

УДК 551.571.7

Г. А. АЛЕКСАНДРЯН

О МЕТОДИКЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАГОСОДЕРЖАНИЯ АТМОСФЕРЫ В ГОРНЫХ УСЛОВИЯХ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЕГО РЕЖИМА

В статье излагаются результаты разработки нового метода расчета влагосодержания атмосферы, применительно для горных условий и дается характеристика его режима для конкретных условий Армении.

Определение влагосодержания атмосферы имеет исключительно важное значение при исследовании влагооборота на любой ограниченной территории суши, особенно в горных условиях. От того, на сколько точно определено суммарное влагосодержание в единичном столбе атмосферы, зависит точность определения количества проносимой влаги, а значит и точность характеристики влагооборота.

Для расчета суммарного влагосодержания в единичном столбе воздуха О. А. Дроздов [2] предлагает несколько интерполяционных формул, полученных из метода трапеций с учетом относительной значимости отдельных слоев атмосферы, начиная с земли до 500 мб поверхности. Содержание влаги выше этого уровня обычно не учитывается, т. к. почти 90% всего водяного пара атмосферы сосредоточено в нижнем пятикилометровом слое.

Предложенные О. А. Дроздовым формулы выведены для равнинных условий, т. е. для условий, когда давление у земной поверхности, в основном, колеблется около 1000 мб. С другой стороны, они выведены с таким расчетом, чтобы получить суммарное влагосодержание, используя данные о влажности только на основных изобарических поверхностях. Естественно, что поставленные условия решения задачи вынудили автора применить метод трапеций для разных высот изобарических поверхностей с допущением изменения удельной влажности с высотой по линейному закону.

Такой подход к решению задачи, как признает и сам автор, является приближенным, т. к. вносит определенные погрешности как при выявлении относительной значимости каждого из выделенных слоев, так и при определении среднего значения удельной влажности каждого слоя.

Учитывая то обстоятельство, что для Еревана земная поверхность находится на уровне 900 мб и то, что материалы аэрологических наблюдений в Ереване дают возможность исследуемый слой атмосферы разбить на более мелкие и одинаковые по высоте интервалы, к определе-

нию влагосодержания атмосферы над Ереваном мы подошли несколькими способами.

Разбив всю толщу атмосферы над Ереваном на равные по высоте слои (через 100 мб) и считая (с 3%-ой ошибкой) вес всего столба атмосферы основанием 1 кв. см равным 1 кг [1] для суммарного влагосодержания единичного столба воздуха до высоты 500 мб поверхности с учетом относительной значимости каждого слоя, можем записать:

$$A = 0,1 \left(\frac{q_{800} + q_{600}}{2} + \frac{q_{600} + q_{400}}{2} + \frac{q_{400} + q_{200}}{2} + \frac{q_{200} + q_{000}}{2} \right), \quad (1)$$

где 0,1—коэффициент, указывающий удельный вес каждого слоя во всей атмосфере, q с соответствующим индексом—удельная влажность в г/кг на каждой из изобарических поверхностей. Содержание влаги выше 500 мб поверхности мы также не учитывали, т. к. по данным материалов аэрологических наблюдений Ереванской станции радиозондирования влагосодержание атмосферы на уровне 500 мб поверхности примерно на 4—6 порядков, в зависимости от сезонов года, меньше по сравнению с 900 мб поверхностью, которая для условий Еревана почти совпадает с земной поверхностью.

Применение метода трапеций при условии разделения атмосферы на равные по высоте слои через 100 мб можно считать вполне возможным исходя из того, что изменение удельной влажности с высотой над Ереваном, как это показано на рис. 1, происходит почти по линейному закону.

Учитывая, что в использованном нами материале наблюдений отсутствовали данные для высоты 600 мб поверхности, мы, как обычно это принято, заменили их средними значениями двух соседних изобарических поверхностей. Подставляя значение $q_{600} = \frac{q_{400} + q_{800}}{2}$ в уравнение (1) и производя простые математические преобразования для суммарного влагосодержания единичного столба атмосферы до высоты 500 мб поверхности над Ереваном, в окончательном виде можем записать следующее выражение:

$$A = 0,05 q_{800} + 0,1 q_{600} + 0,15 q_{400} + 0,1 q_{200}. \quad (2)$$

Эта формула и положена в основу расчета суммарного влагосодержания атмосферы над Ереваном.

