

УДК 910:911

DOI: 10.1134/S0869607118060010

ОЦЕНКА ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ ВКЛАДА ОБИЛЬНЫХ ОСАДКОВ В РИСКОВАННОСТЬ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В НЕЧЕРНОЗЕМЬЕ ЕВРОПЕЙСКОЙ РОССИИ

© *М. В. НИКОЛАЕВ*

Агрофизический научно-исследовательский институт, Санкт-Петербург
E-mail: clenrusa@mail.ru

На основе математических методов оценивается изменяющийся вклад обильных осадков в рискованность земледелия в Нечерноземье европейской части России в условиях климатических изменений на протяжении последних 70 лет. Предложена градация высоких значений гидротермического коэффициента Г. Т. Селянинова (ГТК), посредством которой идентифицируются повторяемость и интенсивность проявления агробиологических рисков, связанных с эффектами переувлажнения посевов, на примере их полегания. С помощью функционального анализа показывается усиливающийся вклад экстремального количества осадков в интенсивность полегания на фоне вклада сумм температур воздуха, а также обеспечивается переход к дальнейшему анализу регрессионных связей, которые обнаруживаются вследствие снижения остаточной дисперсии. С использованием методов статистического анализа на вероятностной основе оценивается значимость вклада изменяющегося количества сезонных осадков в рискованность полеводческой практики. Выявлена возрастающая частота резких положительных аномалий летних осадков на интервале 1981—2015 гг. по сравнению с интервалом 1946—1980 гг. Полученные результаты могут быть использованы в сфере страхования посевов, при принятии решений для оптимального управления водным режимом сельскохозяйственных полей (например, посредством модернизации дренажных систем для отвода избыточного поверхностного и внутрипочвенного стока), в селекционных исследованиях для перспективного районирования высокоурожайных культур и их гибридов.

Ключевые слова: изменения климата, временные интервалы, увеличение риска полегания посевов, функциональный анализ, изменение вклада сумм температур и осадков, статистический анализ, увеличение частоты положительных аномалий летних сумм осадков.

Введение. Одним из неблагоприятных факторов для ведения устойчивого земледелия в российском Нечерноземье является нарастающий избыток атмосферной влаги. В последние годы он приводит к ощутимым потерям конечного урожая на больших площадях вследствие резкого переувлажнения посевов. По климатическим сценариям для регионов Европы с умеренно-прохладным климатом предсказывается дальнейший рост количества выпадающих осадков при повышающемся температурном фоне [18, 19] — т. е. в будущем растениеводство в этой части России может оказаться еще более уязвимым к климатическим изменениям. Использование совокупности математических методов анализа эмпирических данных дает возможность получить более детальное представление об изменяющемся характере атмо-

сферного увлажнения и его влиянии на устойчивость растениеводческой практики.

Методы исследования и основные результаты. В качестве исходной информации для последующего анализа привлечены ежегодные данные о суммах осадков по месяцам и средних месячных значениях температуры воздуха за период с 1945 по 2014 г. (дополненные данными о суммах сезонных осадков за 2015 г.) для агрометеорологических станций, расположенных в пределах европейского Нечерноземья. К ним относятся: Смоленск, Псков, Трубчевск, Кострома, Вологда, Вытегра, Петрозаводск, Шенкурск, Котлас и Сыктывкар. Из данных для этих станций получены временные ряды агроклиматических переменных — соответствующих сумм осадков, сумм температур воздуха и производных от них значений гидротермического коэффициента Г. Т. Селянинова (ГТК)¹ [16].

Для характеристики агробиологических рисков, связанных с отрицательным воздействием избыточного увлажнения, удобно использовать значения ГТК, превышающие его среднюю многолетнюю величину на отрезках вегетации. Например, согласно исследованиям А. Д. Пасечнюка [14], надежным агроклиматическим индикатором условий возникновения корнево-стеблевого полегания является пороговое значение $\text{ГТК} = 1.8$. Следуя этому критерию, а также исходя из сравнения высоких значений ГТК за июль, когда формируется конечный урожай (межфазный отрезок «колошение — восковая спелость»), для характеристики интенсивности полегания предлагается следующая градация высоких значений ГТК:

$1.8 \leq \text{ГТК}_{\text{VII}} < 2.5$ (полегание выраженное),

$2.5 < \text{ГТК}_{\text{VII}} < 3.5$ (полегание сильное),

$3.5 < \text{ГТК}_{\text{VII}} < 4.5$ (полегание очень сильное),

$\text{ГТК}_{\text{VII}} > 4.5$ (полегание чрезвычайно сильное).

Такая градация отражает усиливающийся эффект воздействия продолжительных и интенсивных осадков на степень полегания посевов из-за возникновения условий, которые одновременно приводят к разжиженному состоянию поверхности почвы и увеличению механической нагрузки на стебель [17]. Одновременно и доля посевов, подверженных полеганию, в общей структуре засеянных площадей возрастает.

Для сравнительного анализа гидротермических условий период с 1945 по 2014 г. можно разделить на два 35-летних интервала (предварительно отфильтровав годы со значениями ГТК за июль выше 1.8 и соответствующими им суммами осадков и суммами температур воздуха). Такое разделение основывается на учете двух обстоятельств: усиления циклонической активности в средних/высоких широтах в последние десятилетия и наличия выраженного восходящего тренда в изменении среднегодовой приземной температуры воздуха в регионах России начиная с 1980-х гг. [2—4, 7, 8, 15, 18].

Изменение повторяемости лет с возникновением корнево-стеблевого полегания разной интенсивности на интервалах 1945—1979 и 1980—2014 гг. отражают данные табл. 1. Видно, что доля лет с условиями переувлажнения посевов возрастает во всех частях европейского Нечерноземья на интервале, включающем три последних десятилетия.

¹ Отметим, что средние месячные температуры воздуха в июле на исследуемой территории превышают 10 °С, хотя и варьируют в северных регионах от 13.2 (1948, 1956 гг.) до 23.0 °С (2010 г.).

