

График зависимости модуля стока от распаханности (рис. 1-3). По результатам построения получено три графика зависимости модуля стока от распаханности с соответствующими уравнениями регрессии и коэффициентами корреляции: 1) $M = -0,0,0555(x + 8,4684)$; $r = 0,75$; 2) $M = -0,1161(x + 12,388)$; $r = 0,93$; 3) $M = -0,0444(x + 5,8223)$; $r = 0,85$. Первый график описывает Витебскую, практически всю Гродненскую, северную часть Могилёвской и северную, центральную части Минской области (значение модуля стока составляет 5,7 л/с с км² при распаханности 50%). Второй график охватывает северо-восточную часть Гродненской и северо-западную части Минской области (значение модуля стока составляет 6,4 л/с с км² при той же распаханности). Третий график представлен для Брестской, Гомельской, южной части Минской и Могилёвской областей (значение модуля стока составляет 3,5 л/с с км² при распаханности 50%). Все три графика указывают на уменьшение модулей стока с увеличением распаханности. Причина, по-видимому, в том, что при распахке полей на водосборах происходит аккумуляция вод и наиболее интенсивная инфильтрация их в грунтовые воды.

Выводы:

- при увеличении широты происходит увеличение модулей стока;
- увеличение уклонов водотоков вызывает увеличение модулей стока;
- при увеличении площади леса в Витебской, Гродненской и Минской областях, сложенных дерново-подзолистыми почвами и с лесными массивами, состоящими из лиственных пород происходит уменьшение модулей стока. В Брестской, Гомельской и Могилёвской, сложенных, преимущественно, торфяно-болотными, глеевыми, дерново-заболоченными почвами, при увеличении площади леса происходит увеличение модулей стока;
- увеличение площади заболоченных земель приводит к уменьшению модулей стока;
- при увеличении площади водосбора происходит увеличение модулей стока;
- увеличение общей заболоченности свидетельствует об уменьшении модулей стока;
- с увеличением густоты речной сети происходит уменьшение модулей стока;
- увеличение уклонов рек вызывает увеличение модулей стока;
- увеличение распаханности свидетельствует об уменьшении модулей стока;
- при увеличении площади озёр происходит увеличение модулей стока;
- увеличение абсолютной отметки вызывает увеличение модулей стока;
- при увеличении площади болот происходит уменьшение модулей стока;
- увеличение площади водосборов вызывает увеличение расходов воды.

УДК 509.63(476)

Кузьмич Т. П.

Научный руководитель: проф., д.т.н. РФ Волчек А. А.

АНАЛИЗ МЕТОДИК ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ВОЗМОЖНОСТЬ ИХ ПРИМЕНЕНИЯ К УСЛОВИЯМ БРЕСТСКОЙ ОБЛАСТИ

В настоящее время, в связи с климатическими изменениями и учащением неблагоприятных метеорологических явлений актуальность прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур имеет очень большое значение.

Первые методы прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур появились в 70-ых годах прошлого века. Первоначально было выделено шесть групп сельскохозяйственных культур, по которым стали разрабатываться методы агрометеорологических прогнозов: зерновые, технические, овощные, плодовые, субтропические и травы [4, 5].

Для прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур применяют различные математические методы: авторегрессионные модели, метод экспоненциального сглаживания, метод гармонических весов, прогноз при помощи цепей Маркова.

Построение математических моделей формирования урожая сельскохозяйственных культур основывается на следующих принципах:

- принцип равнозначности – основные урожаеформирующие факторы внешней среды (свет, влага, тепло и др.) равноценны по своему влиянию на растение;
- принцип оптимума – каждая сельскохозяйственная культура в процессе развития выработала соответствующие именно ей требования, в рамках которых изменение любого фактора внешней среды может иметь благоприятное, нейтральное или неблагоприятное воздействие;
- принцип градиента – количественная оценка влияния факторов внешней среды осуществляется при помощи градиента, равного относительному отклонению показателя фактора среды от своего номинального значения, соответствующего максимальной урожайности.

Рассмотрим подробно три метода прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур.

1. Метод гармонических весов

Основная идея метода [7] состоит в оценке наблюдений временного ряда, при которой более поздним наблюдениям придаются большие веса. Это означает, что более поздние наблюдения имеют большее влияние на прогнозируемую оценку.

