

Б. В. ВИНОГРАДОВ, Ал. А. ГРИГОРЬЕВ, В. Б. ЛИПАТОВ

СТРУКТУРЫ ПЫЛЬНЫХ БУРЬ ПО ДАННЫМ ТЕЛЕВИЗИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСЗ ИТОС-1

(Представлено академиком Д. В. Наливкиным 7 XII 1971)

Пыльные бури, пыле-песчаные потоки в атмосфере, перенос пыли на больших высотах — все эти явления очень характерны для аридных и субаридных регионов (1). Однако ввиду малого количества метеорологических станций, трудностей производства наблюдений во время пыльных бурь распределение и, в особенности, строение пыле-ветровых структур изучены слабо. В последнее время нами и рядом исследователей были обнаружены на космических снимках крупные пыльные бури над Ближним Востоком по фотографиям с АМС Зонд-7 (2), над Южной Сахарой по фотографиям с АМС Зонд-5 (3), над акваториями вдоль западного побережья Африки по телевизионным (ТВ) изображениям с ИСЗ ЭССА-5 (4), над южным Ираном по фотографиям с ПКК Джемини-12 (5). Однако ни в одном из перечисленных наблюдений не были описаны структуры пыльных бурь.

В настоящей работе представлены первые результаты анализа структуры пыльной бури по космическому изображению. На исследованном ТВ-изображении (рис. 1) над Месопотамской низменностью и северной частью Персидского залива хорошо видны пыльные бури и пыле-песчаные потоки в атмосфере. Они изображаются (рис. 2, 4) в виде четырех субпараллельных полос, более светлых, чем поверхность низменности и моря, и маскирующих изображение неоднородностей подстилающей поверхности.

Величина пылевой мутности в атмосфере при этом выявляется из сравнения с ТВ-изображением этой же территории 29 VII 1970 г. при прозрачной атмосфере.

Анализ метеорологических данных сети локальных станций за 15 час. Московского времени 17 VII 1970 г., синхронных с ТВ-съемкой с ИСЗ ИТОС-1, показал, что в это время там преобладал северо-западный ветер, связанный с пассатом на западной периферии Южно-Иранской барической депрессии, причем наиболее сильные ветры дули над Месопотамией (более 20 м/сек). Сильный северо-западный ветер с максимумом скорости на высоте 1—1,5 км (до 40 м/сек) сохранялся до высоты 3—5 км. Видимость уменьшилась до 1—1,5 км. (Такая пыльная буря носит местное название Большой Шемаль.)

Депситометрический анализ негативных изображений позволил классифицировать природные образования (море, оазисы, каменистые пустыни, песчаные пустыни, облака) и зоны пылевой мутности в атмосфере по градациям интенсивности ТВ-сигнала и плотностями негативного изображения, принятого с ИСЗ ИТОС-1. Это, в свою очередь, позволило по объективным критериям полуинструментальным методом представить внутреннюю структуру пыльной бури (рис. 2).

Нами различалось четыре градации пылевой мутности атмосферы. Слабая пылевая мутность очень мало влияет на плотность изображения фона: она увеличивает плотность его негативного изображения меньше, чем на 0,1 (при $\gamma = 1$). Умеренная мутность существенно маскирует неоднородности строения поверхности, проявляя лишь детали высокого контраста

с $K > 0,7$, и увеличивает значения плотности на $0,12-0,25$. Средняя мутность почти полностью маскирует детали ландшафта, хотя влияние яркости подстилающей поверхности на интегральный тон изображения пыле-песчаного потока еще сохраняется. Она повышает плотность изображения на $0,25-0,45$. Наконец, сильная пылевая мутность полностью маскирует любые детали подстилающей поверхности и увеличивает плотности изо-

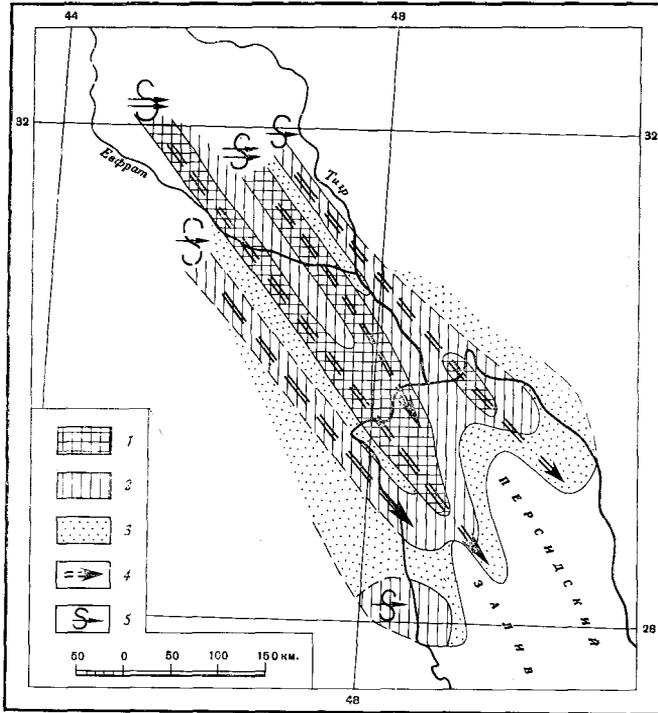


Рис. 2. Результаты интерпретации структуры пыльной бури по телевизионному изображению рис. 1: 1 — сильная пылевая мутность, 2 — средняя пылевая мутность, 3 — умеренная пылевая мутность, 4 — направления пыле-песчаных струй, 5 — пыльные бури и вихри

бражения на $0,45-0,50$ и более, сравнивая их с плотностью изображения окружающих песчано-суглинистых пустынь.

