

А. Е. ФЕДОРИЩЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ СИНХРОННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ МЕТЕОЭЛЕМЕНТОВ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ ВОЗДУХА

При исследовании и учете рефракции в геодезических измерениях научный интерес и практическую ценность имеют вопросы определения значения и характера изменения показателя преломления, основанные на реальных измерениях метеопараметров в атмосфере [3].

Цель настоящей статьи — исследование особенностей и значений градиентов показателя преломления, полученные из метеорологических измерений в приземном слое воздуха.

Для решения этой задачи мы использовали результаты синхронных круглосуточных определений метеоэлементов при измерении зенитных расстояний на двух пунктах [2]. Пункты

B и *P* удалены друг от друга на расстояние 10115,34 м. Метеоэлементы измеряли в четные часы суток на высотах 1,5 и 4,2 м от поверхности земли.

Всего выполнено две серии двойных приемов круглосуточных измерений метеоэлементов в период 20—21 и 25—26 августа 1968 г.

Условимся в дальнейшем серии измерений обозначать римскими цифрами I и II.

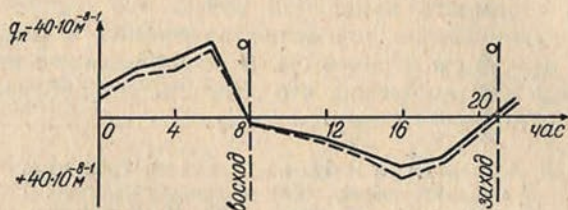


Рис. 1. Суточный ход g_n по данным синхронных определений метеоэлементов.

По формуле (1) вычислены показатели преломления, выраженные в *N*-единицах:

$$N = 104,85 \frac{P}{T} \left(1 - 0,132 \frac{e}{P} \right), \quad (1)$$

где *P*, *T* — атмосферное давление, мм рт. ст.; температура, К; *e* = 10 мм рт. ст. — средняя для летнего периода влажность воздуха. Такое упрощение для ЭМВ оптического диапазона не имеет существенного значения.

Индексы показателей преломления для I и II серий измерений приведены в таблице.

Значения вертикальных градиентов показателя преломления g_n вычислены по формуле

$$g_n = \frac{N_v - N_n}{h_v - h_n}, \quad (2)$$

где h_v , h_n — высоты определения метеоэлементов.

Величины g_n приведены в 12—13 графах таблицы. Анализ данных таблицы показал: величины g_n в одноименных сериях на пунктах *B* и *P* имеют близкую сходимость по значению и по знаку, что свидетельствует о хорошей синхронности и высокой точности измерений метеопараметров, а следовательно — о достоверном распределении g_n в приземном слое воздуха.

Для наглядности распределения g_n по усредненным данным I и II серий измерений построен график его суточного хода (рис. 1).

Из рис. 1 видим, что несмотря на ранее проведенные исследования других метеорологических измерений в другом регионе [5], получены следующие результаты:

Индексы вертикальных и горизонтальных градиентов показателей преломления

Время наме- рений, г	Пункт В'				Пункт Р				г _n · 10 ⁻¹² м ⁻¹				q _n · 10 ⁻¹² м ⁻¹			
	I		II		I		II		I		II		I		II	
	N _n	N _n	N _n	N _n	N _n	N _n	N _n	N _n	N _n	N _n	N _n	N _n	I	II	q _{пер}	q _{пер}
0	265,20	264,82	269,73	269,32	264,99	264,66	269,49	269,02	269,02	269,02	269,02	269,02	-0,16	-0,17	-0,22	-0,23
2	267,24	266,35	270,65	270,05	266,95	266,24	270,55	269,88	269,88	269,88	269,88	269,88	-0,26	-0,27	-0,20	-0,14
4	267,71	267,05	272,23	271,39	267,83	266,87	272,17	271,40	271,40	271,40	271,40	271,40	-0,24	-0,36	-0,03	-0,08
6	268,67	267,70	273,34	272,19	269,52	267,49	273,07	271,89	271,89	271,89	271,89	271,89	-0,36	-0,38	-0,20	-0,25
8	268,39	265,41	270,95	270,87	265,16	265,11	270,72	270,70	270,70	270,70	270,70	270,70	+0,01	-0,08	-0,23	-0,23
10	261,67	261,83	268,17	268,34	261,58	261,73	267,94	268,11	268,11	268,11	268,11	268,11	+0,06	+0,06	-0,19	-0,16
12	257,12	257,46	265,46	265,76	257,45	257,77	265,28	265,59	265,59	265,59	265,59	265,59	+0,12	+0,12	+0,07	+0,07
14	255,02	255,51	264,79	265,23	255,49	256,02	264,72	265,20	265,20	265,20	265,20	265,20	+0,18	+0,19	+0,27	+0,27
16	253,81	254,41	263,82	264,89	254,04	254,69	263,62	264,28	264,28	264,28	264,28	264,28	+0,22	+0,24	+0,01	-0,16
18	253,86	254,49	263,13	263,78	254,22	254,61	263,12	263,66	263,66	263,66	263,66	263,66	+0,23	+0,21	+0,18	0
20	257,84	257,80	264,81	264,61	257,68	257,63	264,68	264,47	264,47	264,47	264,47	264,47	-0,01	-0,02	-0,14	-0,15
22	263,15	262,80	268,97	268,80	262,85	262,60	268,79	268,34	268,34	268,34	268,34	268,34	-0,13	-0,09	-0,24	-0,33

