

## К ВОПРОСУ ПОСТРОЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

Парфомук С.И.

Брестский государственный технический университет, Брест,  
parfom@mail.ru

Почва – один из наиболее важных природных ресурсов. В настоящее время уделяется много внимания исследованию почвы, увеличению ее плодородности. Вышесказанное напрямую относится к Беларуси и, особенно, к ее Полесскому региону. Территория Полесья в больших масштабах подвержена опустыниванию, которое потребует пересмотра всей стратегии ведения сельского хозяйства, по причине изменения температурного и других режимов, влияющих на формирование и изменение почвы.

Одним из факторов плодородности почв является их увлажненность, на которую влияют такие составляющие, как температура воздуха, атмосферные осадки, суммарное испарение, а также скорость ветра в приземных слоях атмосферы.

Динамика влажности почвы является случайным процессом, поэтому связанные с ней методы прогноза должны основываться на применении адекватного математического аппарата, каковым является теория случайных функций (процессов). Наиболее известный класс моделей динамики влажности почвы составляют линейные авторегрессионные модели, т.е. марковские модели. Стохастический процесс, описанный этими моделями, принадлежит к броуновой области притяжения. Такие модели подчиняются закону больших чисел и центральной предельной теореме. Они очень удобны для описания временных рядов и позволяют воспроизводить любую корреляционную функцию, начиная от простой одношаговой связи (простая цепь) и до сложной многошаговой связи (сложная цепь).

Если рассматривать связь суммарного испарения и влажности почвы, то все рекомендации по моделированию и расчету испарения, имеющие генетическое обоснование, принято представлять следующей обобщенной моделью

$$E = E_0 K_w = \beta_1 \overline{E_{01}} K_w = \beta_1 \alpha_1 \alpha_w dK_w,$$

где  $E$  - слой испарения за расчетный календарный интервал времени (декада, месяц, сезон, год) или фазу вегетации;  $E_0$  - максимально возможное испарение (почвенная испаряемость) за то же время;  $K_w$  - коэффициент, учитывающий редукцию испарения под влиянием недостатка почвенной влаги, т. е. некоторая функция почвенной влажности;  $\overline{E_{01}}$  - максимально возможное в данных метеорологических условиях испарение;  $\beta_1$  - коэффициент, определяющий замедление или ускорение испаряемости в различных фазах развития растений или под влиянием агротехники;  $\alpha_1$  - ко-

эффицент пропорциональности между  $E_0$  и дефицитом влажности воздуха  $d$ ;  $\alpha_w$  - коэффициент, учитывающий влияние скорости ветра на испаряемость.

В настоящей работе предпринята попытка, исходя из анализа данных инструментальных наблюдений вектора скорости приземного ветра, выявить факторы, определяющие современные изменения влажности почвы бассейна Полесья.

Следует отметить, что среди гидрометеорологических характеристик только скорость ветра – векторная величина. В различных гидрометеорологических и геофизических параметризациях, алгоритмах и расчетных схемах почти всегда используется скалярная величина – модуль скорости ветра (от средних мгновенных значений до средних за месяц и год).

Для описания современных многолетних изменений вектора скорости в Полесском регионе Беларуси использован массив данных наблюдений, проводимых в период с 1980 по 1999 г. Массив содержит данные о скорости ветра в вегетативный период (с мая по октябрь включительно) по трем метеостанциям: Минск, Брест и Полеская.

На метеостанции Минск (рис.1) во все месяцы отмечена тенденция к уменьшению скорости ветра. Многолетние направленные изменения скорости ветра наиболее значимы в конце вегетативного периода, т.е. в октябре и составляют  $\sim -0,6$  (м/с)/10 лет, а наименее значимы – в августе и сентябре ( $\sim -0,32$  и  $-0,24$  (м/с)/10 лет соответственно). В первой половине вегетативного периода (месяцы с мая по июль) наблюдается статистически значимый тренд ( $\sim -0,45$  (м/с)/10 лет).

