

Н. И. КРАВЦОВ, Д. И. МАСЛИЧ

ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ НА ТОЧНОСТЬ РАДИОДАЛЬНОМЕРНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ

Продолжительные измерения длин линий радиодальномера на базисах [4] показывают, что результаты измерений имеют суточный ход: ночью они завышены по сравнению с эталонной длиной, днем — занижены. Это объясняется суточным ходом влажности в приземном слое атмосферы, в значительной степени влияющем на изменения показателя преломления для ультракоротких волн.

Чтобы повысить точность радиодальномерных измерений, очень важно изучить суточный ход влажности и установить наиболее выгодное время их производства. Для этого нами обработаны материалы зондирования нижнего 500-метрового слоя воздуха, произведенного в различное время Главной геофизической обсерваторией им. Воейкова, Украинским научно-исследовательским гидрометеорологическим институтом и Среднеазиатским гидрометеорологическим институтом в различных районах страны [1, 2, 5]. При зондировании на высотах 0 (2), 25, 50, 100, 150, 200, 300, 400 и 500 м с помощью аэростатных

Таблица 1

Суточный ход влажности в слое воздуха 0...500 м в южном степном районе Украины

Время, ч	Высота								
	0	25	50	100	150	200	300	400	500
1	12,96	14,00	14,06	13,06	12,40	12,17	11,75	10,86	10,49
3	13,10	15,03	14,50	13,18	12,88	12,90	12,95	11,86	11,24
5	13,45	13,68	13,44	13,68	13,92	14,38	13,96	12,24	12,34
7	12,93	12,95	12,91	12,58	11,80	11,41	11,94	11,24	10,40
9	12,47	11,47	11,27	11,00	10,58	10,55	9,98	9,70	9,52
11	12,34	11,43	11,34	11,04	10,91	10,84	10,55	10,32	10,19
13	12,48	11,86	11,75	11,57	11,56	11,32	10,87	10,78	10,28
15	11,26	10,22	10,06	9,60	9,38	9,24	9,20	8,93	8,89
17	13,23	11,54	11,32	11,09	11,86	11,53	11,34	11,24	10,84
19	13,50	12,94	12,67	12,48	12,40	12,17	11,65	11,25	11,22
21	12,15	13,20	12,88	16,54	14,63	14,06	13,57	13,71	12,77
23	12,64	13,52	11,75	11,04	11,30	11,22	11,56	11,70	11,40

метеорографов измеряли атмосферное давление P (мбар), температуру воздуха t ($^{\circ}\text{C}$), относительную r (%) и удельную q (г/кг) влажности воздуха. Одновременно определяли направление и скорость ветра, а также облачность.

Из метеорологии известно, что

$$e = \frac{p \cdot q}{622}, \quad (1)$$

где e — упругость водяного пара, мбар. По формуле (1) вычислены значения e на каждый час наблюдений на стандартных высотах для каждого района зондирования в отдельности (табл. 1, 2).

В табл. 1 приведены значения e , осредненные из трех-пяти серий круглосуточного зондирования, произведенных при ясной погоде в августе 1961 г. [2] в южном степном районе Украины. Для наглядности по этим данным построены графики суточного изменения e на различных высотах (рис. 1). Анализируя табл. 1 и рис. 1, можно сделать следующие выводы.

Суточный ход упругости водяного пара имеет вид двойной волны. Максимумы упругости водяного пара наблюдаются утром около 5 ч и вечером около 21 ч, минимумы — ночью около 23 ч и днем около 15 ч. Наибольшие расхождения в значениях e ночью. Днем в слое 0...500 м такие расхождения меньше, что указывает на наличие постоянной турбулентности атмосферы. Характер хода на всех высотах аналогичный. В слое воздуха до 200 м утром около 6 часов и вечером около 20 часов

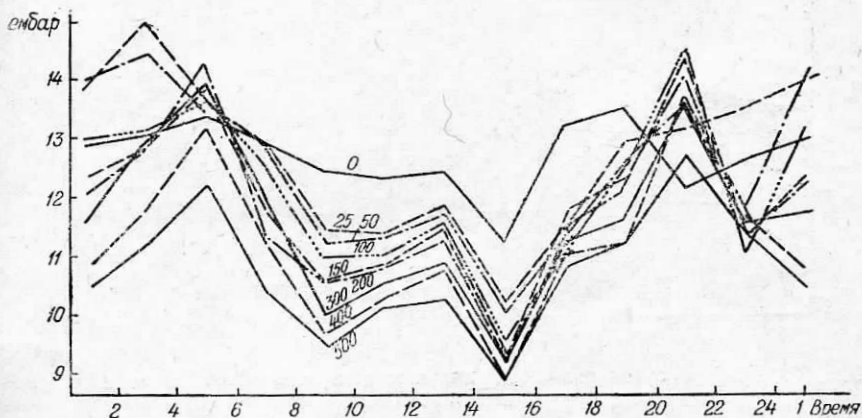


Рис. 1. График суточного хода влажности в слое 0...500 м в южном степном районе Украины.