Таблица 1

**Повторяемость полегания посевов разной интенсивности
в европейском Нечерноземье, % лет***

Метеостанция, координаты	Категория полегания							
	выраженное 1.8 ≤ ГТК _{VII} ≤ 2.5		сильное 2.5 < ГТК _{VII} ≤ 3.5		очень сильное 3.5 < ГТК _{VII} ≤ 4.5		чрезвычайно сильное ГТК _{VII} > 4.5	
	1945— 1979	1980— 2014	1945— 1979	1980— 2014	1945— 1979	1980— 2014	1945— 1979	1980— 2014
Псков 57.8° N, 28.4° E	29	9	9	11	0	0	0	0
Смоленск 54.5° N, 32.3° E	20	26	17	9	6	6	0	3
Трубчевск 52.6° N, 33.8° E	14	23	20	9	0	3	0	0
Кострома 57.7° N, 40.8° E	17	23	9	6	6	3	0	0
Петрозаводск 61.8° N, 34.3° E	17	20	11	9	0	3	0	0
Вытегра 61.0° N, 36.4° E	17	29	11	11	0	3	0	0
Вологда 59.3° N, 39.9° E	17	9	9	20	0	0	0	0
Шенкурск 62.1° N, 42.9° E	9	17	9	9	0	0	0	0
Котлас 61.2° N, 46.7° E	14	17	11	6	3	3	0	0
Сыктывкар 61.7° N, 50.8° E	14	23	6	14	3	0	0	0

Примечание. * Ущашение повторяемости выделено жирным шрифтом.

Для выявления изменяющегося вклада влажностного и термического факторов в высокие значения ГТК применен функциональный анализ [6]. При таком подходе ГТК представляется в виде функции от двух переменных — сумм осадков и сумм температур воздуха. В трехмерном изображении — это поверхность, на которой по горизонтальным осям отложены суммы осадков и суммы температур, а по вертикали — значения ГТК. Вид такой поверхности определяется видом функции, которая в случае ГТК представляет дробную функцию с коэффициентом 10, а ее наклон — величиной частных производных по аргументам [11]. На рис. 1 показано трехмерное изображение ГТК для станции Смоленск с нанесенными значениями ГТК_{VII} ≥ 1.8, относящимися к двум интервалам: 1945—1979 и 1980—2014 гг. Для удобства визуальной оценки сдвига поля точек изолинии значений ГТК_{VII} проведены с шагом 0.5.

Оценка значимости вклада каждого из факторов в величину ГТК_{VII} ≥ 1.8, а также изменение соотношения такого вклада на интервалах 1945—1979 и 1980—2014 гг. осуществляется проецированием поверхности на плоскость для каждого из факторов. Критерием такой оценки является теснота связей,

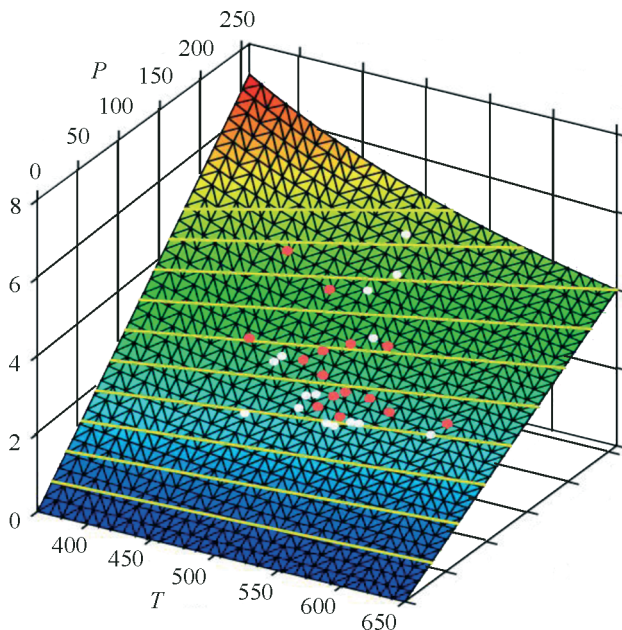


Рис. 1. Трехмерное изображение ГТК_{VII} для метеостанции Смоленск (54.5° N, 32.3° E).
Вертикальная ось: значения ГТК; горизонтальные оси: суммы осадков, мм (P); суммы температур воздуха, °C (T); точки: красный цвет — интервал 1945—1979 гг.; белый — интервал 1980—2014 гг.
Пояснения в тексте.

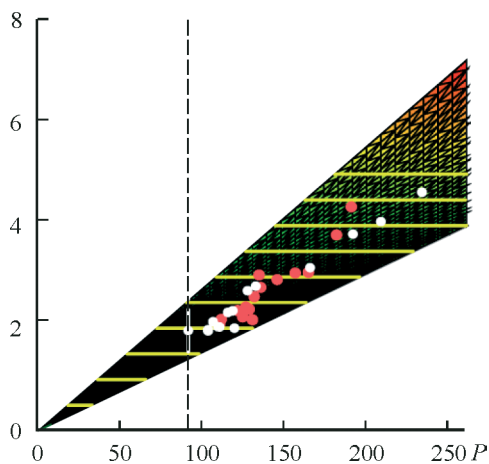


Рис. 2. Изменяющийся вклад обильных осадков в высокие значения ГТК_{VII} для метеостанции Смоленск (54.5° N, 32.3° E).

По горизонтали: суммы осадков за июль, мм (P); по вертикали: значения ГТК_{VII}; пунктирная линия: норма осадков за 70 лет ($\Sigma P_{VII} = 91$ мм); точки: красный цвет — интервал 1945—1979 гг.; белый — интервал 1980—2014 гг. Пояснения в тексте.

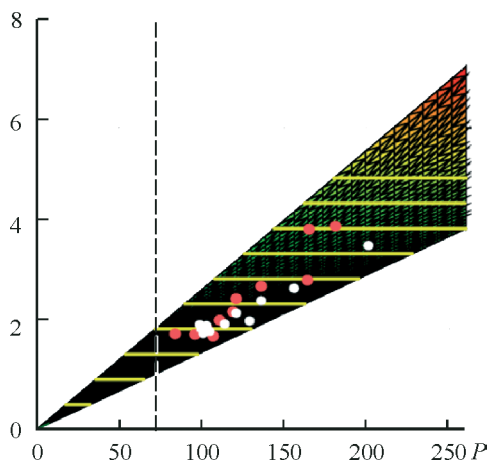


Рис. 3. Изменяющийся вклад обильных осадков в высокие значения $ГТК_{VII}$ для метеостанции Кострома ($57.7^{\circ} N, 40.8^{\circ} E$).

