
УДК 511. 509. 324.2 (574)

**О РАСЧЕТЕ ЛИВНЕВЫХ ОСАДКОВ ЛЮБОЙ ГРАДАЦИИ
НА ТЕРРИТОРИИ КАЗАХСТАНА**

Канд. геогр. наук А.Т. Кенжибаев

Предлагается вывод полуэмпирических формул по расчету ливневых осадков любой градации с использованием уравнения переноса влаги в атмосфере в ее полном виде. Осуществлена оценка предлагаемых формул применительно к территории Казахстана.

Наиболее актуальным в настоящее время являются работы по созданию модели прогноза локальных стихийных явлений. На сегодняшний день синоптик располагает несколькими методиками для прогноза любого явления [6]. Очевидно, что в каждой методике по отношению к другой содержится какая-то вспомогательная информация.

Опыт анализа уравнения переноса влаги в тропосфере показал, что работу по усовершенствованию и осмыслению упомянутого уравнения нельзя считать законченной. Из работ [1,6] следует, что при разработке методов прогноза осадков особое внимание надо уделять вертикальным токам, влагосодержанию и характеру кривой стратификации. При этом надо учитывать и такой фактор, как построение траектории воздушных масс с учетом особенностей региональных синоптических процессов, обуславливающих выпадение дождей.

Ниже излагаются результаты исследования, указывающие на возможность применения уравнения общего переноса влаги в атмосфере в полном виде

для диагноза и прогноза ливневых осадков любой градации на территории Казахстана.

В связи с ограниченными возможностями полной реализации уравнения общего переноса влаги в атмосфере в ее полном виде [5] приходится прибегать к тому или иному приближенному способу его решения. Нами делаются следующие основные предположения:

- интенсивность осадков есть функция изменения водности облаков и вертикальных движений;
- массовая доля водяного пара на верхней границе конвекции равна нулю;
- количество осадков на высоте уровня конденсации приравнивается количеству выпавших осадков у поверхности земли;
- скорость смещения конвективных облаков отличается от скорости ведущего потока.

Из приведенных допущений следует, что в период выпадения осадков имеет место действие силы плавучести, наличие процесса вовлечения воздушных частиц, а скорость смещения облачной массы принята как скорость переноса общего влагосодержания в эффективном слое тропосферы. Предполагается также что средняя скорость перемещения облачной массы, определяемая скоростью крупномасштабного потока (синоптических объектов), остается постоянной в течение некоторого времени, обеспечивая согласованность движения облачной массы и горизонтального переноса воздушных масс.

Для выявления взаимосвязи между скоростью переноса облачности ($U, \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$) и фактической скоростью ветра ($V, \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$) на высоте уровня ведущего потока 500 гПа были использованы данные радиозондирования по станциям Кустанай, Актюбинск, Караганда, Семипалатинск, Алматы, Жамбыл за теплые месяцы с 1973 по 1987 гг.

Применительно к облачному слою вычисление скорости (U) проводилось по формуле:

$$U = \frac{\int_{P_0}^p V \cdot q \cdot dP}{\int_{P_0}^p q \cdot dP}, \quad (1)$$

где в числителе - сумма количества движения массы водяного пара во всем слое тропосферы, $\text{кг} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^{-1}$; в знаменателе - общее влагосодержание в рассматриваемом слое, мм.

Поиск параметров, аппроксимирующих регрессионные кривые, показывает, что в последующих расчетах целесообразно вести вычисления скорости переноса облачного покрова от фактической скорости ветра на поверхности 500 гПа в виде зависимости

$$0,93$$

$$U = 0,87 \cdot V, \quad (2)$$

Проведем анализ уравнения общего переноса влаги применительно к решению поставленной задачи. Рассматриваемое уравнение, предложенное автором и Петриченко И.А. в работе [2] имеет вид

$$J_h = - \int_h^z \rho \cdot \frac{dq_m}{dt} dz + \int_h^z \frac{dM}{dz} dz - \int_h^z \frac{d}{dz} \nu \frac{dM}{dz} dz, \quad (3)$$

где J_h - средняя интенсивность дождя, мм; ρ - плотность воздуха, $\text{г} \cdot \text{м}^{-3}$; q_m - массовая доля водяного пара в момент насыщения, %; M - водность облаков, $\text{г} \cdot \text{м}^{-3}$; ν - коэффициент турбулентности в облачном слое, $\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$.

Кинетическая энергия, возникающая в облаке, является результатом действия сил, представленных вторым и третьим слагаемыми в правой части уравнения (3). Разность между двумя последними слагаемыми в уравнении пропорциональна изменению об-

лачной массы в единицу времени и относительной скорости присоединенных в результате вовлечения в облако воздушных частиц.

Из уравнения (3) следует, что при формировании и выпадении осадков немаловажную роль играет адвективно - конвективный процесс. Слагаемые в правой части уравнения (3) дают возможность констатировать, что значения интенсивности и продолжительности выпадения осадков существенно зависят от вертикальных скоростей, обусловленных перераспределением облачной массы вследствие ее взаимодействия с окружающей атмосферой. Это означает, что облака могут существовать или возникать и за счет реактивных сил, в частности, вследствие фазовых превращений влаги и вертикальной термической неоднородности атмосферы.

В реальных условиях вышеупомянутые процессы способствуют выпадению количества осадков, достигающих наибольших значений. Из приведенной информации возникает вопрос о взаимосвязи имеющихся формул расчета интенсивности, продолжительности и количества осадков с параметрами, вытекающими из уравнения (3).