происходит переход от инверсионного состояния к нормальному и наоборот.

На рис. 1 кривые суточного хода e на высотах 0, 25, 50, 100, 150 и 200 м в указанные промежутки времени перекрещиваются. Следовательно, в эти моменты в слое воздуха до 200 м будет

Таблица 2

Суточный ход влажности в слое воздуха 0...500 м в районе пос. Воейково

Время, ч	Высота								
	2	25	50	100	150	200	300	400	500
7	3,73	3,70	3,70	3,68	3,50	3,48	3,43	3,39	3,19
9	4,21	4,02	4,02	3,84	3,82	3,80	3,59	3,54	3,50
11	3,89	3,86	3,70	3,52	3,50	3,48	3,28	3,23	3,04
13	3,73	3,70	3,70	3,52	3,50	3,48	3,28	3,23	3,19
15	3,89	3,70	3,70	3,52	3,50	3,32	3,43	3,23	3,04
17	3,73	3,70	3,70	3,52	3,50	3,48	3,28	3,23	3,04
19	3,73	3,70	3,70	3,68	3,50	3,48	3,28	3,23	3,04
21	4,05	3,86	3,86	3,68	3,66	3,48	3,43	3,23	3,19
23	3,89	3,70	3,70	3,68	3,50	3,48	3,43	3,23	3,19
1	3,73	3,70	3,54	3,52	3,34	3,32	3,28	3,08	3,04
3	3,56	3,54	3,36	3,36	3,34	3,32	3,28	3,23	3,04
5	3,56	3,54	3,54	3,52	3,34	3,32	3,28	3,23	3,04

наблюдаться постоянно упругости водяного пара в атмосфере. Это значит, что вертикальный градиент влажности в такие моменты в слое 0...200 м будет равен нулю. Естественно предположить, что атмосфера в эти моменты наиболее благоприятная для производства радиодальномерных измерений.

Аналогичные выводы можно сделать, анализируя данные рис. 2, на котором показан суточный ход упругости водяного пара e на различных высотах по данным аэростатного зондирования

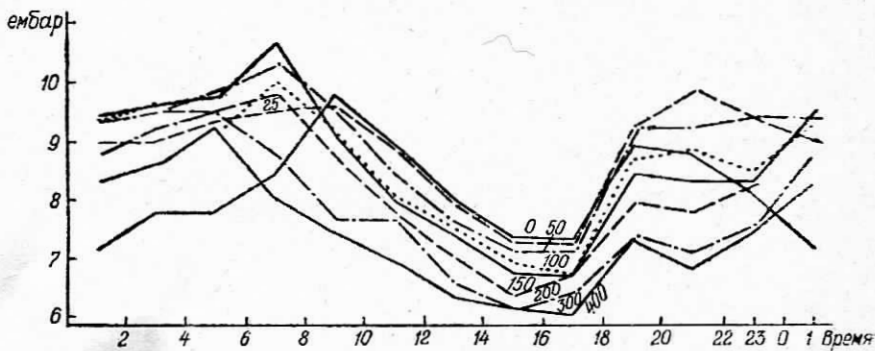


Рис. 2. График суточного хода влажности в слое 0...500 м в районе пос. Махталы.

рования в районе пос. Махталы (близ Ташкента), произведенного в сентябре 1959 г. [1]. Однако отметим, что здесь ночная инверсия имеет меньшую по сравнению со степным районом Украины высоту (до 50 м), а моменты становления и разрушения инверсий сдвинуты. Характер суточного хода остается прежним. Ночной минимум выражен слабее, чем дневной.

Мы рассмотрели результаты зондирования атмосферы, выполненного в относительно короткие сроки (5—10 суток). Рассмотрим теперь суточный ход упругости водяного пара e , вычисленного по результатам многократного зондирования атмосферы, произведенного в 1958—1960 гг. в районе пос. Воейково (близ Ленинграда) [5]. Результаты зондирований атмосферы в теплый период года (с апреля по сентябрь) представлены на рис. 3.

