

ОЦЕНКА ИЗМЕНЕНИЙ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ОСАДКОВ ВЛИЯЮЩИХ НА СТЕПЕНЬ ПОЧВЕННОЙ ЭРОЗИИ НА СЕВООБОРОТАХ

Ильинич Виталий Витальевич, к.т.н., профессор кафедры метеорологии и климатологии, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

E-mail: vilinitch@gmail.com

Наумова Анна Анатольевна, старший преподаватель кафедры гидрологии, гидрогеологии и регулирования стока, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»

E-mail: koshevaya81@mail.ru

***Аннотация:** представляемое исследование посвящено подтверждению гипотезы об увеличении в последние десятилетия экстремальных осадков, влияющих на степень почвенной эрозии на севооборотах.*

***Ключевые слова:** экстремальные осадки, поверхностный сток, эрозия почв.*

Степень смыва почв на малых водосборах и в частности на севооборотах зависит в первую очередь от слоя максимального поверхностного стока, формирующегося под влиянием штормовых осадков. Обычно, штормовые осадки принято характеризовать максимальными суточными осадками [1,2,8], поскольку только в редчайших случаях продолжительность штормовых дождей превышает 24 часа. В последние десятилетия практически на всей континентальной территории мира замечены тенденции к увеличению величин максимальных суточных осадков [3-7]. Даже в засушливых зонах – там, где имеется тенденция к уменьшению годовых сумм осадков и проявляются признаки опустынивания, максимальные суточные осадки, как правило, имеют тенденции к увеличению [4]. Однако, такие факты должны проверяться по достаточно длительным данным наблюдений для каждого региона. Суточные максимальные осадки редкой повторяемости (обычно вероятности превышений $P=1\%$) традиционно используются в различных формулах и моделях для получения нормативных максимальных значений слоя и расхода паводковых вод и вызванного дождями смыва почв. Соответственно, основной целью представляемого исследования является проверка гипотезы об увеличении значений максимальных суточных осадков за последние десятилетия в конкретном регионе чернозёмной зоны России. Были поставлены следующие задачи:

- оценить однородность статистического ряда из зафиксированных годовых суточных максимумов осадков;
- сравнить величины годовых суточных максимумов осадков за последние и предыдущие десятилетия;
- определить и сравнить расчётные нормативные величины штормовых осадков, полученные традиционными методами.

В качестве объекта исследований была принята территория Балашовского района Саратовской области, обладающего ценными чернозёмными ресурсами. Метеостанция города Балашов имеет более 60 лет ежесуточных наблюдений, которые позволяют получить достаточно корректные статистические характеристики последних и предыдущих десятилетий. Согласно ряду российских и международных нормативных требований [1,2,8] по данным наблюдений был составлен статистический ряд из 60 годовых максимумов суточных осадков (мм), который представлен в виде хронологического ряда на рисунок 1.

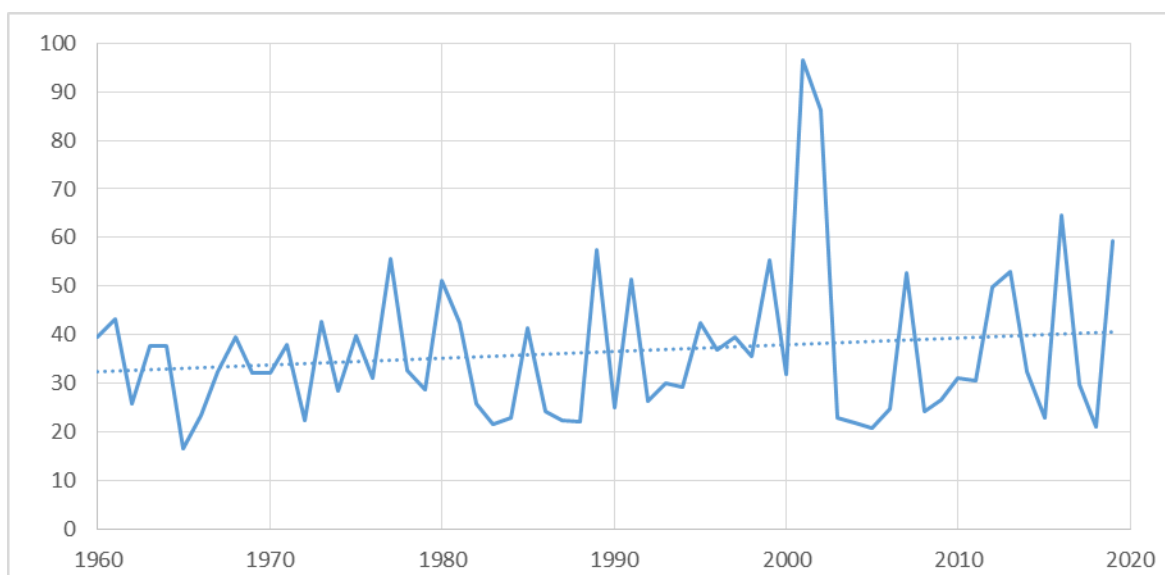


Рисунок 1 - Годовые максимальные суточные осадки по метеостанции Балашов

Из представленного графика на основании линейного тренда (точечная линия) очевидно, что суточные максимумы возрастают по ходу времени. Для более детальной проверки основной гипотезы ряд был поделен на два одинаковых по продолжительности статистических ряда по 30 лет: 1) 1960 – 1989 г.г. и 2) 1990 – 2019 г.г. Использовались традиционные критерии Стьюдента (t) и Фишера (F) для оценки однородности представленных рядов [1].