В целях доказательства правомерности использования этой формулы мы сравнили ее с формулой, предложенной А. И. Бурцевым [1], которая, как увидим ниже, получена несколько иным, но по существу почти подобным способом.

В основу определения суммарного влагосодержания в единичном столбе атмосферы основанием 1 кв. м. А. И. Бурцев положил известную формулу

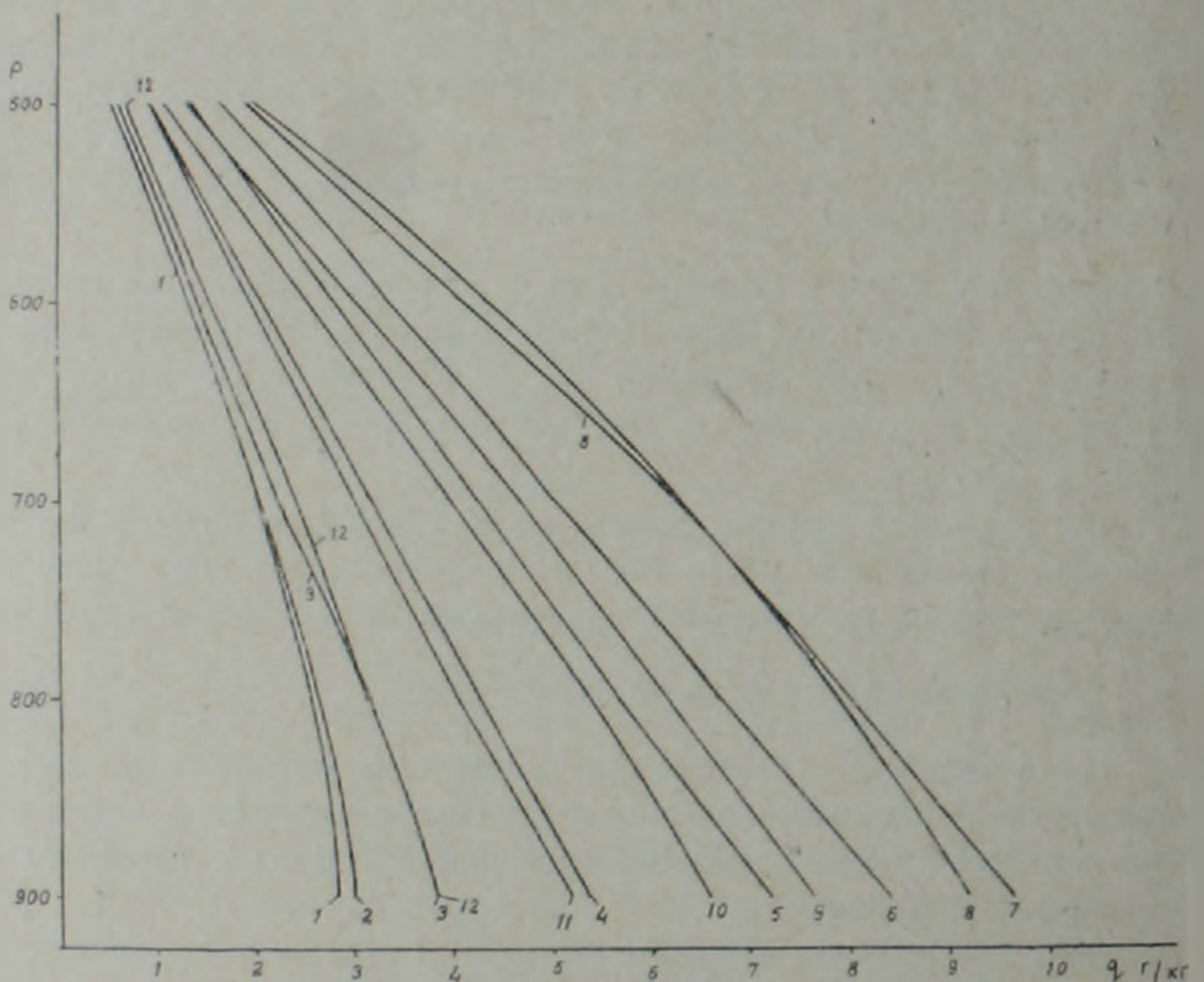
$$A = \int_0^H a(z) dz, \quad (3)$$

в которой H —высота верхней границы исследуемого слоя атмосферы в метрах, $a(z)$ —абсолютная влажность.

