

## ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ЛИВНЕВЫХ ОСАДКОВ

*Ильинич Виталий Витальевич, профессор кафедры Метеорологии и климатологии, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

*Наумова Анна Анатольевна, старший преподаватель кафедры Гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока, ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

**Аннотация.** Исследование посвящено подтверждению гипотезы об увеличении в последние десятилетия экстремальных осадков, влияющих на степень почвенной эрозии на малых сельскохозяйственных водосборах.

**Ключевые слова:** ливневые осадки, однородность, вероятность превышения.

Рядом исследований было установлено, что интенсивность ливневых осадков за последние десятилетия во многих регионах стала возрастать [1,2 и др.]. Однако, такие факты приходится проверять практически по каждой метеостанции. Главной задачей этого исследования являлась проверка гипотезы увеличения максимальных суточных осадков за прошедшие десятилетия в регионе черноземной зоны РФ. Для этого решались следующие задачи:

- сравнение расчетных ливневых осадков, полученных разными методами;
- сопоставление значений годовых суточных максимумов осадков за последние десятилетия и за полный длительный ряд наблюдений);
- оценка однородности статистических максимумов суточных осадков.

Был составлен ряд из 60 годовых максимальных суточных осадков по метеостанции г. Калач (Воронежская область), представленный в виде хронологического ряда на рис. 1, где виден положительный линейный тренд.

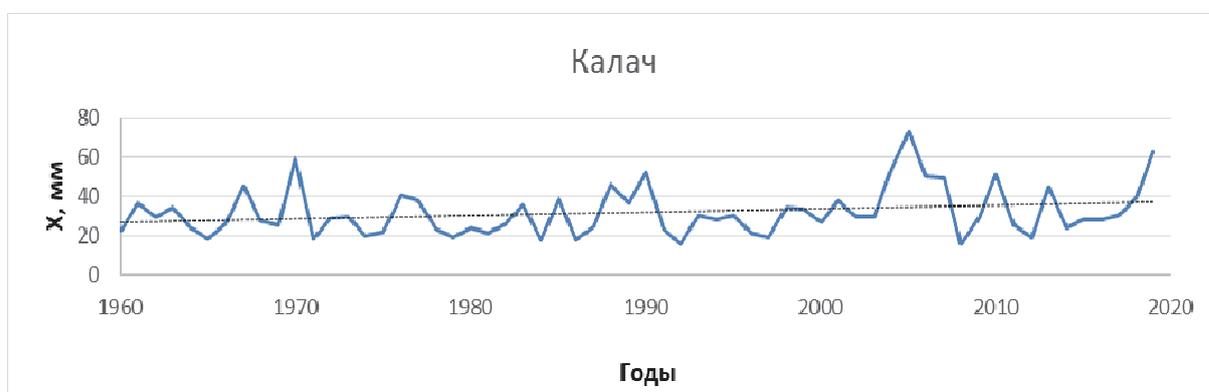


Рис. 1. Максимальные суточные осадки по метеостанции Калач

Для более детальной проверки основной гипотезы весь ряд был разделен на два одинаковых по длительности статистических ряда по 30 лет:

1) 1960-1989 и 2) 1990 – 2019 гг. Для оценки их однородности использовались критерии Стьюдента (t) и Фишера (F). Статистика t рассчитывалась по формуле:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{n_1\sigma_1^2 + n_2\sigma_2^2}} * \sqrt{\frac{n_1n_2(n_1+n_2-2)}{n_1+n_2}}, \quad (1)$$

где:  $\bar{X}_1$  и  $\bar{X}_2$  - средние значения суточных максимумов по данным наблюдений соответственно за  $n_1$  и  $n_2$  лет;

$\sigma_1$  и  $\sigma_2$  - среднеквадратические отклонения значений сравниваемых рядов. Распределение статистики t зависит от числа степеней свободы  $\gamma = n_1 + n_2 - 2$ , в данном случае  $\gamma = 58$ . Критическое значение  $t_\alpha = 2,03$  при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ , в нашем случае значение t по модулю равно 0,36, что значительно меньше критического. То есть гипотеза однородности по этому критерию не отвергается.