Для параметризации измерений ТВ-сигнала нами были использованы его значения в точках, где были опознаны подстилающие поверхности с известными для них величинами интегральных коэффициентов яркости. Корреляция между плотностями негативного ТВ-изображения (или интенсивностями ТВ-сигнала) и спектральными яркостями оказалась настолько высокой, что использование денситометрических данных в качестве критерия классификации природных объектов оказалось надежным. Однако интегральная яркость даже наиболее сильной пылевой мутности незначительно выше яркости песчано-суглинистой пустыни (с $R = 0,25-0,30$). Поэтому пылевая мутность в атмосфере может быть измерена по ТВ-изображениям лишь на фоне поверхностей, яркость которых ниже $0,20-0,25$, т. е. на фоне моря, оазисов, вегетирующей растительности, гумусированных и влажных почв, выходов темноокрашенных горных пород и каменистых пустынь.

В результате анализа фотоизображения, учета всех метеорологических данных, денситометрических измерений негативного изображения, изучения рельефа и состава рыхлых отложений и почв района пыльной бури был выявлен ряд деталей ее структуры.



Рис. 4. Фрагмент регионального телевизионного изображения пыльной бури над Месопотамской низменностью и Персидским заливом, полученного приемной станцией АРТ ЛГУ с ИСЗ ИТОС-1 17 VII 1970 г.
1: 10 000 000

Начинается пыльная буря в Месопотамской низменности южнее оз. Эль-Мильх и оз. Милет-Гартар, где наблюдаются серии пыльных вихрей в виде неорганизованных пыле-облачных образований, иногда со слабозаметными изометрическими элементами. Здесь резко усиливается скорость ветра, что приводит к обильному захвату ветровым потоком пылевых частиц из лёссовидных суглинистых аллювиальных, делювиальных и культурно-ирригационных отложений. Смежные с низменностью пустыни не дают такого большого количества взвешенного пылевого материала. Лишь высохшие в это время года днища временных озер по окраинам низменности, хотя и в меньшей степени, служат источником пылевой мутности.

Основную часть пыле-ветровой структуры занимает система субпараллельных пыле-песчаных струй, выклинивающихся на Персидский залив, где прекращается питание потока пылевым материалом. Самая западная струя слабо выражена, пролегает над пустынями правобережья и имеет ширину около 20 км и длину около 400 км. Наиболее резко выражена вторая (считая с запада) струя, которая имеет ширину 25—40 км и длину около 600 км. Она дает наибольшие значения пылевой мутности, пролегает над сухими землями и полосой незакрепленных приоазисных песков Аз-Рахаб и дальше всего, по крайней мере на 150—200 км, простирается над заливом. Третья и четвертая (считая с запада) струи имеют несколько меньшие размеры — длину около 500 км и ширину около 20—25 км — и меньшую яркость, так как содержат значительно меньше взвешенного материала и пролегают преимущественно над озерами, болотами, кевирами и орошаемыми массивами.

В заключение необходимо отметить следующее. Судя по космическому изображению, зона пылевой мутности состоит из двух элементов: локальных пыле-песчаных бурь или вихрей изометрической формы и тянущихся от них вдоль преобладающих ветров пыле-песчаных струй длиной до 500—600 и более километров и шириной по 20—40 км.

Сравнение космических ТВ-изображений с метеорологическими данными локальных станций показало, что наземные наблюдения могут лишь констатировать область пыльных бурь, но не позволяют определить их морфологию и точное распространение как в пространстве, так и во времени. Анализ космических изображений выявляет, кроме того, связь пыльных бурь с подстилающей поверхностью: пыльные бури затухают над каменистыми пустынями, увлажненными территориями, следуют понижениям рельефа и огибают повышения. Наконец, данные космической съемки подтверждают представления ⁽¹⁾ о крупной геологической роли пыльных бурь и пыле-песчаных потоков в формировании рельефа и рыхлых отложений.

Ленинградский государственный университет
им. А. А. Жданова

Поступило
2 XII 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Д. В. Наливкин, Ураганы, бури и смерчи, «Наука», 1969. ² Al. A. Grigoriev, V. B. Lipatov, B. V. Vinogradov, Space Research, 11, Berlin, 1971. ³ Б. В. Виноградов, Земля и Вселенная, № 1 (1970). ⁴ J. M. Prospero, E. Bonattie et al., Earth and Planetary Sciences Letters, 9, № 3 (1970). ⁵ F. J. Wobber, Photogrammetric Eng., 36, № 8 (1970).