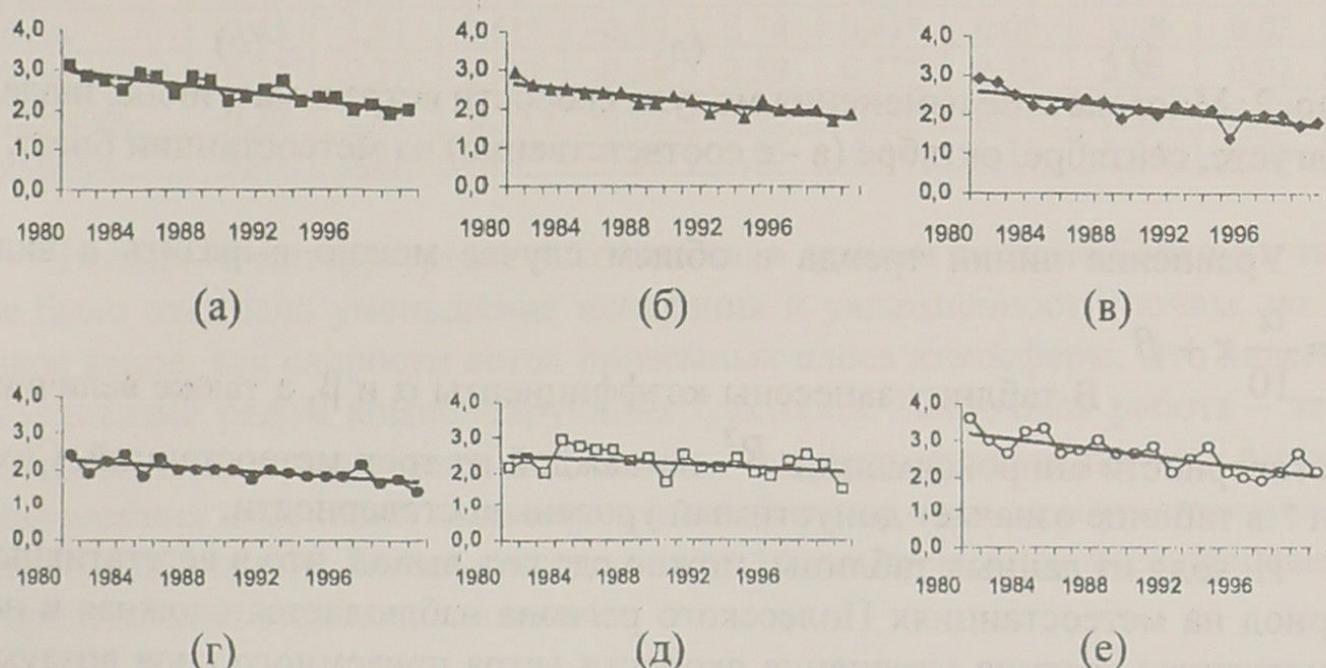


Рис. 1. Многолетние изменения модуля скорости ветра в мае, июне, июле, августе, сентябре, октябре (а - е соответственно) на метеостанции Минск.

На метеостанции Брест (рис.2) также отмечается статистически значимый линейный тренд в многолетнем ходе скорости ветра для всех месяцев (в среднем  $-0,3$  (м/с)/10 лет) с той лишь разницей, что изменения скорости ветра наиболее значимы в июле, а наименее – в сентябре.

Анализ данных по этим двум метеостанциям свидетельствует о том, что обнаруженные на них отрицательные тренды в среднегодовых модулях скорости ветра обеспечены наличием таких тенденций во все месяцы вегетативного периода. Можно также отметить, что наименьший вклад в эту тенденцию вносят сентябрьские ветры, а остальные – примерно одинаковый.

В отличие от вышеописанных метеостанций, на метеостанции Полеская (рис.3) наблюдается противоположная картина в поведении скорости ветра в вегетативный период года. На этой метеостанции отмечается небольшой, но положительный линейный тренд с максимальным значением 0,32 (м/с)/10 лет в октябре и минимальным – 0,086 (м/с)/10 лет в июле.