В качестве некоторого приближения $f(t)$ истинного тренда $f(t)$ временного ряда урожайности сельскохозяйственных культур $Y_i(t=1,2,3,\dots,n)$ принимается ломаная линия, сглаживающая заданное число точек временного ряда Y_i . Отдельные отрезки ломаной линии (скользящего тренда) представляют его фазы. Для определения отдельных фаз скользящего тренда выбираем число $k < n$ и находим уравнение линейных отрезков:

$$Y_i(t) = a_i + b_i(t), \quad (t = 1, 2, \dots, n - k + 1) \quad (1)$$

где при $i = 1, t = 1, 2, \dots, k$; при $i = 2, t = 1, 2, \dots, k + 1$; при $i = n - k + 1, t = n - k + 1, n - k + 2$.

Параметры a_i и b_i уравнения (1) определяются методом наименьших квадратов.

Значения каждой функции $Y_i(t)$ определяем в точках $t = i + h - 1, (h = 1, 2, \dots, k)$. Количество определений $Y_i(t)$ в каждой точке t обозначим через g_i , а через $Y_i(t)$ - значение функции $Y_i(t)$ для $t = i$. Точки скользящего тренда – это средние значения всех $Y_i(t)$, определяющиеся по выражению:

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{g_i} \cdot \sum_{j=1}^{g_i} Y_j(t), \quad (j = 1, 2, \dots, g_i) \quad (2)$$

Приросты w_{i+1} функции $f(t)$ определяются по формуле:

$$w_{i+1} = f(t+1) - f(t) = \bar{Y}_{i+1} - \bar{Y}_i \quad (3)$$

Вычисляется средняя приростов:

$$\bar{w} = \sum_{i=1}^{n-1} C_{i+1}^n \cdot w_{i+1} \quad (4)$$

где C_{i+1}^n - коэффициенты, удовлетворяющие условиям:

$$C_{i+1}^n > 0, \quad (t = 1, 2, \dots, n - 1) \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^{n-1} C_{i+1}^n = 1 \quad (6)$$

Гармонические коэффициенты определяются по формуле:

$$C_{t+1}^n = \frac{m_{t+1}}{n-1} \quad (7)$$

где m_{t+1} — гармонические веса.

Выражение (4) позволяет предавать большие веса более поздним наблюдениям. При самых ранних наблюдениях, имеющих вес:

$$m_2 = \frac{1}{n-1} \quad (8)$$

вес информации m_3 , относящийся к следующему моменту времени определится по выражению:

$$m_3 = m_2 + \frac{1}{n-2} \quad (9)$$

Тогда ряд гармонических весов определится по уравнению:

$$m_{t+1} = m_t + \frac{1}{n-t}, \quad (t = 2, 3, \dots, n-1) \quad (10)$$

Начальное значение выражено в уравнении (8).

Предсказываемое значение тенденции временного ряда урожайности определяется по формуле:

$$\bar{Y}_{t+1} = \bar{Y}_t + \bar{w} \quad (11)$$

при начальном условии $\bar{Y}_1 = \bar{Y}_n$.

2. Аэрофотометрический метод

Метод агрометеорологического прогноза урожайности ранних яровых культур описывается на [3]:

- выполнение на основе методов объективного анализа разработок и приведению разнородной как в качественном, так и в пространственном смысле агрометеорологической информации к одной точке (узел регулярной сетки).

- создание динамической модели формирования урожая этих культур.

Данный метод позволяет определять параметры растительного покрова, повышает точность оценок состояния посевов сельскохозяйственных культур по площади. Но следует отметить, что площади районов, по которым пролегают маршруты аэрофотометрических обследований меньше площадей, по которым ведется расчет средних значений состояния посевов.

Таким образом, интерпретация фотометрической информации связана с решением задачи распространения ее на территории, которые значительно больше обследованных.

С появлением аэрофотометрической информации возникает задача согласования в единой схеме прогноза наземной и самолетной информации.

Переход от данных в точке к данным по площади и согласование разнородной информации возможны при использовании методов объективного анализа, которые позволяют получать значения рассматриваемых параметров в узлах регулярной сетки.

3. Регрессионный анализ временных рядов урожайности

Данный метод позволяет оценить влияние климатических изменений на формирование урожая сельскохозяйственных культур [1].

Урожайность можно представить так:

$$Y(t) = Y_{\phi}(t) \pm \Delta Y(t) \quad (12)$$

где $Y(t)$ — планируемая урожайность в расчетном году, ц/га; $Y_{\phi}(t)$ — фоновый урожай в том же году, ц/га; $\pm \Delta Y$ — отклонение фактической урожайности от фоновой, ц/га.

Влияние технологических факторов, таких как плодородие почв, уровень агротехники, сорта культур, антропогенные нагрузки с достаточной точностью можно описать многочленом второй степени:

$$Y_{\phi}(t) = a \cdot t^2 + b \cdot t + c \quad (13)$$

Данное уравнение описывает фоновую урожайность. Разность между фактической урожайностью и фоновой составляет отклонения, определяющиеся погодными условиями.

