

УДК 551.571.2/31

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА С
ВЫСОТОЙ МЕСТНОСТИ**

Канд. геогр. наук В.В. Голубцов

Рассматривается изменение влажности воздуха с высотой местности. Предложено универсальное выражение для расчета влажности воздуха в горных бассейнах и определены его параметры для Западного Алтая и Заилийского Алатау. Приведено описание внутригодового изменения этих параметров, позволяющее осуществлять моделирование влажности воздуха по суточным интервалам времени.

При моделировании процесса поступления воды на поверхность бассейна в ряде случаев возникает необходимость использования дефицита влажности воздуха для расчета характеристик испарения с поверхности почвы и снега. Как известно, для определения дефицита влажности необходимо располагать сведениями об абсолютной влажности воздуха и максимальной упругости водяного пара в пределах отдельных высотных зон речного бассейна. Сведения об изменении влажности воздуха в горных бассейнах Заилийского и Джунгарского Алатау приведены в монографиях, подготовленных под руководством И.С. Соседова [6, 7] и Справочнике по климату [8].

Влажность приземного слоя воздуха обычно изменяется с высотой местности по закону, который может быть выражен функцией [1, 4, 5]:

$$e(z,t) = e(z_0,t) \exp\{-\beta(z - z_0)\}, \quad (1)$$

где $e(z,t)$, $e(z_0,t)$ - значения абсолютной влажности воздуха в гПа в момент времени t соответственно на высоте z и z_0 , км; β - параметр.

Как показали исследования Ю.М. Денисова, для условий Средней Азии параметр β практически не меняется в течение года и может быть принят постоянным и равным 0,412 [4]. При использовании в бассейне нескольких метеостанций или постов с высотами z_0 , величина $e(z_0,t)$ определяется с помощью следующего выражения [1, 2]:

$$e(z_0, t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e(z_{0i}, t) \exp\{-\beta(z_0 - z_{0i})\}, \quad (2)$$

где $e(z_{0i}, t)$ - абсолютная влажность воздуха на высоте i -ой метеостанции;
 n - число метеостанций.

Исследования Н.Ф. Никоренко показали, что для описания процесса изменения влажности с высотой местности может быть использована температура воздуха [5]. По аэрологическим данным она получила следующую формулу для свободной атмосферы, записанной в нашей транскрипции:

$$e(z, t) = e(z_0, t) \exp - \beta_0 \{\bar{\theta}(z_0, t) - \bar{\theta}(z, t)\}, \quad (3)$$

где $e(z_0, t)$ и $e(z, t)$ - влажность воздуха в момент времени t соответственно у земной поверхности на высоте z_0 км и в свободной атмосфере на высоте z км, гПа; $\bar{\theta}(z_0, t)$, $\bar{\theta}(z, t)$ - температура воздуха в момент времени t соответственно у земной поверхности на высоте z_0 км и в свободной атмосфере на высоте z км, °С; β_0 - параметр.

По исследованиям Н.Ф. Никоренко параметр β_0 мало различается для отдельных пунктов. Например, для г. Павловска он равен 0,0891. Если для горной местности получить зависимость вида (3), то ее можно использовать для определения влажности в зависимости от температуры воздуха для отдельных высотных зон речных бассейнов. В этом случае необходимо учитывать изменение параметра β_0 в течение года. Следует отметить, что такой подход может существенно упростить решение задачи приближенного описания изменения влажности воздуха с высотой местности.

Для решения задачи моделирования рассматриваемой характеристики по суточным интервалам времени нами были использованы материал наблюдений за влажностью воздуха в горных бассейнах Западного и Северного Алтая и центральной части Северного склона Заилийского Алатау.

Для анализа и обобщения материалов наблюдений за влажностью воздуха в Горном Алтае были использованы данные наблюдений 16 метеорологических станций, расположенных на высоте от 285 м до 2600 м. Линейный характер зависимостей логарифмов средних многолетних месячных значений абсолютной влажности воздуха от высоты местности (рис. 1) подтверждает возможность её описания показательной функцией вида (1).