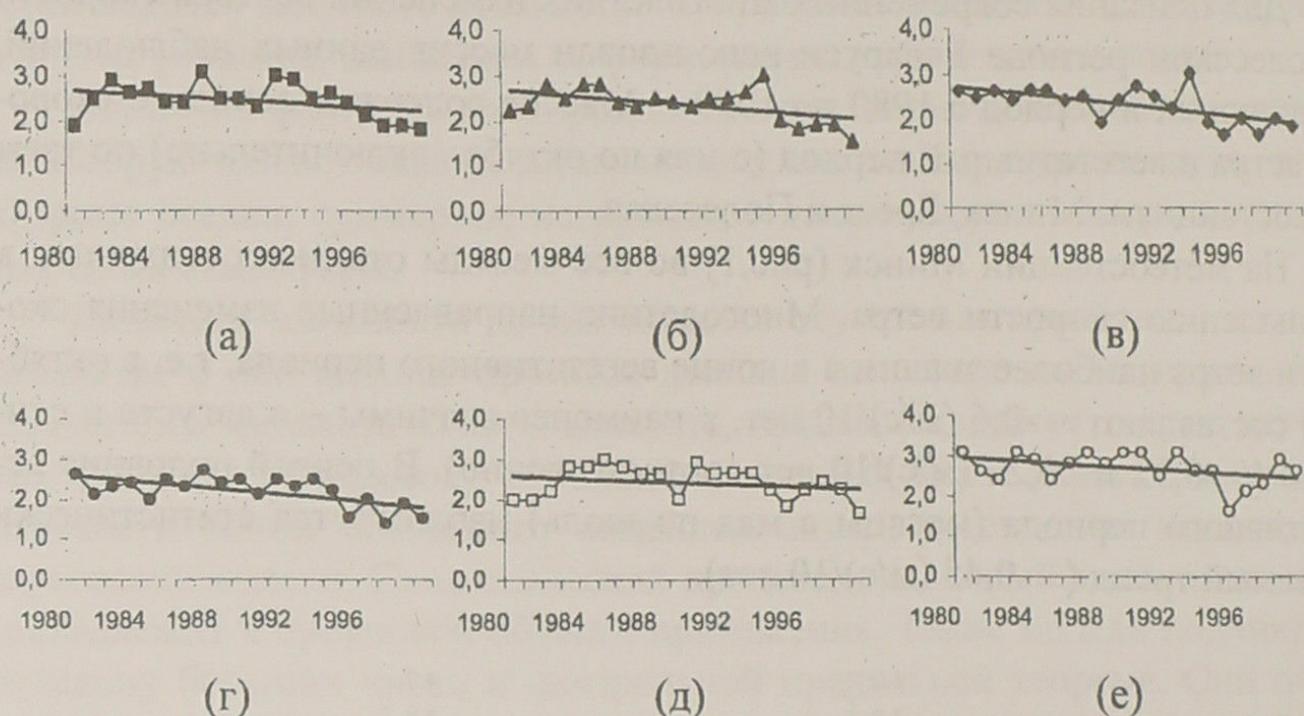


Рис. 2. Многолетние изменения модуля скорости ветра в мае, июне, июле, августе, сентябре (а - е соответственно) на метеостанции Брест.

Уравнение линии тренда в общем случае можно выразить в виде

$$y = \frac{\alpha}{10} x + \beta$$

. В таблицу занесены коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$ , а также величина достоверности аппроксимации  $R^2$  по каждой из трех метеостанций. Символ \* в таблице означает допустимый уровень достоверности.

Исходя из данных таблицы, можно сделать вывод, что в вегетативный период на метеостанциях Полесского региона наблюдается сложная и неоднозначная картина изменения скорости ветра приземного слоя воздуха. Отмечается ее увеличение и уменьшение. Максимальное уменьшение скорости ветра наблюдается на метеостанции Минск в октябре, а минимальное – на метеостанции Брест в сентябре. Увеличение скорости приземного ветра происходит лишь на метеостанции Полеская, но ему не уделяется особого внимания, потому что для этой метеостанции довольно низкая величина достоверности аппроксимации  $R^2$ .

