

Н. И. КРАВЦОВ

ОБ ИЗМЕНЕНИИ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ПРИ РАДИОГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЯХ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

Вопросом влияния метеофакторов на точность определения показателя преломления занимались многие авторы [2, 4], однако вопрос о характере изменения показателя преломления в зимних условиях изучен мало [3]. С целью исследования изменений показателя преломления в зимних условиях нами были обработаны результаты метеоизмерений, произведенных на пунктах *C*, *P* и *B*, составляющих треугольник. Район, в котором производились наблюдения, расположен на возвышенности (в среднем 200—250 м над уровнем моря). Наблюдения велись в период со 2 по 5 и с 21 по 28 февраля 1966 г. Наблюдения основных метеофакторов производились на высоте порядка 1,5—2 м от поверхности земли через каждый час в светлое время суток. Измерение температуры, кроме того, производилось на высоте 5—10 м. Всего было сделано 250 измерений метеорологических элементов на всех трех пунктах.

В период с 2 по 5 февраля удерживались отрицательные температуры, в период с 21 по 28 февраля установились положительные температуры. Колебания температуры за оба периода составили от -10 до $+16^\circ\text{C}$. Имелся снежный покров. Характер прохождения луча над подстилающей поверхностью по всем трем направлениям был однообразным: у пунктов луч проходил над незалесенными склонами холмов, а примерно по середине линии — над лесом (рис. 1.) Высота прохождения луча над поверхностью была различной. Так, для направления *P—B* она была минимальной, для направлений *C—B* и *C—P* — значительно выше. Для характеристики средней высоты прохождения визирного луча над подстилающей поверхностью нами были вычислены эквивалентные высоты по формуле

$$\frac{1}{h_3} = \frac{2}{S^2} \int_0^S \frac{1}{h} dl, \quad (1)$$

где h_3 — эквивалентная высота; l — расстояние от визирной цели до текущей точки; h — высота в метрах; S — длина линии визирования.

Вычисленные по формуле (1) эквивалентные высоты оказались равными соответственно: для направления *P—B* — 9 м, *C—P* — 30 м, *C—B* — 32,7 м.

Обработка материалов заключалась в вычислении показателя преломления в N -единицах по известной формуле:

$$N = (n - 1) \cdot 10^{-6} = \frac{103,49}{T} (p - e) + \frac{86,26}{T} \left(1 + \frac{5748}{T} \right) e, \quad (2)$$

где T — температура среды в градусах Кельвина ($T = 273,16 + t^\circ \text{C}$), p — давление атмосферы в мм рт. ст.; e — парциальное давление водяных паров.

Для определения влияния каждого из метеофакторов на показатель преломления из формулы (2) найдем частные производные $\frac{\partial N}{\partial p}$, $\frac{\partial N}{\partial T}$ и $\frac{\partial N}{\partial e}$, считая величины p , T и e независимыми. Получим

$$\frac{\partial N}{\partial T} = -\frac{103,49}{T^2}(p-e) - \frac{86,26}{T^2}e - 2\frac{86,26 \cdot 5748}{T^3}e;$$

$$\frac{\partial N}{\partial p} = \frac{103,49}{T}; \quad (3)$$

$$\frac{\partial N}{\partial e} = -\frac{103,49}{T} + \frac{86,26}{T} \left(1 + \frac{5748}{T}\right).$$

Для нормальных условий при $T=288,16^\circ \text{K}$, $p=760$ мм рт. ст., $e=12,8$ мм рт. ст. значения частных производных будут равны: $\frac{\partial N}{\partial T} = -1,47$; $\frac{\partial N}{\partial p} = +0,36$; $\frac{\partial N}{\partial e} = +5,91$.