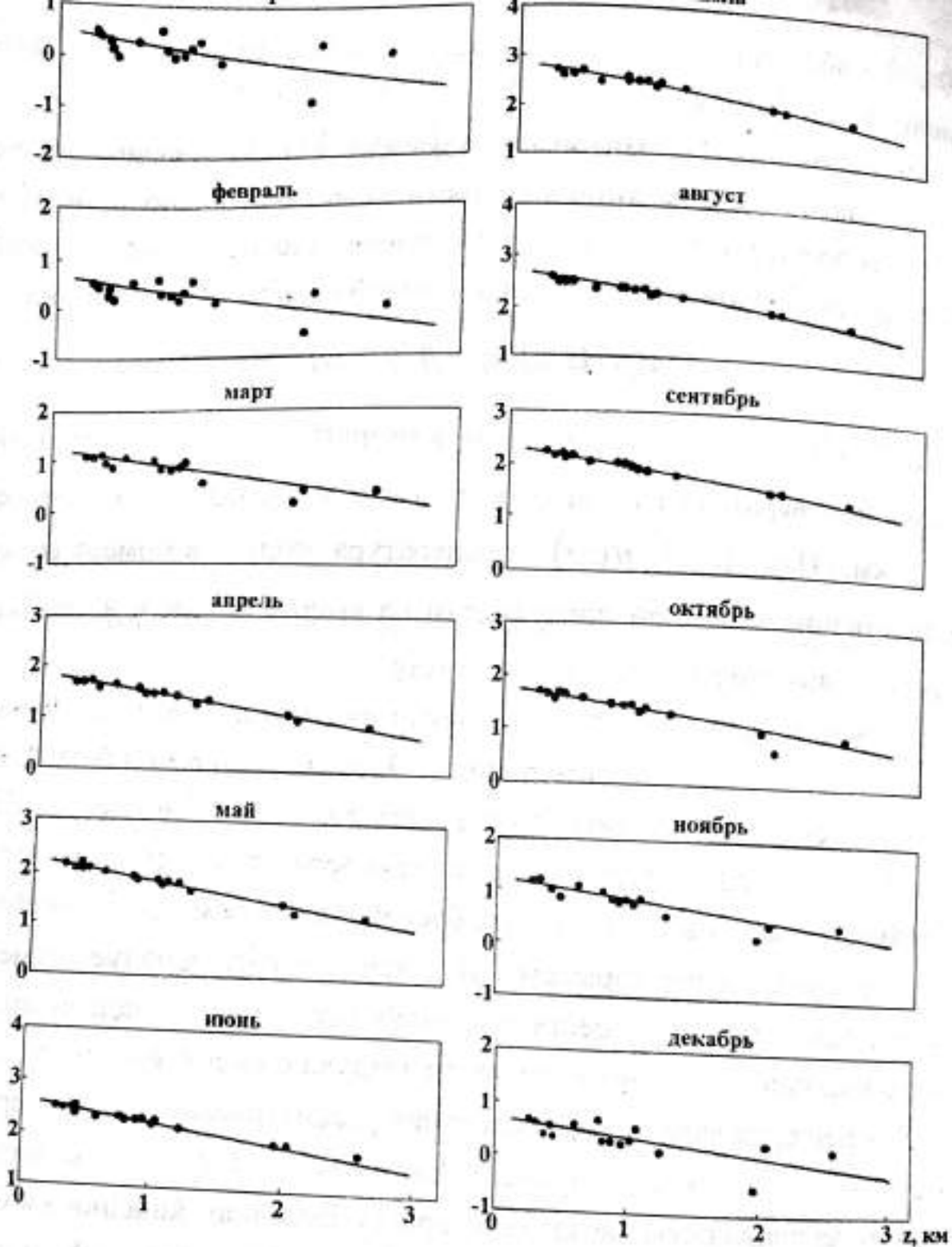


Рис. 1. Зависимость логарифма средних многолетних значений влажности воздуха за отдельные месяцы от высоты местности для горных бассейнов Западного и Северного Алтая.

В табл. 1 приведены параметры зависимости (1): $e(z_0, t)$ при $z_0 = 0$ км и β , а также Δe - характеристика изменения влажности воздуха в диапазоне высоты 1 ÷ 3 км.