По горизонтали: суммы осадков за июль (P , мм); по вертикали: значения $ГТК_{VII}$; пунктирная линия: норма осадков за 70 лет ($\Sigma P_{VII} = 73$ мм); точки: красный цвет — интервал 1945—1979 гг.; белый — интервал 1980—2014 гг.

изображенных на рис. 2—5. Из их сравнения можно заключить об определяющем вкладе количества осадков, выпавших в июле, в появление высоких значений $ГТК$ по сравнению с вкладом соответственных сумм температур.

Одновременно рис. 2, 3 и 4 иллюстрируют усиливающийся вклад обильных июльских осадков (вследствие проявления их экстремальности) в высокие значения $ГТК_{VII}$ на интервале 1980—2014 гг. в разных частях европейского Нечерноземья. Это выражается в том, что точки, характеризующие условия увлажнения на вышеуказанном интервале, тесно ложатся вдоль пря-

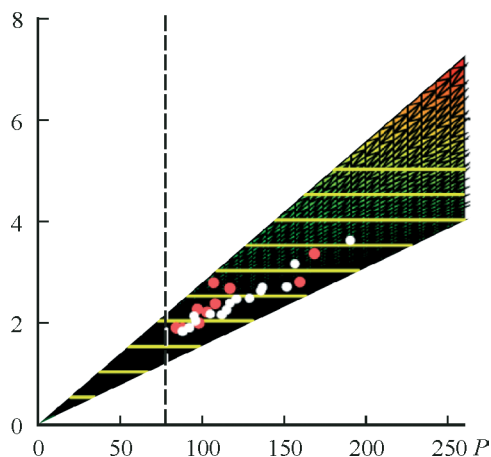


Рис. 4. Изменяющийся вклад обильных осадков в высокие значения $ГТК_{VII}$ для метеостанции Вытегра ($61.0^{\circ} N, 36.4^{\circ} E$).

По горизонтали: суммы осадков за июль (P , мм); по вертикали: значения $ГТК_{VII}$; пунктирная линия: норма осадков за 70 лет ($\Sigma P_{VII} = 77$ мм); точки: красный цвет — интервал 1945—1979 гг.; белый — интервал 1980—2014 гг. Пояснения в тексте.

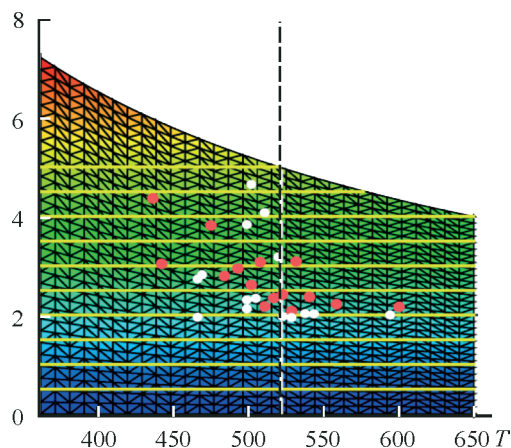


Рис. 5. Изменяющийся вклад сумм температур воздуха в высокие значения ГТК_{VII} для метеостанции Смоленск (54.5° N, 32.3° E).

По горизонтали: суммы температур воздуха за июль (T , °C); по вертикали: значения ГТК_{VII}; пунктирная линия: среднее значение сумм температур воздуха за 70 лет ($\Sigma T_{VII} = 521$ °C); точки: красный цвет — интервал 1945—1979 гг.; белый — интервал 1980—2014 гг. Пояснения в тексте.

Таблица 2

Соотношение повторяемости случаев полегания посевов разной интенсивности при температуре воздуха ниже (числитель) и выше (знаменатель) нормы в европейском Нечерноземье

Метеостанция, координаты	Категория полегания							
	выраженное 1.8 $\leq$ ГТК _{VII} $\leq$ 2.5		сильное 2.5 < ГТК _{VII} $\leq$ 3.5		очень сильное 3.5 < ГТК _{VII} $\leq$ 4.5		чрезвычайно сильное ГТК _{VII} > 4.5	
	1945— 1979	1980— 2014	1945— 1979	1980— 2014	1945— 1979	1980— 2014	1945— 1979	1980— 2014
Псков 57.8° N, 28.4° E	7/2	1/2	2/1	4/0	—	—	—	—
Смоленск 54.5° N, 32.3° E	2/5	4/5	5/1	3/0	2/0	2/0	—	1/0
Трубчевск 52.6° N, 33.8° E	5/0	5/3	6/1	2/1	—	1/0	—	—
Кострома 57.7° N, 40.8° E	5/1	5/2	2/1	1/1	1/0	0/1	—	—
Петрозаводск 61.8° N, 34.3° E	5/1	5/2	4/0	2/2	1/0	—	—	—
Вытегра 61.0° N, 36.4° E	6/0	7/3	3/1	1/3	—	0/1	—	—
Вологда 59.3° N, 39.9° E	6/0	3/0	2/1	3/4	—	—	—	—
Шенкурск 62.1° N, 42.9° E	3/0	3/3	3/0	1/3	—	—	—	—
Котлас 61.2° N, 46.7° E	4/1	1/5	3/1	2/1	1/0	0/1	—	—
Сыктывкар 61.7° N, 50.8° E	4/1	6/2	1/1	2/3	1/0	—	—	—