Заменяв переменную z на $\int_{p_0}^p \frac{1}{\rho g} dp$, уравнение (3) можно за-

писать в следующем виде:

$$A = 0,01 \int_p^{p_0} q(p) dp. \quad (4)$$



Здесь выражение $0,01 q(p) dp$ показывает количество влаги в объеме воздуха высотой dp , а P_0 и P —давление на земной поверхности и на верхней границе исследуемого слоя.

Интегрируя это выражение в пределах от P_0 до P получим суммарное влагосодержание в столбе воздуха основанием 1 кв. м до высоты P , выраженное в килограммах.

Для конкретных условий Еревана уравнение (4) может быть записано в следующем виде:

$$A = 0,01 \int_{P_0}^{P_1} q(p) dp. \quad (5)$$

Интегрируя по способу трапеций и приняв $\Delta P = 100$ мб (эту возможность, как было показано выше, дают материалы аэрологических наблюдений) для суммарного влагосодержания (в кг) единичного столба воздуха основанием 1 кв.м над Ереваном получим следующее выражение:

$$A = 0,01 \left[(P_0 - 900) \left(\frac{q_0 + q_{900}}{2} \right) \right] + \frac{q_{900}}{2} + q_{800} + q_{700} + q_{600} + \frac{q_{500}}{2}. \quad (6)$$

Естественно, что это выражение может быть действительным только при условии

$$1000 > P_0 > 900 \text{ мб.}$$

Учитывая, что нижний уровень производства аэрологических наблюдений в Ереване (т. е. земная поверхность) практически можно принять равным 900 мб ($P_0 \approx 900$ мб), то первослагаемое выражения (6) можно с достаточной для практических целей расчетов точностью принять равным нулю. Тогда выражение для определения суммарного влагосодержания (в кг) в столбе воздуха основанием 1 кв. м для специфических условий Еревана может быть записано в следующем виде:

$$A = \frac{q_{900}}{2} + q_{800} + q_{700} + q_{600} + \frac{q_{500}}{2}. \quad (7)$$

Если основание исследуемого столба воздуха выразить, как в предложенном нами способе, в см², а суммарное влагосодержание—в граммах, то легко убедиться, что для этого достаточно значение суммарного влагосодержания уменьшить в десять раз.

Тогда выражение (7) примет следующий вид:

$$A = 0,05 q_{900} + 0,1 q_{800} + 0,1 q_{700} + 0,1 q_{600} + 0,05 q_{500}. \quad (8)$$

Если же, как в нашем случае, принять, что

$$q_{600} = \frac{q_{700} + q_{500}}{2},$$

то в окончательном виде для суммарного влагосодержания единичного столба воздуха до высоты 500 мб поверхности и основанием 1 кв. см, выраженное в граммах, получим следующее выражение:

$$A = 0,05 q_{900} + 0,1 q_{800} + 0,15 q_{700} + 0,1 q_{500}. \quad (9)$$

Сравнивая итоговые выражения для расчета суммарного влагосодержания единичного столба воздуха, выраженные в одних и тех же единицах, т. е. сравнивая выражения (2) и (9) убеждаемся, что они ничем не отличаются друг от друга. Идентичность двух формул говорит

о полной правомерности использования предложенной нами формулы (2), которая, кстати, получается значительно проще, чем формула (9).

Результаты расчетов суммарного влагосодержания единичного столба воздуха до высоты 500 мб поверхности над Ереваном по месяцам для каждого года исследуемого десятилетнего периода сведены в табл. 1.

Анализ материалов табл. 1 показывает, что влагосодержание атмосферы, которое, как известно, находится в тесной зависимости от температурного режима, колеблется в значительных пределах, особенно в холодную часть года. Так, например, минимум влагосодержания (0.41 г/см^2) наблюдался в январе 1964 г., когда средняя месячная температура воздуха на всех основных изобарических поверхностях была отрицательной и на уровне 900 мб (т. е. на уровне Еревана), она доходила почти до минус 12° ($-11,8^\circ$).