Таблица 1

Параметры зависимости (1) и характеристика Δe для горных бассейнов
Западного и Северного Алтая

Месяц	$e(z_0, t)$, гПа	β_1	Δe , гПа
1	1,50	-0,33	-0,52
2	1,80	-0,33	-0,62
3	3,26	-0,33	-1,13
4	6,20	-0,37	-2,24
5	9,40	-0,40	-3,47
6	14,2	-0,38	-5,17
7	16,8	-0,37	-6,07
8	15,2	-0,38	-5,53
9	9,70	-0,33	-3,37
10	6,10	-0,33	-2,12
11	3,33	-0,33	-1,15
12	2,05	-0,30	-0,69

Годовой ход параметра β_1 (рис. 2), отражающего интенсивность уменьшения влажности воздуха с высотой местности характеризуется для Западного и Северного Алтая минимальными значениями в летний период и максимальными - в зимний период. В летний период наблюдается по сравнению с зимним периодом более интенсивное уменьшение влажности воздуха с высотой местности.

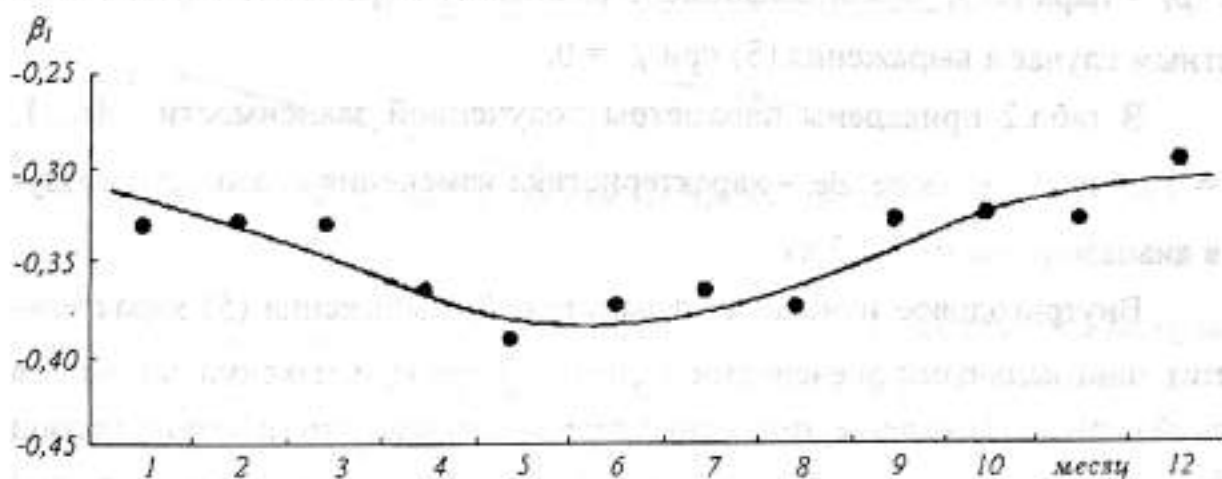


Рис. 2. Внутригодовое изменение параметра β_1 в горных бассейнах
Западного и Северного Алтая.

Контрасты влажности воздуха Δe , гПа (табл.1) в западном и северном Алтае летом примерно на порядок выше, чем зимой. Для использования при расчете влажного воздуха по суточным интервалам времени годовой ход параметра β аппроксимировался выражением:

$$\beta = \bar{\beta} + v \cos \frac{2\pi}{T} (t - t_0), \quad (4)$$

где $\bar{\beta}$ - среднее значение параметра β ; v - полуамплитуда его изменения; t - время от начала отсчета, сутки; t_0 - параметр сдвига фаз, сутки.

Для рассматриваемого района выражение (4) характеризуется следующими параметрами: $\bar{\beta} = -0,35$; $v = 0,04$; $t_0 = 165$ суток.

Для анализа и обобщения материалов наблюдений за влажностью воздуха в центральной части Северного склона Заилийского Алатау использовано 9 метеорологических станций, расположенных на высоте от 671 м до 3450 м. На рис. 3 приведены для отдельных месяцев зависимости средних многолетних значений абсолютной влажности воздуха e гПа от высоты местности z км.

