

Н. И. КРАВЦОВ

СУТОЧНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ ВОЗДУХА И ДЛИН ЛИНИЙ В ХОЛМИСТОЙ МЕСТНОСТИ

Измеренная радиодальномером длина линии вычисляется по формуле

$$D = \frac{v\tau}{2}, \quad (1)$$

где v — скорость распространения радиоволн в реальной среде; τ — время прохождения радиоволной измеряемого расстояния в прямом и обратном направлениях, фиксируемое по радиодальномеру.

В свою очередь

$$v = \frac{c}{n}, \quad (2)$$

где c — скорость распространения электромагнитных волн в вакууме, равная $299\,792,5 \pm 0,4$ км/сек; n — показатель преломления воздуха на пути распространения радиоволн.

Для определения расстояний по формулам (1) и (2) необходимо знать среднеинтегральное значение показателя преломления n на пути распространения радиоволн

$$n = \frac{1}{D} \int_0^D n(x) dx, \quad (3)$$

где x — текущее значение измеряемой линии.

На практике определение среднеинтегрального значения показателя преломления — задача, весьма трудно разрешимая, поэтому его вычисляют по метеозлементам, измеренным в конечных точках линии в соответствии с эмпирической формулой Фрума и Эссена в N -единицах:

$$N = (n-1) \cdot 10^6 = \frac{103,49}{T} (p-e) + \frac{86,26}{T} \left(1 + \frac{5748}{T}\right) e, \quad (4)$$

где T — температура воздуха в градусах Кельвина ($T = 273,2 \pm t^\circ \text{C}$), p — атмосферное давление, мм рт. ст., e — упругость водяного пара, мм рт. ст.

Так как метеозлементы T , p и e изменяются с течением времени, а точный учет их влияния на величину показателя преломления пока не возможен, будут изменяться и вычисленные значения длин линий.

Обработка наблюдений состояла в определении показателя преломления в N -единицах по формуле (4), в вычислении измеренного расстояния с использованием формул (1) и (2) на каждый час наблюдений и коэффициента рефракции, найденного по одновременным измерениям зенитных расстояний:

$$k = 1 - \frac{R}{D\rho''} (z_{12} + z_{21} - 180^\circ) - \frac{R}{D^2} [(v_1 + v_2) - (i_1 + i_2)], \quad (5)$$

где z_{12} , z_{21} — прямые и обратные зенитные расстояния с пункта I на пункт II из одновременных определений, R — радиус кривизны Земли в точке наблюдений, i_1 , i_2 — высоты инструментов в точках I и II соответственно, v_1 , v_2 — высоты визирных целей в этих же точках.

По результатам вычислений были построены графики суточных изменений показателя преломления, длины линии и коэффициента рефракции отдельно для ясной и пасмурной погоды (см. рисунок).

Из графика суточного изменения величины $\Delta D = D_{\text{изм}} - D_{\text{эт}}$ видно, что значения длины линий $D_{\text{изм}}$ наиболее близки к эталонному $D_{\text{эт}}$ (измеренному проволоками) в утренние и вечерние часы. Причем, если в вечерние часы эти периоды в ясную и пасмурную погоду совпадают, то в утреннюю видимость они различаются на 1,5 часа. Из графика суточного изменения коэффициента рефракции для моментов, когда длины линий максимально близки к эталонной, имеем значения k от 0,150 до 0,160. Такие значения [2] в данном районе коэффициент рефракции имеет в период спокойных изображений.

Отсюда можно сделать основной вывод:

В периоды спокойных изображений и в утренние, и вечерние часы значения длин линий, измеренных радиодальномером, близки к эталонным. Именно эти периоды и следует рекомендовать как наиболее благоприятные для радиодальномерных измерений.

Как известно, в холмистой местности летом в утренние часы период спокойных изображений по времени более короткий, чем в вечерние. Поэтому, если в вечернюю видимость практически наблюдать можно 2 часа, то утром этот период следует сократить до 1—1,5 часов. И в том, и в другом случаях наблюдения должны располагаться симметрично моментам становления и разрушения инверсий. Этот вывод совпадает с выводом А. Л. Островского, сделанным им для холмистой местности [3].