На XII Генеральной Ассамблее МГГС указывалось, что величины p , e , t по показаниям анероида и аспирационного психрометра Ассмана определяются со средними квадратическими ошибками $m_t = \pm 0,5^\circ \text{C}$; $m_e = \pm 0,6$ мм рт. ст.; $m_p = \pm 1,0$ мм рт. ст. Зная значения частных производных, а также средние квадратические ошибки определения температуры, давления и влажности, мы можем найти среднюю квадратическую ошибку определения показателя преломления в N -единицах по следующей формуле

$$m_N^2 = \frac{\partial N}{\partial T} m_t^2 + \frac{\partial N}{\partial p} m_p^2 + \frac{\partial N}{\partial e} m_e^2. \quad (4)$$

Значение m_N из формулы (4) получаем равным $\pm 3,6 N$ -единиц, причем на долю каждого фактора в отдельности приходится $t - \pm 0,7 N$ -единиц; $p - \pm 0,3 N$ -единиц; $e - \pm 3,5 N$ -единиц. Отсюда видно, что наибольшее влияние на точность определения показателя преломления оказывает влажность воздуха в период наблюдений, наименьшее — давление.

По результатам одновременных метеоизмерений на концах линий $C-P$, $C-B$ и $P-B$ были определены значения показателя преломления N по формуле (2). Эти значения N были вычислены на каждый час наблюдений и по ним были построены графики для дневного периода (рис. 2) для каждого направления в отдельности и один общий график изменения N для всего района (рис. 2).

Из графика, общего для района работ, видно, что показатель преломления в зимний период утром (до 11—12 часов) несколько увеличивается, затем остается почти неизменным в промежутке от 12 до 15 часов, а с 15 часов до наступления темноты уменьшается. Однако общее изменение величины показателя преломления невелико и составляет $+4-5 N$ -единиц.

Поскольку показатель преломления в период с 12 до 15 часов практически постоянен, мы можем предположить, что стратификация основных метеофакторов в этот период в приземном слое воздуха будет

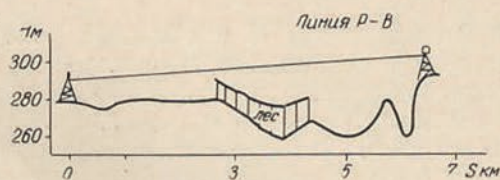
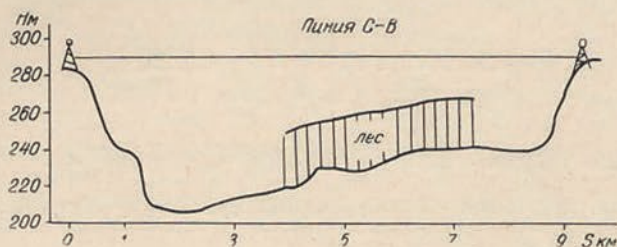
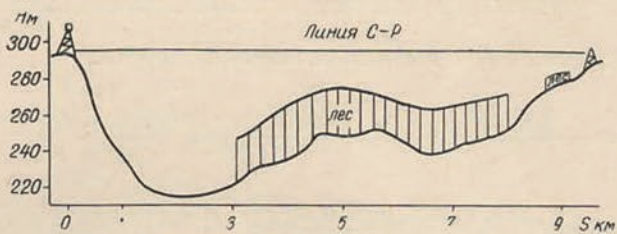


Рис. 1. Профили по направлениям С-Р, С-В, Р-В.

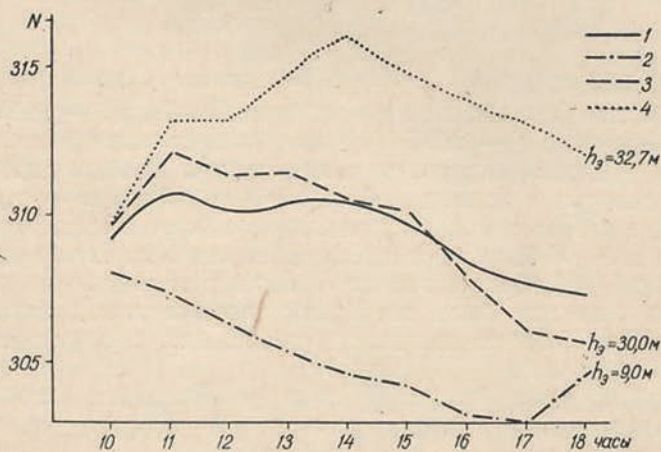


Рис. 2. Дневной ход N по всем направлениям.
 1 — средние для района; 2 — направление В-Р; 3 — направление С-Р; 4 — направление С-В.