g_n принимает отрицательные значения в ночной период примерно с 20 ч до восхода Солнца;

около 8 ч утра g_n меняет знак и принимает положительные значения, достигая максимума $g_n = +30 \cdot 10^{-8} \text{ м}^{-1}$ около 16 ч.

Помимо распределения g_n в вертикальной плоскости нас интересовал характер изменения горизонтального градиента показателя преломления q_n и его значение.

Значения q_n определены согласно формуле

$$q_n = \frac{N_P - N_B}{S} \quad (3)$$

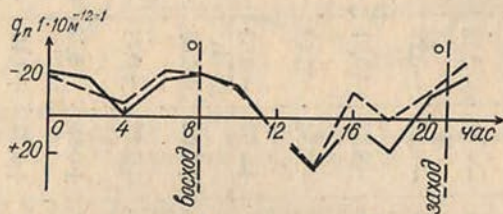


Рис. 2. График суточного хода q_n .

на двух высотах для каждой серии измерений, где N_P , N_B — индексы показателей преломления фиксированных высот пунктов P и B ; S — расстояние между пунктами.

Для лучшей интерпретации и наглядности распределения q_n на рис. 2 представлен график его суточного хода. На графике сплошной линией показано изменение q_n на нижних уровнях по средним значениям I и II серий измерений, пунктиром то же на верхних уровнях.

При вычислении по формуле (3) за прямое направление градиента q_n принято направление $B-P$, что обуславливает формирование знаков в разностях $N_P - N_B$.

Анализируя q_n таблицы и рис. 2, приходим к выводу:

по абсолютной величине q_n на четыре порядка меньше значений g_n ;

по характеру изменений суточный ход q_n в общих чертах напоминает график суточного хода g_n (см. рис. 1), однако при подробном его анализе наблюдаются существенные различия (точки перехода q_n через нуль не совпадают по времени с точками g_n , пики максимумов и минимумов q_n также отличаются от g_n);

колебания q_n относительно нуля лежат в интервале $-33 \times 10^{-12} \text{ м}^{-1} \leq q_n \leq +27 \cdot 10^{-12} \text{ м}^{-1}$;

значение q_n позволит установить степень ее влияния при вычислении поправки за горизонтальную рефракцию;

исследование q_n расширяет круг знаний о физическом содержании показателя преломления при изучении рефракционных полей, затрудняющих геодезические измерения.

Попытаемся установить степень влияния q_n и ее значимость для учета поправки за рефракцию по формуле [4].

Как показали расчеты, поправка за рефракцию, вызываемая влиянием вертикального градиента показателя преломления для трассы протяженностью $S=30$ км при максимальном значении $g_n=-40^{-8} \cdot 10^{-1}$ м, составила $\delta=120''$, на долю горизонтального градиента показателя преломления $q_n=-30 \times 10^{-12} \text{ м}^{-1}$ приходится $\Delta\delta=0,01''$.

Таким образом, доля рефракционного влияния, вносимая q_n в результаты геодезических измерений, составляет 1/100 часть ошибки за рефракцию, вызываемую вертикальным градиентом g_n .

Результаты выполненных исследований позволяют заключить, что в приземном слое воздуха при учете рефракции ЭМВ светового диапазона даже при точных геодезических измерениях влиянием q_n с полным основанием можно пренебречь.

1. Казанский К. В. Земная рефракция над обширными водными пространствами. Л., 1966. 2. Плахотный С. И. К точности определения показателя преломления световых волн в пересеченной местности // Геодезия и картография. 1971. № 8. С. 9—15. 3. Федорищев А. Е., Ващенко В. И. Номограмма для определения индекса показателя преломления ЭМВ оптического диапазона. М., 1981. Рукопись деп. в ВИНТИ № 1141-81 Деп. 4. Федорищев А. Е., Романюк С. М. О вычислении поправки за вертикальную рефракцию посредством показателя преломления и уравнения аппроксимирующей кривой // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. 1985. Вып. 42. С. 86—90. 5. Федорищев А. Е. Исследование суточного хода вертикального градиента показателя преломления воздуха // Геодезия, картография и аэрофотосъемка. 1986. Вып. 43. С. 104—106.