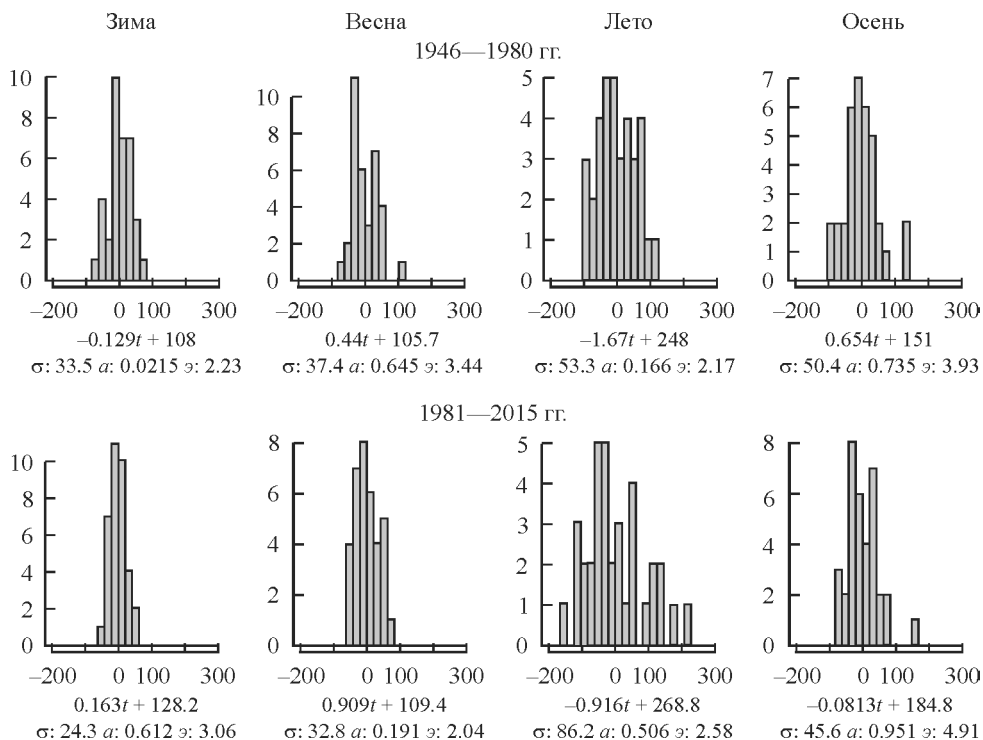


Рис. 6. Гистограммы отклонений сумм сезонных осадков (мм) от трендов на интервалах 1946—1980 и 1981—2015 гг. для метеостанции Псков (57.8° N, 28.4° E).

Под горизонтальной осью: уравнение тренда; σ — среднеквадратическое отклонение; a — асимметрия; ε — эксцесс. Пояснения в тексте.

мой линии, отображая снижение остаточной дисперсии по сравнению с таковой для поля точек, характеризующих условия увлажнения на интервале 1945—1979 гг.

Рис. 5 показывает изменяющийся вклад сумм температур воздуха в высокие значения $\Gamma\text{TK}_{\text{VII}}$ для метеостанции Смоленск. Наблюдается общее смещение облака точек в сторону сумм температур воздуха ниже их среднего многолетнего показателя, что соответствует условиям возникновения полегания, которое обычно происходит на пониженном температурном фоне. Однако точки, относящиеся к интервалу 1980—2014 гг., располагаются несколько правее, т. е. высокие и очень высокие значения $\Gamma\text{TK}_{\text{VII}}$ на этом временном отрезке отмечаются при более высоких суммах температур воздуха.

Помещенные в табл. 2 данные показывают, что в северной части европейского Нечерноземья на интервале 1980—2014 гг. очень высокие значения $\Gamma\text{TK}_{\text{VII}}$ фиксируются даже при суммах температур воздуха выше их средних многолетних показателей. Например, для станции Котлас значение $\Gamma\text{TK}_{\text{VII}} = 4.14$ (2000 г.) отмечено при суммах температур воздуха почти на 100 °C выше их среднего многолетнего значения и исключительно обильных июльских осадках, которые превысили 70-летнюю норму (72 мм) на 177 мм.

Ранее в [12, 20] приведены оценки агробиологических рисков, вызванных неблагоприятной перезимовкой культур в изменяющемся климате. К ним относятся выпревание зимующих растений под мощным снежным покровом и

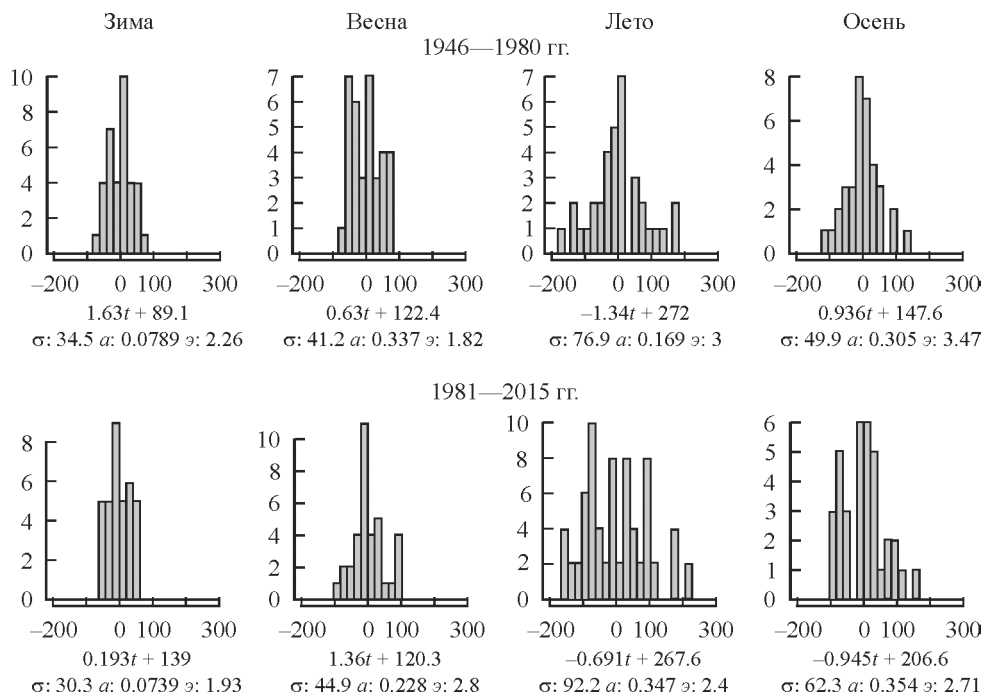


Рис. 7. Гистограммы отклонений сумм сезонных осадков от трендов на интервалах 1946—1980 и 1981—2015 гг. для метеостанции Смоленск (54.5° N, 32.3° E).