Анализ приведенных графиков показал, что изменение влажности воздуха с высотой местности в рассматриваемом районе описывается более сложной функцией показательного вида:

$$e(z, t) = e(z_0, t) \{1 + k\beta_1(z - z_0)\} \exp\{-\beta_1(z - z_0)\} \quad (5)$$

или

$$e(z_0, t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e(z_{0i}, t) \{1 + k\beta_1(z - z_0)\} \exp\{-\beta_1(z - z_0)\}, \quad (6)$$

где β_1 - параметр; k - коэффициент равный 1; выражение (1) является частным случаем выражения (5) при $k = 0$.

В табл.2 приведены параметры полученной зависимости: $e(z_0, t)$, $z_0 = 0$ км и β_1 , а также Δe - характеристика изменения влажности воздуха в диапазоне высот 1 ÷ 3 км.

Внутригодовое изменение параметра β_1 выражения (5) характеризуется минимальными значениями в зимний период и максимальными - в летний период. Изменение этого параметра показывает, что в летний период наблюдается более интенсивное уменьшение влажности воздуха с высотой местности по сравнению с зимним периодом. Для центральной части Северного склона Заилийского Алатау контрасты влажности воздуха Δe , гПа (табл.2) в летний период в 3-4 раза выше, чем в зимний период.

Для аппроксимации годового хода β_2 (рис.4) так же, как и для Горного Алтая, использовалось выражение (4). Для Заилийского Алатау оно характеризуется параметрами: $\bar{\beta}_2 = 0,66$; $v = 0,07$; $t_0 = 30$ суток.