Из рис. 3 видно, что суточный ход упругости водяного пара также имеет вид двойной волны. Максимумы наблюдаются в 7 и 10 ч утра, минимумы — в 16 и 17 ч. В ночной период в слое до 50 м наблюдается инверсия упругости водяного пара. Около 6 ч утра и в 20 ч вечера значение упругости водяного пара e в слое до 50 м остается постоянным, т. е. вертикальный градиент влажности здесь равен нулю.

Для суждений о суточном ходе e зимой проанализируем данные табл. 2, в которой приведены результаты вычислений e по данным зондирований в районе пос. Воейково в холодное время года (октябрь—март) за 1958—1960 гг. [5].

В холодный период значения e на всех высотах в три раза меньше, чем в теплый период. Двойная волна суточного хода выражена слабо. Максимумы у земной поверхности в 9 ч утра и в 21 ч. Минимумы четко не выражены. Амплитуда дневного хода невелика. В зимний период атмосфера с точки зрения постоянства упругости водяного пара весь световой день пригодна для радиогеодезических измерений.

Следовательно, становление и разрушение инверсий влажности происходит в периоды утренних и вечерних наблюдений.

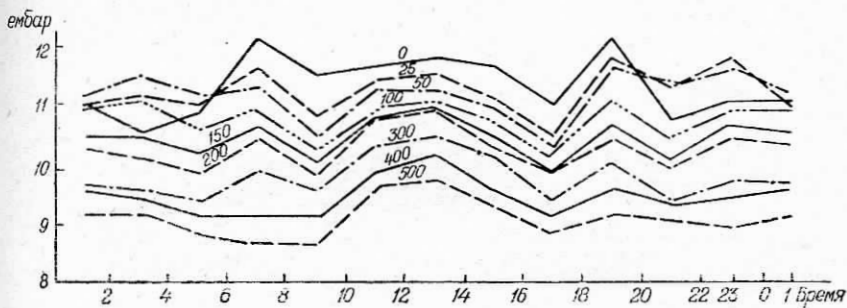


Рис. 3. График суточного хода влажности в слое 0...500 м в районе пос. Воейково (апрель—сентябрь).

Из метеорологии известно, что и вертикальный градиент температуры в эти периоды проходит через нуль.

Таким образом, в одну и ту же видимость измерения длин линий производятся при различной стратификации атмосферы. Нами [3] на 94 линиях радиополигонометрии 2-го кл. (752 приема измерения длин линий) показано, что в значениях длин линий, измеренных в различных приемах в утреннюю и вечернюю видимости, нет существенного различия. Получаемая из различных видимостей относительная ошибка в длине линии для полигонометрии 2-го кл. вполне допустима.

Точность радиодальномерных измерений зависит от надежности определения рабочей скорости распространения радиоволн, которая определяется состоянием атмосферы в момент измерений таких ее параметров, как температура и, особенно, влажность воздуха. В периоды утренних и вечерних наблюдений их вертикальные градиенты в приземном слое холмистой и равнинной местностей проходят через нулевые значения. Показатель преломления воздуха, вычисленный по метеонаблюдениям, выполненным в эти моменты в конечных точках линий, наиболее близок к среднеинтегральному значению, а измеренные длины — к истинным.

Линейные измерения целесообразно приурочивать к моментам становления и разрушения инверсий, когда в приземном слое наблюдается состояние, близкое к изотермии, а вертикальные градиенты влажности близки или равны нулю.

Список литературы: 1. *Воронцов П. А.* Микроаэрологические исследования приграничного слоя атмосферы. — М.: Гидрометеониздат, 1960. 2. *Воронцов П. А.* Строение нижнего слоя атмосферы (0—0,5 км) в период Днепровской экспедиции. — Тр. ГГО, 1963, вып. 144/40. 3. *Кравцов Н. И.* Об измерении длин линий радиодальномерами в две видимости. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1971, вып. 14. 4. *Островский А. Л.* Исследования влияния атмосферы на точность радиодальномерных измерений на всхолмленной местности. — Геодезия, картография и аэрофотосъемка, 1969, вып. 10. 5. *Селицкая В. И.* Суточный и годовой ход метеорологических элементов в нижнем слое воздуха 0,5 км над поселком Воейково. — Тр. ГГО, 1962, вып. 135.

Работа поступила в редколлегию 17 декабря 1979 года.