Затем вычислялась статистика критерия Фишера F:

$$F = \sigma_1^2 / \sigma_2^2, \quad (2)$$

Было получено значение  $F = 2,02$ . Для степеней свободы  $v_1 = n_1 - 1 = 29$  и  $v_2 = n_2 - 1 = 29$  табличное значение равно 1,84, что значительно меньше расчетного. Таким образом, при таких отношениях критерия F можно заключить, что ряды неоднородны. В качестве подтверждения основной гипотезы о существенной разнице в рассматриваемых сериях наблюдений, они были ранжированы в порядке убывания и для каждого члена ряда эмпирическая обеспеченность (вероятность превышения) рассчитывалась по общеизвестной формуле Вейбула:

$$P_\% = \frac{m * 100\%}{(N+1)} \quad (3)$$

где m – порядковый номер значений осадков в убывающем ряду, N – количество членов статистического ряда (в нашем случае  $N = n_1 = n_2 = 30$ ).

Результаты представлены в виде точек эмпирической обеспеченности на рис. 2, где видно, что все точки второго ряда расположены значительно выше точек первого ряда.

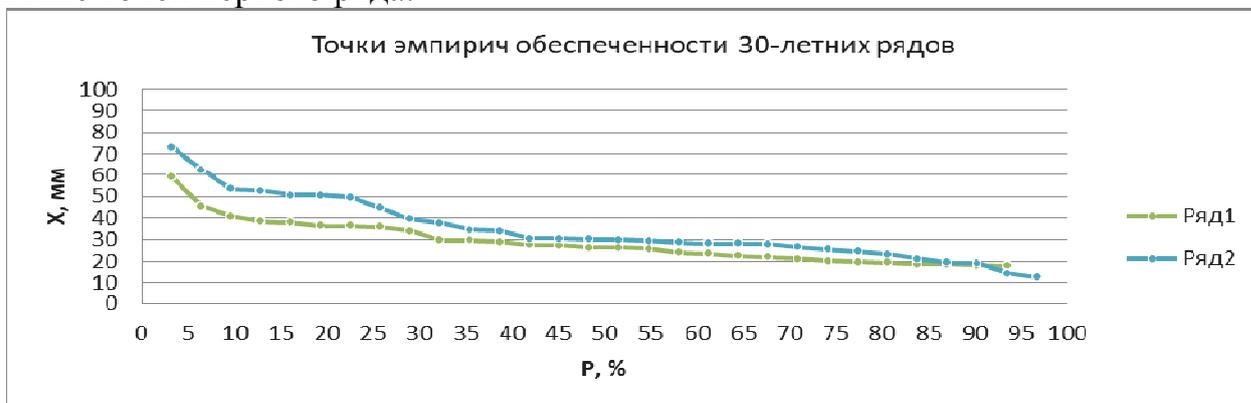


Рис. 2. Точки эмпирической обеспеченности (P%) 30-летних рядов максимальных суточных осадков (X)

Чтобы получить такое расчётное значение на вероятность превышения 1%, необходимо принять закон распределения случайных величин и определить его параметры. В данной работе априори было принято биномиальное распределение Пирсона типа 3 на том основании, что асимметрия наблюдаемых экстремальных осадков значительна и отношение коэффициента асимметрии ( $C_s$ ) к коэффициенту вариации ( $C_v$ ) значительно выше двух. Сам  $C_s$  может быть удобно определен с помощью функционально с ним связанного коэффициента скошенности  $-S$  по формуле [3,4]:

$$S = (X_{5\%} + X_{95\%} - 2X_{50\%}) / (X_{5\%} - X_{95\%}), \quad (4)$$

Где:  $X_{5\%}$ ,  $X_{50\%}$ ,  $X_{95\%}$  - ординаты, определенные по эмпирическим кривым обеспеченности (Рис.2) для значений  $P$  5%, 50% и 95%.