Статистика критерия Стьюдента вычислялась по формуле:

$$t = \frac{\bar{Q}_1 - \bar{Q}_2}{\sqrt{n_1\sigma_1^2 + n_2\sigma_2^2}} \cdot \sqrt{\frac{n_1 \cdot n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{n_1 + n_2}} \quad (1)$$

где \bar{Q}_1 и \bar{Q}_2 - среднеарифметические значения по данным наблюдений соответственно за n_1 и n_2 лет; а σ_1 и σ_2 - среднеквадратические отклонения сравниваемых рядов.

Распределение статистики t зависит от числа степеней свободы $\gamma = n_1 + n_2 - 2$, в данном случае $\gamma = 58$. Критические значения t_α при уровнях значимости $\alpha = 0,05$ приведены в таблицах многих общеизвестных изданий, для нашего случая значение t по модулю равно 1,37 и меньше критического табличного значения $t_\alpha = 2,03$. То есть гипотеза однородности по этому критерию не отвергается.

Затем вычислялась статистика критерия Фостера F :

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

где σ_1 и σ_2 – прежние обозначения. Следует отметить, что в числитель формулы (2) заносится большее значение из полученных среднеквадратических отклонений. Было получено $F = 3,31$. При степенях свободы $v_1 = n_1 - 1 = 29$ и $v_2 = n_2 - 1 = 29$ табличное значение 1,84, то есть существенно меньше вычисленного. Таким образом, при таких отношениях критерия F можно смело сделать вывод о неоднородности рядов.

Для более убедительного подтверждения нашей основной гипотезы о существенном различии рассматриваемых рядов наблюдений они были ранжированы в убывающем порядке и для каждого члена ряда вычислялась эмпирическая обеспеченность рассчитывалась по формуле Вейбула [8]:

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

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

Полученные результаты представлены в виде точек эмпирической обеспеченности на рис.2, из которого видно, что все точки из опасной зоны вероятности превышения (0%÷25%) значительно выше у второго ряда (1990-2029 годы). Здесь уместно отметить, что все наиболее дорогостоящие противоэрозионные мероприятия, в том числе балочные плотины и противоэрозионные валы с водоотводной мелиоративной сетью обычно проектируются на вероятность превышения суточных максимальных осадков и соответствующего поверхностного стока в пределах обеспеченности 1% ÷ 25%.

Обычно опорным значением штормовых осадков, как правило в нормативных документах, является 1%-ое значение. Чтобы получить такое значение необходимо условиться об аналитическом законе распределения случайных величин и определить параметры их кривой обеспеченности (вероятности превышения). В настоящей работе априори было принято биномиальное распределение Пирсона 3-го типа на том основании, что асимметрия наблюдаемых экстремальных осадков обычно значительна и

соотношение коэффициента асимметрии к коэффициенту вариации заметно выше двух, причем возможно их любое соотношение