Под горизонтальной осью: уравнение тренда; σ — среднеквадратическое отклонение; a — асимметрия; ε — эксцесс. Пояснения в тексте.

их вымокание ранней весной в пониженных формах рельефа. Показано усугубляющееся проявление таких рисков вследствие учащения мягких и влажных зим. В этой связи в [9, 10, 13] с помощью картирования оценивается смещение границ зон рискованного земледелия.

Поскольку полеводство в европейском Нечерноземье часто испытывает отрицательные эффекты избытка осадков на протяжении всего года, включая период уборки урожая, на основе методов статистического анализа [1, 5] также анализируются эмпирические распределения отклонений сумм сезонных осадков от уровней «кусочных» трендов. Сравнения производятся для 35-летних интервалов 1946—1980 и 1981—2015 гг.

Учитывая высокую межгодовую и внутригодовую изменчивость количества выпадающих осадков, выбраны линейные модели для описания трендов. Рис. 6—9 иллюстрируют в виде гистограмм эмпирические распределения отклонений сумм сезонных осадков от уровней трендов на интервалах 1946—1980 и 1981—2015 гг. для некоторых станций, расположенных в западной (Псков, Смоленск) и северной (Вологда, Сыктывкар) частях европейского Нечерноземья. Под каждой из гистограмм приведены уравнение тренда и параметры распределения отклонений сумм сезонных осадков: σ — величина среднеквадратического отклонения (мм), a — асимметрия и ε — эксцесс.

Например, для Пскова (рис. 6) характерно резкое возрастание величины σ для отклонений сумм летних осадков на интервале 1981—2015 гг. (более чем в 1.6 раза превышает соответствующую величину на интервале 1946—

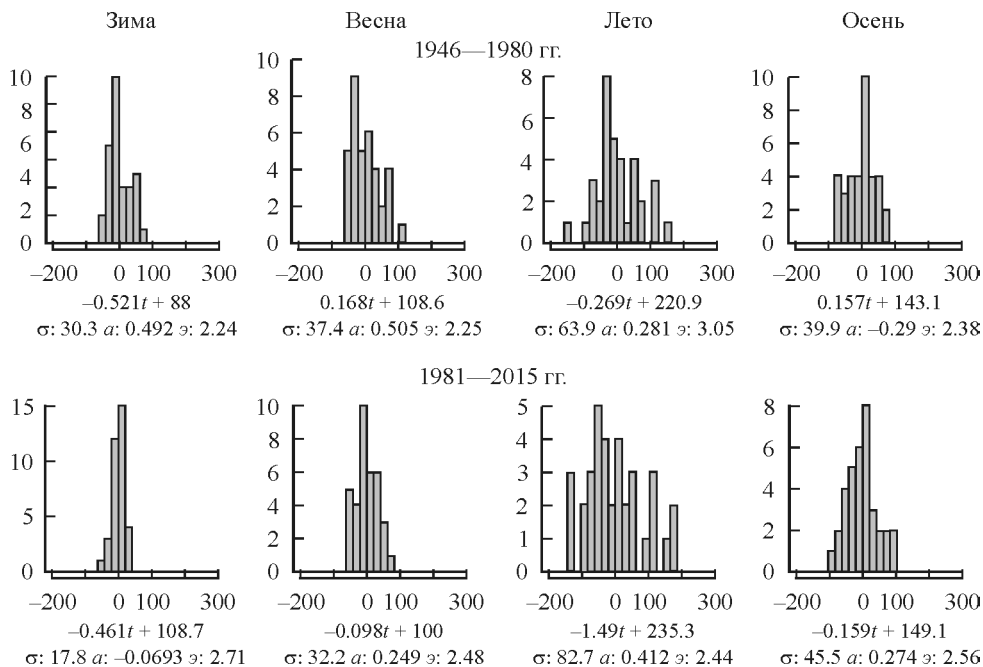


Рис. 8. Гистограммы отклонений сумм сезонных осадков от трендов на интервалах 1946—1980 и 1981—2015 гг. для метеостанции Вологда (59.3° N, 39.9° E).

Под горизонтальной осью: уравнение тренда; σ — среднеквадратическое отклонение; a — асимметрия; ϵ — эксцесс. Пояснения в тексте.

1980 гг.) за счет появления «краевых» положительных аномалий, обусловленных экстремальным количеством осадков. Хотя для осенних осадков величина σ немного уменьшается на интервале 1981—2015 гг., тем не менее фиксируется возрастающая частота аномалий, связанных с крайне высокими суммами осадков. Поэтому для интервала 1981—2015 гг. гистограммы отклонений сумм осадков почти во все сезоны отличаются большей асимметричностью, которая положительная. Эксцесс также более выражен, отражая острровершинность распределений.

Для Смоленска (рис. 7) по аналогичной причине отмечается рост величин дисперсий отклонений сумм летних и осенних осадков на интервале 1981—2015 гг.; они в 1.2 раза превышают соответствующие величины σ на интервале 1946—1980 гг. Наблюдается и незначительный рост величины σ для отклонений сумм весенних осадков. Для интервала 1981—2015 гг. все распределения имеют положительную асимметрию, более выраженную по сравнению с видом гистограмм для интервала 1946—1980 гг., за исключением весны. Эксцесс в целом менее выражен.

