structure of Matyre Dust Storms // J. of the Atmospheric Sciences. – 1974 – Vol. 31, № 7. – P. 1917 – 1933

Казахский научно-исследовательский институт экологии и климата
Институт космических исследований
Гидрометеорологический центр РГП Казгидромет

**СЕРИЯСЫ NOAA ЖЕРДІҢ ЖАСАНДЫ СПУТНИКТЕРІМЕН (ЖЖС)
ТҮСІРЛГЕН КӨРІНІСТЕР БОЙЫНША БАТЫС ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ
2003 ЖЫЛДЫҢ СӘУІРІНДЕГІ КҮШТІ ШАҢДЫ БОРАНДАРДЫҢ
МАСШТАБЫ**

Техн. ғылымд. канд.	Т.В. Дедова
Физ.-мат. ғылымд. канд.	О.Е. Семенов
	Н.Б. Тусеева
	Т.В. Худякова

2003 жылдың сәуірінде Қазақстанның батысында күшті градиентті желдің тууына себеп болған синоптикалық жағдай қалыптасты. Бұл әртүрлі аудандарда құмды массивтерден шаңды борандардың көтерілуіне әкеп соқты. NOAA ЖЖС-нің мәліметі көмегімен ұзындығы 150...500 км жететін шаңды шығындылардың шлейфтерінің түзілу динамикасын анықтауға мүмкіндік туды.