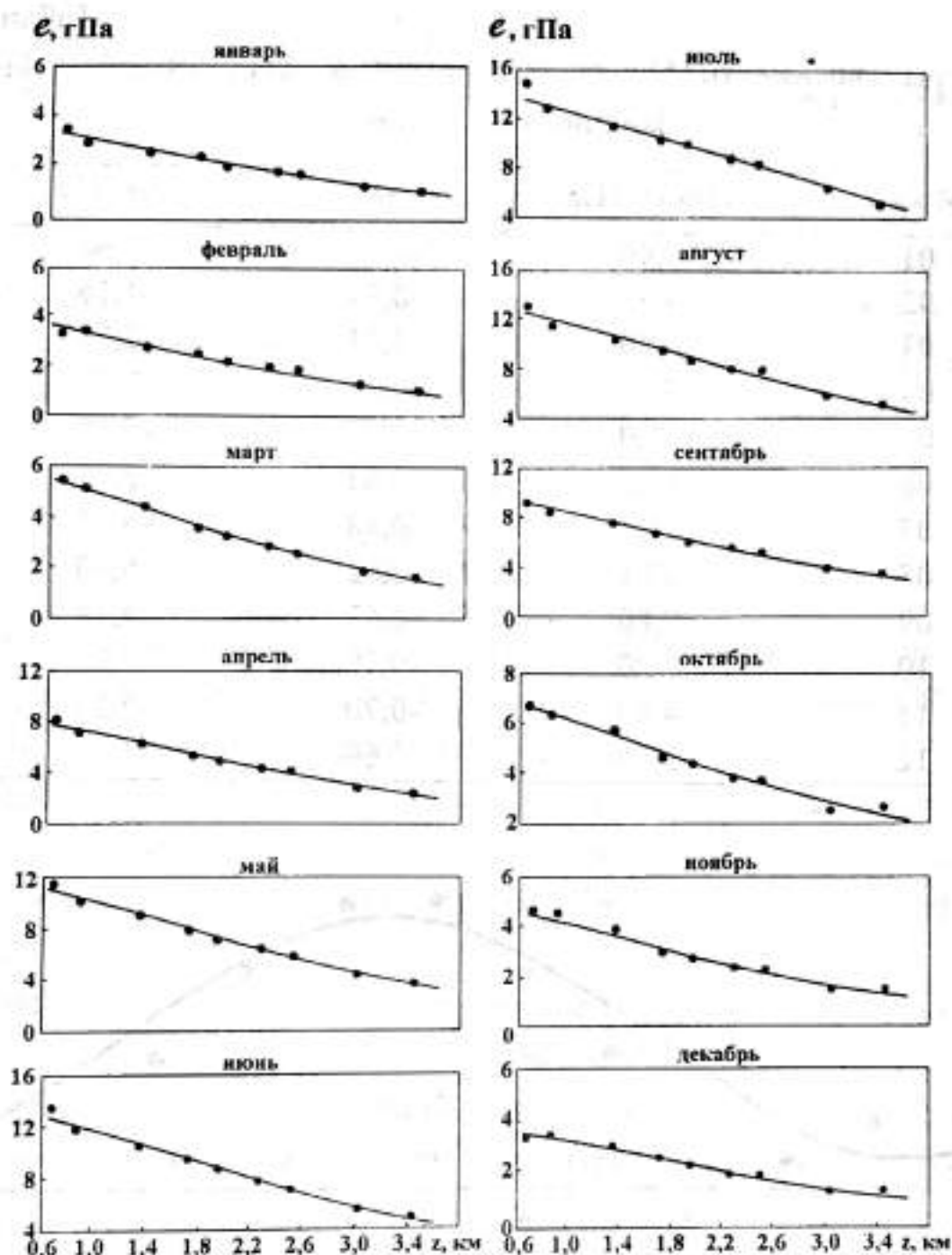


Рис. 3. Зависимость средних многолетних значений влажности воздуха за отдельные месяцы от высоты местности для горных бассейнов Центральной части Северного склона Заилийского Алатау.

Следует отметить, что на предгорной равнине зависимость влажности воздуха от высоты местности часто нарушается вследствие влияния аональных характеристик подстилающей поверхности. Поэтому полученные закономерности изменения абсолютной влажности воздуха с высотой местности могут быть использованы на участках речных бассейнов, с высотами более 0,2 км для Горного Алтая и с высотами более 0,6 км - для Заилийского Алатау.

Таблица 2
 Параметры зависимости (5) и характеристика Δe для речных бассейнов
 Заилийского Алатау

Месяц	$e(z_0, t)$, гПа	β_1	Δe , гПа
01	3,40	-0,71	-1,60
02	3,75	-0,71	-1,76
03	5,80	-0,73	-2,76
04	8,20	-0,67	-3,70
05	11,9	-0,62	-5,40
06	13,5	-0,62	-5,79
07	14,4	-0,58	-5,77
08	13,1	-0,62	-5,30
09	9,80	-0,67	-4,18
10	7,20	-0,70	-3,25
11	4,80	-0,70	-2,23
12	3,70	-0,69	-1,71

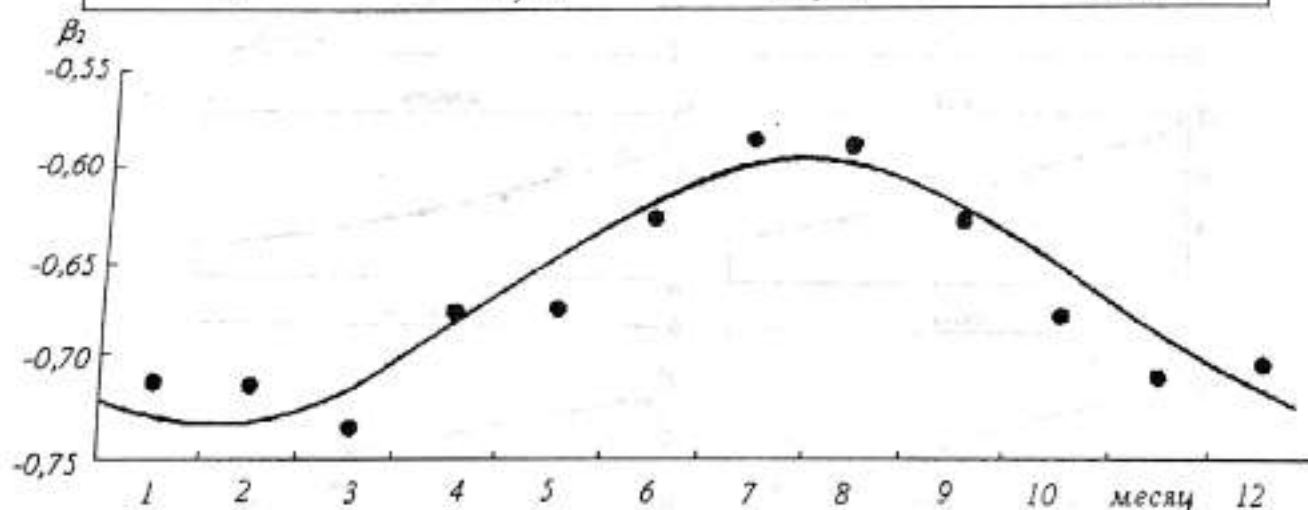


Рис. 4. Внутригодовое изменение параметра β_2 в горных бассейнах
 Центральной части Северного склона Заилийского Алатау.