Для Вологды (рис. 8), так же как для Пскова и Смоленска, характерно возрастание величины σ для отклонений сумм летних осадков на интервале 1981—2015 гг. (в 1.3 раза превышает величину σ на интервале 1946—1980 гг.) за счет частого появления «краевых» положительных аномалий, соответствующих высоким суммам осадков. Для интервала 1981—2015 гг. асимметрия распределений, относящихся к отклонениям сумм зимних и весенних осадков, менее выражена, в то же время она значительна для летнего

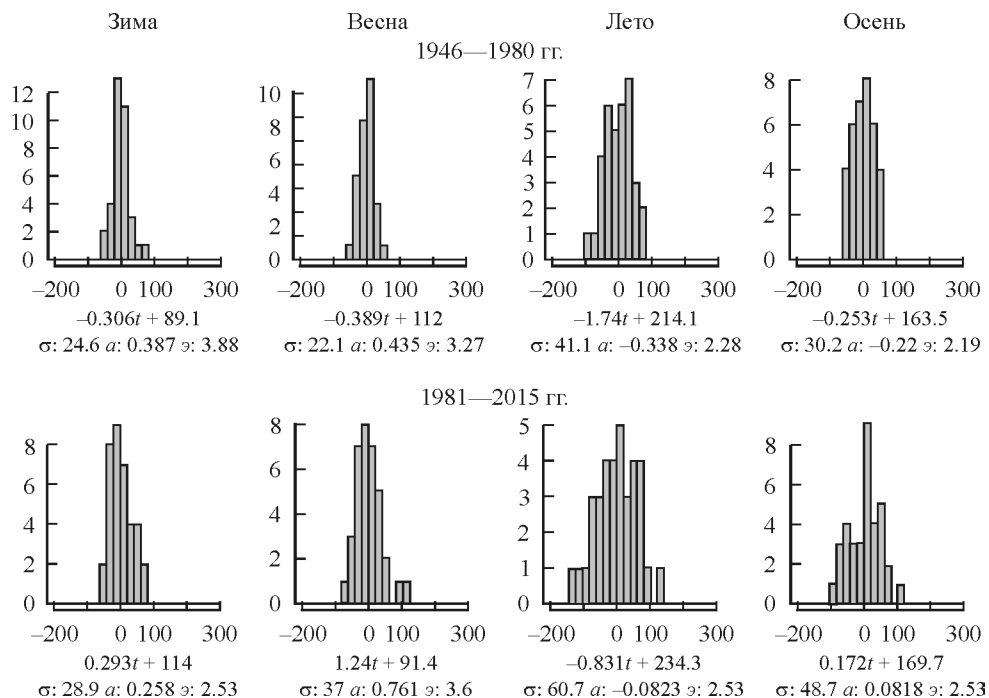


Рис. 9. Гистограммы отклонений сумм сезонных осадков от трендов на интервалах 1946—1980 и 1981—2015 гг. для метеостанции Сыктывкар (61.7° N, 50.8° E).

Под горизонтальной осью: уравнение тренда; σ — среднеквадратическое отклонение; a — асимметрия; ε — эксцесс. Пояснения в тексте.

сезона. Эксцесс распределений имеет незначительные отличия для обоих интервалов.

Для Сыктывкара (рис. 9) сравнение гистограмм показывает возрастание величины σ на интервале 1981—2015 гг. во все сезоны года как результат учащения резких положительных аномалий осадков. Асимметрия положительная (слабовыраженная отрицательная асимметрия имеет место только для распределения частоты отклонений сумм летних осадков). Эксцесс для всех распределений отличается незначительно, кроме зимнего сезона.

Подобное возрастание величины σ отмечается и для других станций, расположенных в северной части европейского Нечерноземья. Например, для Шенкурска и Котласа величина σ отклонений сумм летних осадков на интервале 1981—2015 гг. соответственно превышает более чем в 1.2 и 1.1 раза такую величину на интервале 1946—1980 гг. Также отмечается небольшое увеличение σ отклонений сумм весенних осадков (Шенкурск) и отклонений сумм зимних осадков (Котлас).

Выводы. Оценки, полученные на основе применения совокупности математических методов анализа данных, свидетельствуют об усиливающемся проявлении негативных эффектов избытка атмосферной влаги в растениеводческом секторе Нечерноземья в условиях нарастающих климатических изменений. Это выражается как в учащении повторяемости неблагоприятных для сельского хозяйства лет, так и увеличении масштабов потерь растениеводческой продукции из-за усугубляющегося переувлажнения посевов.

Использование функционального анализа не только позволяет более отчетливо разграничить изменяющийся вклад влажностного и термического факторов в возникновение агробиологических рисков на рассматриваемых временных интервалах, но и обеспечивает переход к анализу регрессионных связей, которые обнаруживаются вследствие снижения остаточной дисперсии. Приведенные на рис. 2—4 графические построения и помещенные в табл. 2 данные наглядно иллюстрируют усиливающийся вклад экстремально-го количества осадков в интенсивность полегания посевов на фоне вклада сумм температур воздуха. В результате этого достигается более надежная экстраполяция условий возникновения такого рода рисков на ближайшую перспективу — например, посредством построения линейных регрессионных моделей. К тому же расширяется возможность и для более детальной сопоставимости регрессионных оценок с модельными оценками влажностных условий на более отдаленное будущее.

Одновременно применение методов статистического анализа, таких как тренд-анализ и анализ эмпирических функций распределения остаточной дисперсии, позволяет на вероятностной основе оценивать значимость вклада изменяющегося количества сезонных осадков в рискованность полеводческой практики. Из сравнения гистограмм отклонений сумм сезонных осадков от уровней трендов для двух интервалов (рис. 6—9) можно заключить, что возрастание величины σ на интервале 1981—2015 гг. главным образом обусловлено увеличивающейся частотой резких положительных аномалий осадков на протяжении летнего сезона, а также более частым появлением таких аномалий в осенний период. В последних случаях затрудняется уборка урожая и создаются неблагоприятные условия в предзимьях для развития всходов озимых культур.