Таблица 1

Суммарное влагосодержание единичного столба воздуха над Ереваном (г/см^2)

Месяцы Годы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Год
1961	0,73	0,71	0,82	1,18	1,61	2,04	2,56	2,34	1,66	1,47	1,24	1,09	1,45
1962	0,77	0,87	0,90	1,43	1,67	2,02	2,66	2,27	1,88	1,75	1,25	0,96	1,54
1963	0,98	0,98	0,85	1,54	1,90	2,21	2,75	2,50	2,07	1,90	1,13	0,80	1,63
1964	0,41	0,74	1,08	1,07	1,56	2,28	2,64	2,38	1,66	1,14	0,99	0,77	1,39
1965	0,63	0,66	0,91	1,08	1,50	1,98	2,48	2,35	1,82	1,37	1,09	0,96	1,40
1966	1,03	0,96	0,95	1,51	1,79	2,09	2,43	2,49	2,10	1,69	1,37	0,91	1,61
1967	0,85	0,59	0,80	1,09	1,87	1,89	2,51	2,65	1,99	1,63	1,19	0,94	1,50
1968	0,65	0,73	0,70	1,20	1,96	1,97	2,26	2,09	1,88	1,79	1,51	0,90	1,47
1969	0,71	0,67	1,13	1,26	1,71	1,98	2,19	2,35	1,71	1,59	1,10	1,03	1,45
1970	0,80	0,90	1,09	1,29	1,51	1,86	2,30	2,42	1,69	1,36	1,27	0,77	1,44
Среднее	0,76	0,78	0,92	1,27	1,71	2,03	2,48	2,38	1,85	1,60	1,21	0,91	1,49

Максимум влагосодержания холодного полугодия ($1,03 \text{ г/см}^2$) наблюдался в январе 1966 г. и в декабре 1969 г. В это время, согласно данным аэрологических наблюдений, средняя месячная температура воздуха до уровня 800 мб поверхности была положительной, а на уровне 900 мб она колебалась в пределах $5,8^\circ$ — $3,2^\circ$ тепла соответственно. Характерным в температурном режиме декабря 1969 г. является наличие довольно мощной инверсии в слое от 900 до 800 мб поверхности. В результате этого средняя месячная температура в декабре 1969 г. на уровне 800 мб была почти на 12° ($11,9^\circ$) выше, чем на 900 мб поверхности.

Таким образом, амплитуда колебания влагосодержания атмосферы над Ереваном в холодную часть года за исследуемый период составляет $0,62 \text{ г/см}^2$, что примерно в полтора раза превышает наблюденного в 1964 г. минимального его значения.

В противоположность этому, в теплую часть года амплитуда колебания суммарного влагосодержания единичного столба воздуха за конкретный месяц (VIII) не превышает $0,56 \text{ г/см}^2$, что составляет только четвертую часть наблюдаемого в 1969 г. минимального его значения.

Данные табл. I показывают также, что суммарное влагосодержание единичного столба атмосферы над Ереваном имеет четко выраженный годовой ход, без учета которого можно допустить значительные погрешности при выявлении характеристики влагооборота в горных условиях. Резюмируя приходим к выводу, что характеристика режима суммарного влагосодержания единичного столба атмосферы имеет исключительно важное значение при исследованиях влагооборота в атмосфере, особенно в горных условиях. Это означает, что успешное решение проблемы влагооборота, кроме прочих факторов, в значительной степени зависит и от точности подсчета суммарного влагосодержания единичного столба атмосферы и выявления закономерностей его режима в зависимости от местных условий.

Институт геологических наук
АН Армянской ССР

Поступила 4 I. 1980.

Գ. Ա. ԱԼԵՔՍԱՆԴՐՅԱՆ

ԼՆՈՒՆԱՅԻՆ ՊԱՅՄԱՆՆԵՐՈՒՄ ՄԹՆՈՂՈՐՏՈՒՄ ԽՈՆԱՎՈՒԹՅԱՆ
ՊԱՐՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ՈՐՈՇՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻԿԱՅԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Հոդվածում շարադրված են լեռնային պայմաններում մթնոլորտում խոնավության պարունակության հաշվարկների նոր մեթոդի մշակման արդյունքները և բերված է նրա ուժիմի բնութագիրը Հայաստանի կոնկրետ պայմանների համար:

G. A. ALEXANDRIAN

ON THE METHODS OF ATMOSPHERE MOISTURE CONTENT
DETERMINATION UNDER MOUNTAINOUS CONDITIONS AND
THE CHARACTERISTIC OF ITS REGIME

S u m m a r y

The results of working out a new method of atmosphere moisture content calculation conformably to mountainous conditions are listed in this paper and the characteristic of its regime is discussed for concrete conditions of Armenia.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бурцев А. И. Элементы влагооборота на Европейской территории СССР. Тр. ЦИИ, вып. 38 (65), 1955.
2. Дроздов О. А. О расчетных формулах влагосодержания атмосферы. Тр. ГГО, вып. 198, 1966.