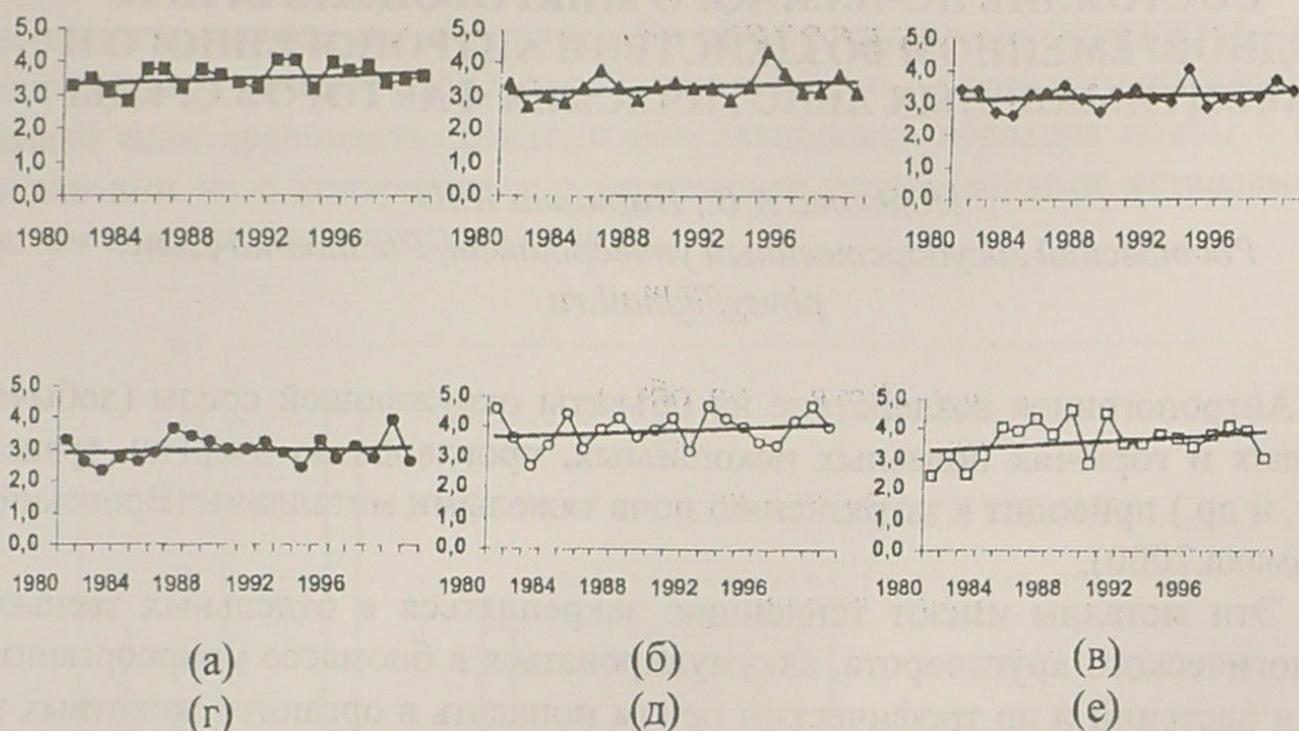


Рис. 3. Многолетние изменения модуля скорости ветра в мае, июне, июле, августе, сентябре, октябре (а - е соответственно) на метеостанции Полесская.

Таблица

Параметры  $\alpha, \beta$  и  $R^2$  для трех метеостанций

Месяц	Метеостанция / параметры								
	Минск			Брест			Полесская		
	$\alpha$	$\beta$	$R^2$	$\alpha$	$\beta$	$R^2$	$\alpha$	$\beta$	$R^2$
Май	-0,49	2,97	0,72*	-0,26	2,71	0,16	0,22	3,33	0,13
Июнь	-0,45	2,67	0,78*	-0,36	2,72	0,30*	0,18	3,09	0,07
Июль	-0,45	2,61	0,61*	-0,42	2,74	0,41*	0,09	3,08	0,02
Август	-0,32	2,27	0,52*	-0,39	2,59	0,37*	0,10	2,86	0,02
Сентябрь	-0,24	2,51	0,17	-0,21	2,61	0,10	0,23	3,67	0,10
Октябрь	-0,61	3,25	0,61*	-0,25	2,95	0,14	0,32	3,24	0,06

Исходя из литературных источников, в данном регионе Беларуси также было отмечено уменьшение испарения и увлажненности почвы, но не такое явное, как скорости ветра приземных слоев атмосферы. Это явление обусловлено рядом компенсирующих факторов. Настоящая работа – этап построения детерминированной модели водного режима почвы. Анализ многолетних изменений количества атмосферных осадков и температуры в Полесском регионе Беларуси с целью их математического моделирования – предстоящий этап исследований.