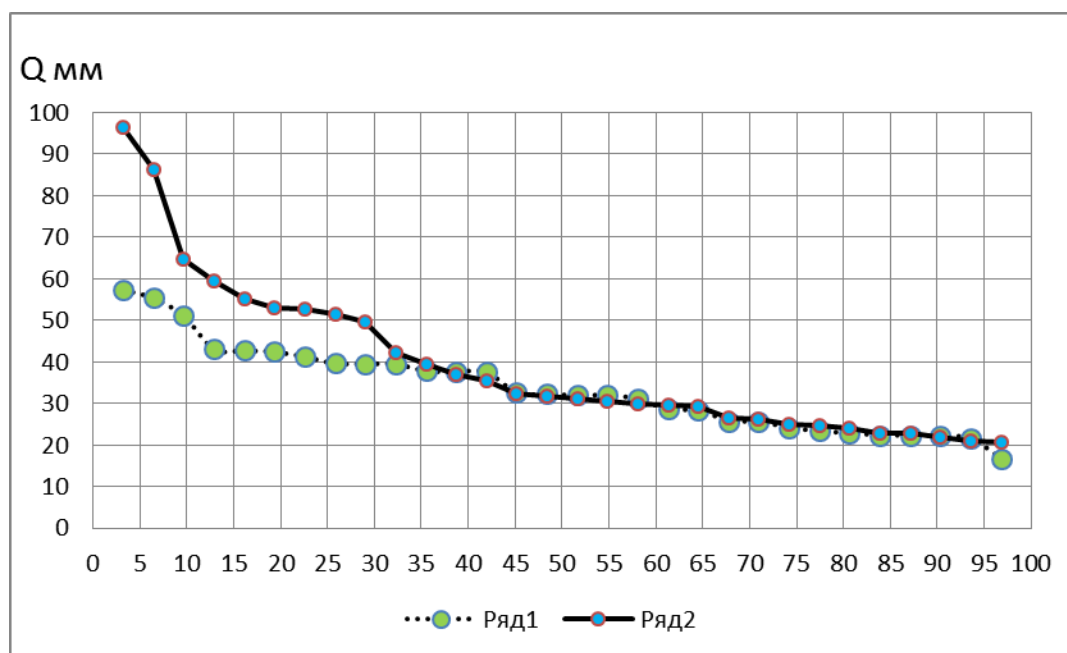


Рисунок 2 – Точки эмпирической обеспеченности (0÷100%) 30-летних рядов максимальных суточных осадков (Q)

. Сам же коэффициент асимметрии (C_s) возможно и удобно определять с помощью функционально связанным с ним коэффициентом скошенности – S по формуле [1,2,8]:

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

где $Q_{5\%}$, $Q_{50\%}$, $Q_{95\%}$ - ординаты, определяемые с эмпирических кривых обеспеченности (рис.2) относительно 5%, 50% и 95%.

Другие параметры – среднее значение и коэффициент вариации в работе определялись методом моментов [1,2,8]. В результате были получены расчётные значения, представленные в таблице.

Таблица 1 – Расчётные значения максимальных суточных осадков по рядам наблюдений

Ряды наблюдений	Расчётные значения			
	Среднее, мм	C_v	C_s	$Q_{1\%}$, мм
Весь наблюдённый ряд	36,4	0,42	1,8	89,1
Ряд 1960 - 1989 годы	33,7	0,30	1,07	68,9
Ряд 1990 - 2019 годы	39,2	0,48	1,67	103

Из таблицы видно, что как средние значения, так и расчётные $Q_{1\%}$, существенно выше за последние десятилетия.

Выводы.

Полученные результаты подтверждают основную гипотезу настоящего исследования о чувствительном повышении максимальных суточных осадков в последние десятилетия.

Расчётный период за последние 30 лет является более предпочтительным, чем весь период наблюдений для оценок степени эрозионного смыва почв и для определения противоэрозионных мероприятий.

Для эрозионных мероприятий в рамках рассмотренного региона, имеющих нормативную обеспеченность (вероятность превышения) 5% и выше - определение расчётных значений по эмпирическим кривым обеспеченности могут быть достаточными и приниматься в качестве проектных значений.

Библиографический список

1. СП 33 – 101 – 2003. Определение основных расчетных гидрологических характеристик. М. 2004 с. 70.
2. Инструкция по определению расчётных гидрологических характеристик при проектировании противоэрозионных мероприятий на европейской территории СССР.-Л.: Гидрометиздат, 1979.
3. Ильинич В.В., Понамарчук К.Р. Оценка вероятностных характеристик суточного слоя штормовых осадков. Вестник Международной общественной академии экологической безопасности и природопользования (МОАЭБП). Выпуск №19(26). М. 2015. С.25-33.
4. Groisman P.Y., Knight R.W., Easterling T.R., Hegerl G.C., Razuvaev V.N. (2005): Trends in intense precipitation in the climate record. *J.Climate*, 18, 1326–1350.
5. Ilinich V.V., T.D. Larina T.D. Evaluation of changes storm Precipitation during century for the modeling of floods. In the book: Sustainable Hydraulics in the Era of Global Change – Erpicum et al. (Eds.) © 2016 Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-02977-4, p. 928 – 934.
6. Ilinich V., Akulova E., Belchihina V. and Ponomarchuk K. Estimation of Statistical Characteristics for Storm Precipitation with Long-term Data to Assess Climate Change. *Journal of Climate Change*, Vol. 2, No. 2 (2016), pp. 83–87. DOI 10.3233/JCC-160019.
7. Zolina, O., C. Simmer, A. Kapala, P. Shabanov, P. Becker, H. Maechel, S. K. Gulev, P. Groisman, 2014: New view on precipitation variability and extremes in Central Europe from a German high resolution daily precipitation dataset: Results from STAMMEX project. *Bulletin of Amer. Met. Soc.*, 96, doi:10.1175/BAMS-D-12-00134.1
8. Statistical methods in the Atmospheric Sciences / Ed. R. Dmowska, D. Hartman, H.T. Rossby // Inter. Geoph. Series. -2011. -Vol. 1. - Oxford, OX51GB, UK. - 668 p.

Assessment of changes in extreme precipitation affecting the degree of soil erosion in crop rotation

Ilinich V.V., PhD in Technical Sciences

Naumova A.A, Senior Lecturer

*Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy
127550, Russia, Moscow, Timiryazevskayastr., 49*

Abstract:*the presented research is dedicate to confirming the hypothesis about increase in extreme precipitation of recent decades, affecting the degree of soil erosion in crop rotations.*

Keywords: *extreme precipitation, runoff, soil erosion.*