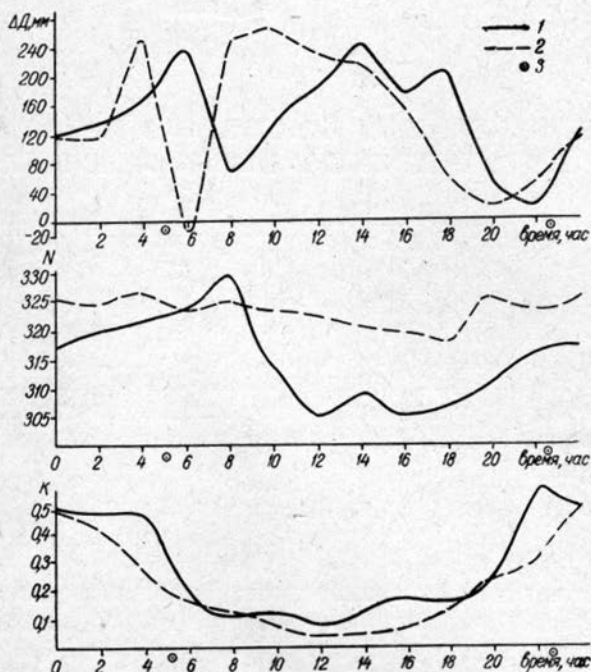
Наши исследования проведены на холмистой местности, однако полученные нами результаты хорошо согласуются с исследованиями других авторов, произведенными для других районов. Так, М. Г. Герасименко [1], исследуя влияние метеорологических факторов на точность радиогеодезических измерений для заболоченной тайги, приходит к выводу, что «наиболее благоприятное время для проведения радиодальномерных измерений — это четырехчасовой период, симметричный относительно захода Солнца». Правда, из графиков (см. рис. 1 упомянутой статьи М. Г. Герасименко) видно, что вечером можно использовать четырехчасовой период, симметричный не относительно захода Солнца, а относительно момента изотермии, $\Delta t = 0$ (вертикальный температурный градиент) на графике в 17 часов, за 2 часа до захода Солнца, а $D_{\text{изм}}$ близко к эталонному в период с 15 до 19 часов.

Кроме того, из этих же графиков видно, что в момент утренней изотермии ($\Delta t = 0$ на графике в 8 часов утра, то есть через час после восхода Солнца) $D_{\text{изм}}$ также близко к эталонному, но уже более короткий период, порядка 1 часа, симметрично моменту изотермии.

Анализируя данные графиков (см. рисунок), можно сделать также следующие выводы.

Для изучения характера изменений показателя преломления и длин линий и с целью выбора наиболее благоприятного времени для производства радиодальномерных измерений в летний период во всхолмленной местности были проведены специальные экспериментальные исследования.

Полевые работы производились в июле—августе 1968 года и заключались в измерении линии I—II радиодальномером. Район работ представлял собой частично залесенную холмистую местность Волыно-Подольской возвышенности.



Суточный ход величин ΔD , N , K :

1 — ясная погода, 2 — пасмурная погода, 3 — время восхода и захода Солнца.

Линия I—II была расположена во всхолмленной местности с довольно сложным рельефом. Наблюдения выполнялись со штатива. Колебания высот вдоль профиля достигали 60 м, средняя высота луча над подстилающей поверхностью — 35 м. Линия I—II была ранее измерена проволоками [4] с относительной ошибкой 1:800 000, а длина ее из измерений проволоками составила 10 115,241 м. Профиль по линии I—II опубликован А. Л. Островским и С. И. Плахотным [4].

Измерение длины линии производилось в период с 31 июля по 4 августа 1968 г. круглосуточно через 2 часа (каждый четный час) двумя приемами на десяти несущих частотах. Одновременно с измерением длины линии фиксировалось состояние погоды и измерялись метеофакторы: температура сухого и влажного термометров по психрометру Ассмана и давление по анероиду. Кроме того, примерно на высоте ведущей и ведомой станций были установлены теодолиты ОТ-02, которыми в момент радиодальномерных измерений определялись зенитные расстояния. Всего было сделано около 100 измерений длины линий. В период измерений 31. VII и 1. VIII стояла ясная безветренная погода, а 2—4. VIII — пасмурная, с низкой облачностью, 2. VIII шел моросящий дождь. Температура колебалась от 15° ночью до 25° С днем.

1. Кривая дневного хода показателя преломления имеет асимметричную форму с преувеличенными утренними показателями преломления.

2. Показатель преломления имеет максимальные значения через 1,5—2 часа после восхода Солнца и минимальные значения за 1,5—2 часа до захода Солнца.

3. В ясную погоду показатель преломления испытывает более частые колебания, чем в пасмурную.

4. Кривая суточного хода величин ΔD представляет собой волнистую линию с двумя минимумами и двумя максимумами.

5. В пасмурную погоду точность измерения расстояний изменяется незначительно. Амплитуда колебаний расстояний в ясную и пасмурную погоду примерно одинакова, однако изменения величин ΔD в пасмурную погоду днем носят более плавный характер.

ЛИТЕРАТУРА

1. Герасименко М. Г. Влияние метеорологических условий на точность радиодальномерных измерений в заболоченной тайге. «Геодезия и картография», 1969, № 7.
2. Джуман Б. М. О точности измерения зенитных расстояний в периоды спокойных изображений при ветре. В сб. «Геодезия, картография и аэрофотосъемка», вып. 4, Изд-во Львов. ун-та, Львов, 1966.
3. Островский А. Л. Исследование влияния атмосферы на точность радиодальномерных измерений на всхолмленной местности. В сб. «Геодезия, картография и аэрофотосъемка», вып. 10, Изд-во Львов. ун-та, Львов, 1969.
4. Островский А. Л., Плахотный С. И. Исследования влияния атмосферы на результаты светодальномерных измерений во всхолмленном районе. В сб. «Геодезия, картография и аэрофотосъемка», вып. 7, Изд-во Львов. ун-та, Львов, 1968.

Работа поступила
28 апреля 1970 года