стабильной, а значит, в это время предпочтительнее производить радиодальномерные определения.

Исследуя графики изменения N в дневной период по каждому направлению в отдельности, нетрудно заметить, что величина N возрастает с увеличением высоты прохождения радиоволн над подстилающей поверхностью. Так, по направлению $P-B$ он в каждый час наблюдений меньше, чем по направлениям $C-P$ и $C-B$, где высота прохождения луча выше.

Этот факт можно объяснить тем, что в приземном слое атмосферы в зимний период наблюдается инверсия удельной влажности (то есть ее возрастание с высотой) [1], а следовательно, и показатель преломления, вычисленный по формуле (2), с увеличением высоты будет возрастать.

С целью установления характера изменения показателя преломления в зависимости от условий погоды, все вычисленные значения N были разбиты на две группы (пасмурно, ясно), и по ним для каждого направления отдельно были составлены графики (рис. 3).

Как показывают графики, величина показателя преломления и амплитуда его изменений в течение светлого времени суток при ясной погоде больше, чем при пасмурной. Из графиков также видно, что разница в значениях показателя преломления в ясную и пасмурную погоду в дневные и вечерние часы (примерно, с 12—13 часов) меньше, чем в утренние. Особенно велика амплитуда колебаний значений N при ясной погоде в случае низкого прохождения луча над подстилающей поверхностью. Таким образом, и в зимних условиях радиогеодезические измерения предпочтительнее производить в пасмурную погоду, а в ясную погоду не следует производить измерения в утренние часы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Матвеев А. Т. Основы общей метеорологии. Физика атмосферы. Гидрометеорологическое издательство, Л., 1965.
2. Можухин О. А. Влияние стратификации показателя преломления на точность радиогеодезических измерений. Межвед. респ. науч.-техн. сб. «Геодезия, картография и аэрофотосъемка», вып. 1, Изд-во Львовского ун-та, 1964.
3. Можухин О. А. Об ошибках определения показателя преломления в условиях отрицательных температур, «Инженерная геодезия», вып. II, «Будівельник», Киев, 1966.
4. Ратынский М. В. К вопросу об определении показателя преломления воздуха при измерении расстояний электрооптическими дальномерами и радиодальномерами. «Геодезия и аэрофотосъемка», вып. II, МИИГАиК, М., 1962.

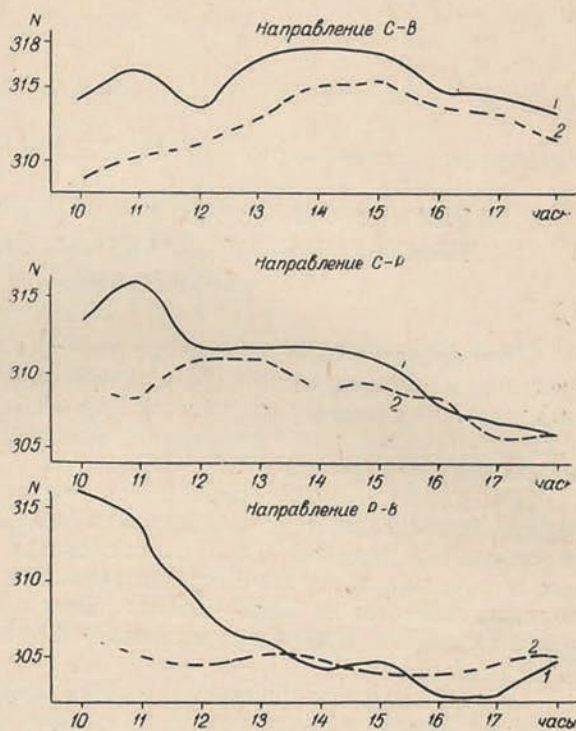


Рис. 3. Дневной ход N в ясную и пасмурную погоду.
1 — ясно; 2 — пасмурно.