Остальные параметры –  $C_v$  и среднее значение в работе определялись методом моментов [3,4]. В результате были получены расчетные значения, представленные в таблице.

*Таблица.*

**Расчётные значения максимальных суточных осадков по рядам наблюдений**

Ряды наблюдений	Среднее, мм	$C_v$	$C_s$	$X_{1\%}$ , мм
Весь наблюдённый ряд	31,5	0,40	1,17	70,77
Ряд 1960 - 1989 годы	28,6	0,34	1,63	61,9
Ряд 1990 - 2019 годы	34,4	0,41	1,6	81,9

Данные таблицы показывают, что как средние значения, так и расчётные  $X_{1\%}$ , существенно выше за последние три десятилетия - примерно на 10% и более, что превышает среднеквадратическую ошибку проведённых расчётов.

**Выводы:**

Полученные результаты подтверждают гипотезу данного исследования об увеличении максимальных суточных осадков в последние десятилетия.

Ряд наблюдений последних 30 лет является более объективным для определения противоэрозионных мероприятий и для оценки степени эрозионного смыва почв, чем полный длинный ряд всего периода наблюдений.

Для противоэрозионных сооружений нормативной вероятности превышения стока и осадков 5% и выше, определение расчетных значений на основе эмпирических кривых обеспеченности может быть достаточным.

**Библиографический список**

1. Ilinich, V.V. Estimation of Statistical Characteristics for Storm Precipitation with Long-term Data to Assess Climate Change / V.V. Ilinich, E. Akulova, V. Belchihina and K. Ponomarchuk // Journal of Climate Change - Vol. 2, No. 2 - 2016, P. 83-87.
2. Zolina, O. C. New view on precipitation variability and extremes in Central Europe from a German high resolution daily precipitation dataset: Results

from STAMMEX project // O. C. Zolina, A.Simmer, P.Kapala, P. Shabanov, H.Becker, Maechel, S. K. Gulev, P. Groisman Bulletin of Amer. Met. Soc., 2014. - P.96.

3. Кошечкина А.А. Оценка различных вероятностных характеристик стока, полученных с помощью различных законов распределения случайных величин. //Вестник Международной общественной академии экологической безопасности и природопользования (МОАЭБП). – №19(26). – Москва, 2015. – С.21-25.

4. Dmowska, R. Statistical methods in the Atmospheric Sciences/ Ed.R. Dmowska, D. Hartman, H.T. Rossby // Inter. Geoph. Series.-Vol.1-Oxford, 2011.- OX51GB,UK-P.668.

УДК 551.5

## **АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ТЕПЛОБЕСПЕЧЕННОСТИ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Мурычева Елена Дмитриевна, аспирант кафедры Метеорологии и климатологии ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева*

***Аннотация.** Учет и использование климатических условий в сельском хозяйстве имеет большое значение в повышении продуктивности сельскохозяйственного производства. В работе показано, что в современных условиях теплообеспеченности Тверской области можно возделывать рожь, пшеницу, ячмень и овес.*

***Ключевые слова:** теплообеспеченность, сумма активных температур, зерновые, вегетационный период, изменение климата.*

Для сельского хозяйства большой интерес представляет производственная оценка климата, то есть установление степени соответствия климата тем требованиям, которые предъявляются определенным видом деятельности или направлением хозяйства, а именно агроклиматическая оценка [1,2]. Изменения климата, наблюдающиеся в последнее время, приводят к тому, что растениеводство оказывается уязвимой отраслью сельского хозяйства к подобным изменениям, что требует разработки мер адаптации [3,4].

Агроклиматические свойства климата, важнейшими из которых являются температура воздуха и количество осадков, определяют влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, однако оценки этого влияния имеют неоднозначный характер.

Установлено, что температурный режим воздуха и почвы, определяет протекание жизненных процессов, происходящих в растениях [2,5]. Для характеристики агроклиматических условий теплообеспеченности