Список литературы

- [1] *Андерсон Т.* Статистический анализ временных рядов. М.: Мир, 1976. 756 с.
- [2] Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. М.: Росгидромет, 2014. 58 с.
- [3] *Катцов В. М., Школьник И. М., Ефимов С. В.* Перспективные оценки изменений климата в российских регионах: детализация в физических и вероятностных пространствах // Метеорология и гидрология. 2017. № 6. С. 68—81.
- [4] *Киктев Д. Б., Круглова Е. Н., Куликова И. А.* Влияние крупномасштабных мод атмосферной циркуляции на режим температуры и осадков в Арктике // Метеорология и гидрология. 2018. № 1. С. 5—21.
- [5] *Коваленко И. Н., Филиппова А. А.* Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 1982. 256 с.
- [6] *Колмогоров А. Н., Фомин С. В.* Элементы теории функции и функционального анализа (изд. 4-е, перераб.). М.: Наука, 1976. 544 с.
- [7] *Куликова И. А., Круглова Е. Н., Киктев Д. Б.* Крупномасштабные моды атмосферной изменчивости. Ч. II. Их влияние на пространственное распределение температуры и осадков на территории Северной Евразии // Метеорология и гидрология. 2015. № 4. С. 5—15.
- [8] *Муравьев А. В., Куликова И. А.* Взаимосвязь суммарных осадков над Евразией с центрами действия атмосферы Северного полушария и главными модами изменчивости температуры поверхности Северной Атлантики // Метеорология и гидрология. 2011. № 5. С. 5—16.

- [9] *Николаев М. В.* Оценка смещения границ зон рискованного земледелия в условиях изменения климата // Изв. РГО. 2015. Т. 147, вып. 1. С. 54—65.
- [10] *Николаев М. В.* Использование метода пространственно-временных аналогов для оценок уязвимости земледелия к воздействию климатических изменений // Изв. РГО. 2015. Т. 147, вып. 2. С. 1—12.
- [11] *Николаев М. В.* Оценка изменяющегося вклада влажностного и термического факторов в засушливость территорий Европейской части России и Западной Сибири // Агрофизика. 2016. № 4. С. 24—34.
- [12] *Николаев М. В.* Климатический мониторинг для оценок уязвимости сельскохозяйственных территорий к эффектам переувлажнения в Нечерноземной зоне Европейской России // Изв. РГО. 2017. Т. 149, вып. 5. С. 4—16.
- [13] *Николаев М. В.* Уязвимость и адаптация полеводства в регионах России к факторам атмосферной засухи и избыточного увлажнения в условиях изменяющегося климата // Материалы Междунар. науч. конф., посвящ. 85-летию Агрофизического НИИ «Тенденции развития агрофизики: от актуальных проблем земледелия и растениеводства к технологиям будущего» (Санкт-Петербург, 27—29 сентября 2017 г.) СПб.: ФГБНУ АФИ, 2017. С. 513—520.
- [14] *Пасечнюк А. Д.* Погода и полегание зерновых культур. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 212 с.
- [15] *Полонский А. Б., Кибальчич И. А.* Циркуляционные индексы и температурный режим Восточной Европы в зимний период // Метеорология и гидрология. 2015. № 1. С. 5—17.
- [16] *Селянинов Г. Т.* Принципы агроклиматического районирования СССР // Вопросы агроклиматического районирования СССР. М.: Изд-во МСХ СССР, 1958. С. 7—13.
- [17] Справочник агронома по сельскохозяйственной метеорологии. Нечерноземная зона европейской части РСФСР / Под ред. И. Г. Грингофа. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 527 с.
- [18] CLIMATE CHANGE 2014 Synthesis Report / Edited by The Core Writing Team, Rajendra K. Pachauri, Leo Meyer. WMO: Geneva, 2014. 132 p.
- [19] *Kjellstrom E., Nikulin G., Hansson U., Stranberg G., Ullerstig A.* 21st century changes in the European climate: uncertainties derived from the ensemble of regional climate models simulations // Tellus. 2011. 63 A (1). P. 24—40. doi:10.1111/j.1600-0870.2010.00475.x
- [20] *Nikolaev M. V.* Impact of climate change on agriculture in North-West Russia and adaptation options / D. T. Mihailovic, B. Lalic (eds): Advances in Environmental Modeling and Measurements. Chapter 20. Nova Science Publishers, Inc. New York, 2010. P. 223—231.

Поступила в редакцию 3.07.2018 г.
 После доработки 8.09.2018 г.
 Принята к публикации 18.09.2018 г.

Assessing the changing contribution of abundant precipitation to farming risks in the Non-Chernozem zone of European Russia

© M. V. Nikolaev

Agrophysical Research Institute, St. Petersburg
E-mail: clenrusa@mail.ru

Based on mathematical methods, the changing contribution of abundant precipitation to farming risks in the Non-Chernozem zone of European Russia under changing climate conditions over the last 70 years is estimated. For evaluation of crop lodging risks, a grade scale of high values of the G.T. Selyaninov Index is proposed. It allows identifying the recurrence and intensity of farming risks associated with the crop overwetting effects. By means of functional analysis, the increase in contribution of extreme precipitation sums to the crop lodging intensity in comparison with air temperature sums contribution is shown. By applying the statistical analysis methods on the probabilistic basis the significance of the contribution of increasing seasonal precipitation totals to risk degree in crop production practice is assessed. The rising frequency of sharp positive anomalies in summertime precipitation totals within the period of 1981–2015 in comparison with 1946–1980 period is revealed. The obtained results may be used: in crop insurance; in decision-making for improvement of water regime control within agricultural fields (e.g., by means of drainage systems modernization in terms of drainage of surplus of surface and subsurface runoff); in breeding research related to zoning of high productive crops and their hybrids.

Key words: climatic changes, time intervals, increase in risk of crop overwetting, functional analysis, changing contribution of precipitation and temperature sums, statistical analysis, rising frequency of high precipitation totals.