В работе [2] показано, что расчетное количество осадков есть произведение степенных функций от интенсивности и продолжительности выпадения осадков. Наличие неувязки между фактическим и расчетным количеством осадков учитывается вводом безразмерного коэффициента (А)

$$Q = A \cdot J^c \cdot \Delta t^b, \quad (4)$$

где Q - количество осадков, мм; J - средняя интенсивность осадков за период общей продолжительности, мм/ч; Δt - общая продолжительность дождя, ч; А - коэффициент неувязки; с, в - безразмерные коэффициенты.

Уравнение (3) позволяет ввести дополнительный корректирующий параметр (K_M). Введенный коэффициент (K_M) за период общей продолжительности

выпадения осадков численно равен отношению фактического измеренного количества осадков к экстремальному значению осадков, которое может быть обусловлено осадкообразующим процессом. Безразмерный параметр (K_M) может быть аналогом количественного показателя о физическом процессе генерации в осадкообразующих явлениях.

Из анализа фактических данных пювиограмм о выпадении дождей на территории Казахстана (192 случаев) получена зависимость в виде степенной функции

$$K_M = 3,42 \cdot A^{1,51}, \quad (5)$$

Статистическая оценка коэффициента регрессии проведена методом наименьших квадратов. Числовые значения параметра неувязки изменяются в зависимости от различных значений выпадения осадков. На это было указано в работе [3]. В качестве подтверждения сошлемся на результаты обработки 159 случаев пювиограмм, которые обработаны были по методике А.А.Акулиничевой [4]. Имеем

$$A = 2,03 \cdot \Delta t^{0,18}, \quad (6)$$

где Δt - общая продолжительность дождя, ч.

Параметр неувязки (A) тесно связан со структурой общей продолжительности выпадения осадков. Полученная связь между A и Δt достаточно устойчива.

Общая продолжительность дождя может состоять из двух временных отрезков. Одно слагаемое есть продолжительность осадков ливневого происхождения, второе - продолжительность осадков неливневого происхождения. Полученные связи (5), (6) подтверждают, что интенсивность дождя, при которой выпадает наибольшее количество осадков у поверхности земли, обусловлена фоновым процессом и конвективными явлениями.

Все параметры, входящие в уравнение (4), зависят от общей продолжительности выпадения дождя.

Например, средняя интенсивность дождя для региона вычисляется из выражения

$$J = 10,42 \cdot \Delta t^{-0,81} \quad (7)$$

Эмпирические формулы (3) - (7) существенно связаны с общей продолжительностью выпадения осадков. Нами выявлена зависимость между Δt и W из 264 случаев анализа фактических данных плевнigramм и аэросиноптической информации

$$\Delta t = 10,66 \cdot W^{-0,82}, \quad (8)$$

где W - вертикальное движение, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$.

Методика расчета вертикальной составляющей скорости W приведена в монографии [4]. Определение общей продолжительности из выражения (8) позволяет проводить расчеты всех параметров выпадения осадков

$$Q = A \cdot I^{0,75} \cdot \Delta t^{0,59}$$

Практическая и научная ценность рассматриваемых формул, выведенных из анализа уравнения общего переноса влаги в атмосфере, заключается в том, что они базируются на единой физической основе по расчету коэффициента неувязки, интенсивности, продолжительности и количества осадков. Количественные связи могут быть использованы в схеме краткосрочного прогноза осадков любой градации на территории Казахстана.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кенжибаев А.Т., Петриченко И.А. Усовершенствование методики прогноза интенсивности и количества осадков в теплый период // Метеорология и гидрология. - 1981. - N 3. - С. 103 - 106.

2. Кенжибаев А.Т. Номограммы для расчета произведения степенных функций при прогнозе осадков // Тр. Гидрометцентра СССР. - 1986. - Вып. 275. - С. 96 - 103.
3. Кенжибаев А.Т. О краткосрочном прогнозе локальных стихийных явлений погоды на территории Казахстана // Тр. КазНИГМИ. - 1991. - Вып. 110. - С. 129 - 133.
4. Орлова Е.М. Краткосрочный прогноз атмосферных осадков. - Л.: Гидрометеиздат, 1979. - 169 с.
5. Петриченко И.А. Прогноз осадков с учетом различных фаз водяного пара и его вертикального турбулентного перемешивания // Тр. Гидрометцентра СССР. - 1987. - Вып. 291. - С. 84 - 89.
6. Руководство по краткосрочным прогнозам погоды. Ч. 1, 3 - е изд. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. - 700 с.

Казахский научно - исследовательский институт
мониторинга окружающей среды и климата

ҚАЗАҚСТАН АЙМАҒЫНДАҒЫ ҚАТТЫ
ЖАУЫН-ШАШЫНДАРДЫҢ КЕЗ-КЕЛГЕН
МӨЛШЕРІН ЕСЕПТЕУ ТУРАЛЫ

Геогр. ф. канд. А.Т.Кенжебаев

Ауадағы ылғалдың толық түрде, бір жерден екінші аралыққа көшірілуін ескеретін теңдеуді қолдана отырып, қатты жауын-шашынның кез келген мөлшерін есептейтін жартылай эмпириялдау формулаларымен есептелген қортындылар келтіріледі. Ұсынылып отырған формулаларды Қазақстан аймағында қолдануға болатынына баға берілген.