Для расчета максимальной упругости водяного пара на высоте z может быть использована формула Магнуса, представленная в следующем виде [3]:

$$e_0(z, t) = 6,11 \exp \frac{17,15 \bar{\theta}(z, t)}{235 + \bar{\theta}(z, t)}, \quad (7)$$

$e_0(z, t)$ - максимальная упругость водяного пара, гПа.

Эта формула обеспечивает точность расчета e_0 , равную 0,1 гПа. Дефицит влажности воздуха на высоте z в момент времени t , как известно, вычисляется как разность максимальной упругости водяного пара и влажности воздуха:

$$D(z,t) = e_0(z,t) - e(z,t), \quad (8)$$

где $D(z,t)$, гПа - дефицит влажности на высоте z в момент времени t .

В заключение следует отметить, что изменение влажности приземного слоя воздуха с высотой местности в общем случае может быть описано с помощью функции (5) показательного вида. Ее параметр k принимает значение 0 или 1; функция (1) является частным случаем выражения (5) при $k = 0$. Полученные результаты позволяют осуществить непрерывное моделирование влажности воздуха и расчет ее дефицита по суточным интервалам времени для любой высотной зоны речных бассейнов Горного Алтая и Заилийского Алатау.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровикова Л.Н. и др. Математическое моделирование процесса стока горных рек /Боровикова Л.Н., Денисов Ю.М., Трофимова Е.Б., Шенцис Н.Л. - Л.: Гидрометеиздат, 1972. - 151 с.
2. Боровикова Л.Н., Денисов Ю.М. Модель поступления воды на поверхность горного бассейна и некоторые результаты ее проверки на бассейнах рек Западного Тянь-Шаня //Труды САНИИ. - 1970. - Вып. 52(67). - С. 3 - 20.
3. Браславский А.П., Чистяев В.Б. Оценка температуры поверхности воды в испарителе с учетом обратной стратификации температуры в тонком поверхностном слое //Труды КазНИИ. - 1980. - Вып. 65. - С. 95 - 100.
4. Денисов Ю.М. Схема расчета гидрографа стока горных рек. - М.: Гидрометеиздат, 1965. - 102 с.
5. Дубинский Г.П., Гуральник И.И., Мамиконова С.В. Метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1965. - 450 с.
6. Соседов И.С. и др. Водный баланс и водные ресурсы Северного склона Джунгарского Алатау /Соседов И.С., Филатова Л.Н., Киктенко О.В. и др. / Алма-Ата: Наука, 1984. - 152 с.
7. Соседов И.С., Филатова Л.Н., Киктенко О.В. и др. Температурный и водный режим горных склонов. - Алма-Ата: Наука, 1983. - 92 с.
8. Справочник по климату СССР. Влажность воздуха, Атмосферные осадки, Снежный покров. - Л.: Гидрометеиздат, 1968, Вып.18, Ч 4. - 550с.

Казахский научно-исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

АУМАК БИІКТІГІМЕН БІРГЕ АУА ЫЛГАЛДЫЛЫҒЫНЫҢ ӨЗГЕРУІН ҮЛГІЛЕУ

Геогр. ғғлымд. канд. В.В. Голубцов

Аумақтың биіктігімен бірге ауа ылғалдылығының өзгерісі қарастырылған. Таулы аймақтардағы ауа ылғалдылығын есептеуге арналған әмбебап өрнек ұсынылып, оның Батыс Алтай және Іле Алатауы үшін көрсеткіштері анықталған. Бұл көрсеткіштердің ауа ылғалдылығын уақыттың тәуліктік бөліктері бойынша үлгілеуге мүмкіндік беретін жыл барысындағы өзгерісі суреттелген.