References

- [1] *Anderson T.* Statisticheskij analiz vremennyh rjadov. M.: Mir, 1976. 756 s.
- [2] Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmenenijah klimata i ih posledstvijah na territorii Rossijskoj Federacii. Obshhee rezjume. M.: Rosgidromet, 2014. 58 s.
- [3] *Katcov V. M., Shkol'nik I. M., Efimov S. V.* Perspektivnye ocenki izmenenij klimata v rossijskikh regionah: detalizacija v fizicheskikh i verojatnostnyh prostranstvah // *Meteorologija i gidrologija*. 2017. N 6. S. 68–81.
- [4] *Kiktev D. B., Kruglova E. N., Kulikova I. A.* Vlijanie krupnomashtabnyh mod atmosfernoj cirkuljacii na rezhim temperatury i osadkov v Arktike // *Meteorologija i gidrologija*. 2018. N 1. S. 5–21.
- [5] *Kovalenko I. N., Filippova A. A.* Teorija verojatnostej i matematicheskaja statistika. M.: Vyshaja shkola, 1982. 256 s.
- [6] *Kolmogorov A. N., Fomin S. V.* Elementy teorii funkcion i funkcional'nogo analiza (izd. 4-e, pererab.). M.: Nauka, 1976. 544 s.
- [7] *Kulikova I. A., Kruglova E. N., Kiktev D. B.* Krupnomashtabnye mody atmosfernoj izmenchivosti. C. II. Ih vlijanie na prostranstvennoe raspredelenie temperatury i osadkov na territorii Severnoj Evrazii // *Meteorologija i gidrologija*. 2015. N 4. S. 5–15.
- [8] *Murav'ev A. V., Kulikova I. A.* Vzaimosvjaz' summarnykh osadkov nad Evraziej s centrami dejstvija atmosfery Severnogo polusharija i glavnymi modami izmenchivosti temperatury poverhnosti Severnoj Atlantiki // *Meteorologija i gidrologija*. 2011. N 5. S. 5–16.
- [9] *Nikolaev M. V.* Ocenka smeshhenija granic zon riskovannogo zemledelija v uslovijah izmenenija klimata // *Izv. RGO*. 2015. T. 147, vyp. 1. S. 54–65.
- [10] *Nikolaev M. V.* Ispol'zovanie metoda prostranstvenno-vremennyh analogov dlja ocenok ujazvimosti zemledelija k vozdejstvu klimaticheskikh izmenenij // *Izv. RGO*. 2015. T. 147, vyp. 2. S. 1–12.
- [11] *Nikolaev M. V.* Ocenka izmenjajuchegosja vklada vlazhnostnogo i termicheskogo faktorov v zasushlivost' territorij evropejskoj chasti Rossii i Zapadnoi Sibiri // *Agrofizika*. 2016. N 4. S. 24–34.

- [12] *Nikolaev M. V.* Klimaticheskij monitoring dlja ocenok ujazvimosti sel'skohozjajstvennyh territorij k efektam pereuvlazhnenija v Nechernozemnoj zone Evropejskoj Rossii // *Izv. RGO.* 2017. T.149, vyp. 5. S. 4—16.
- [13] *Nikolaev M. V.* Ujazvimost' i adaptacija polevodstva v regionah Rossii k faktoram atmosfernoj zasuhi i izbytochnogo uvlazhnenija v uslovijah izmenjajuchegosja klimata. *Materialy Mezhdunar. nauch. konf., posvjachh. 85-letiju Agrofizicheskogo NII «Tendencii razvitija agrofiziki: ot aktual'nyh problem zemledelija i rastenievodstva k tehnologijam buduchhego» (Sankt-Peterburg, 27—29 sentjabrja 2017 g.)* SPb: FGBNU AFI, 2017. S. 513—520.
- [14] *Pasechnjuk A. D.* Pogoda i poleganie zernovyh kul'tur. L.: Gidrometeoizdat, 1990. 212 s.
- [15] *Polonskij A. B., Kibal'chich I. A.* Cirkuljacionnye indeksy i temperaturnyj rezhim Vostochnoj Evropy v zimnij period // *Meteorologija i gidrologija.* 2015. N 1. S. 5—17.
- [16] *Seljaninov G. T.* Principy agroklimaticheskogo rajonirovanija SSSR // *Voprosy agroklimaticheskogo rajonirovanija SSSR.* M.: Izd-vo MSH SSSR, 1958. S. 7—13.
- [17] *Spravochnik agronoma po sel'skohozjajstvennoj meteorologii. Nechernozemnaja zona evropejskoj chasti RSFSR* / Pod red. I. G. Gringofa. L.: Gidrometeoizdat, 1986. 527 s.
- [18] CLIMATE CHANGE 2014 Synthesis Report / Edited by The Core Writing Team, Rajendra K. Pachauri, Leo Meyer. WMO: Geneva, 2014. 132 p.
- [19] *Kjellstrom E., Nikulin G., Hansson U., Stranberg G., Ullerstig A.* 21st century changes in the European climate: uncertainties derived from the ensemble of regional climate models simulations // *Tellus.* 2011. 63A(1). P. 24—40. doi:10.1111/j.1600-0870.2010.00475.x
- [20] *Nikolaev M. V.* Impact of climate change on agriculture in North-West Russia and adaptation options / D. T. Mihailovic, B. Lalic (eds): *Advances in Environmental Modeling and Measurements.* Chapter 20. Nova Science Publishers, Inc. New York, 2010. P. 223—231.

DOI: 10.1134/S0869607118060022

Изв. РГО. 2018. Т. 150, вып. 6

СОСТОЯНИЕ ЗДОРОВЬЯ МОСКВИЧЕЙ НА ОСНОВЕ СОЦИОЛОГИЧЕСКИХ ОПРОСОВ НАСЕЛЕНИЯ

© *Н. В. ШАРТОВА*,¹ *С. М. МАЛХАЗОВА*²

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова

E-mail: ¹ shartova@yandex.ru

² sveta_geo@mail.ru

Статья посвящена анализу состояния здоровья населения Москвы на основе результатов социологического опроса, проведенного в Восточном и Западном административных округах (ВАО и ЗАО) субъекта Федерации в 2015 г. Для обработки результатов опросов использована методика, базирующаяся на теории графов. Выделены группы респондентов, отличающиеся в оценке собственного здоровья и восприятии факторов, на него влияющих, в зависимости от социально-экономического статуса, места проживания и других оценочных характеристик. Выявлено, что для жителей исследуемых районов Москвы по сравнению с другими горожанами России характерна более позитивная оценка собственного здоровья. Тем не менее состояние здоровья жителей ВАО и ЗАО, по их самооценкам, можно определить от «среднего» до «хорошего». При этом принципиальных раз-