Динамика погодной составляющей урожайности $\pm Y(t)$ может быть представлена в виде аддитивной функции.

$$\pm Y(t) = u(t) \pm \eta(t), \quad (14)$$

где $u(t)$ - детерминированная функция; $\eta(t)$ - случайная составляющая.

Периодическая составляющая или тренды погодной составляющей урожайности могут быть описаны с помощью различных статистических методов:

$$u(t) = f(\Delta P_i, \Delta T_i, \Delta W_i) \quad (15)$$

где ΔP_i - отклонение атмосферных осадков от нормы в i -тый интервал времени; ΔT_i - отклонение температуры воздуха в i -тый интервал времени; ΔW_i - отклонение влагозапасов 50 см. почвы в i -тый интервал времени.

Случайная составляющая урожайности сельскохозяйственных культур определяется вероятностным методом:

$$\pm \eta(P_{\%}) = \pm \bar{\eta}(\Phi_{P_{\%}} \cdot C_v + 1), \quad (16)$$

где $\bar{\eta}$ - среднее значение случайной составляющей урожайности, ц/га; $\Phi_{P_{\%}}$ - числа Фостера расчетной обеспеченности; C_v - коэффициент вариации.

С помощью стандартных статистических методов находят значения средней величины случайной составляющей ($\bar{\eta}$) для благоприятных ($P < 50\%$) и неблагоприятных ($P > 50\%$) лет, коэффициенты вариации (C_v) и асимметрии (C_s).

По найденным параметрам строят теоретическую кривую обеспеченности. Далее, используя таблицу случайных чисел, путем розыгрыша, моделируются значения обеспеченности (P). Таким образом, имея ограниченный объем информации, можно получить, при принятом законе распределения, временной ряд урожайности практически неограниченной длины.

Важнейшим направлением в экономическом развитии Брестской области является сельское хозяйство. Этому способствует ее географическое положение, климат и мелиорации, проведенные в Брестской области в 50-ых годах прошлого века.

На 1 января 2004 года, сельскохозяйственные земли составили 1456,4 тыс. га, а удельный вес мелиорированных сельскохозяйственных земель от общей площади составлял 48,6 % [6].

Важнейшей сельскохозяйственной культурой в Брестской области является озимая рожь. Проанализируем динамику урожайности озимой ржи по Барановичскому и Столинскому районам. Для этого используем метод регрессионного анализа временных рядов урожайности сельскохозяйственных культур. Вегетационный период для озимой ржи был принят сентябрь - декабрь предыдущего года и январь - июль текущего.

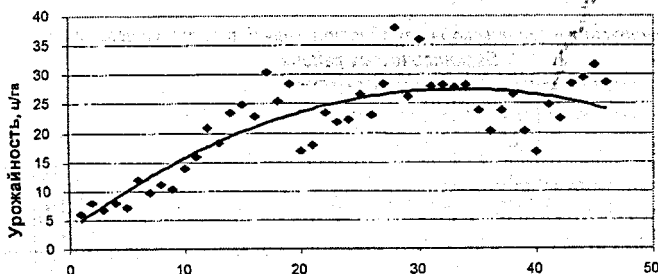


Рис. 1. Динамика урожайности озимой ржи по Барановичскому району

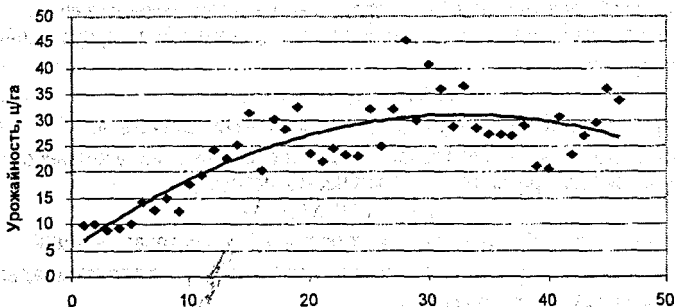


Рис. 2. Динамика урожайности озимой ржи по Столинскому району

По рисункам 1 и 2, на которых представлена динамика урожайности озимой ржи, видно, что для данных районов характерна устойчивая тенденция возрастания урожайности до 1990 года. Это вызвано переходом сельского хозяйства на интенсивный путь развития, совершенствованием технологий, посевного материала и удобрений. Но после 1990 года начался постепенный спад урожайности. Максимальная урожайность наблюдалась в 1987 году в Столинском районе.

По полученным уравнениям тренда находим отклонения фактической урожайности от расчетной. Результаты представлены в таблице 1 и на рисунках 3, 4.

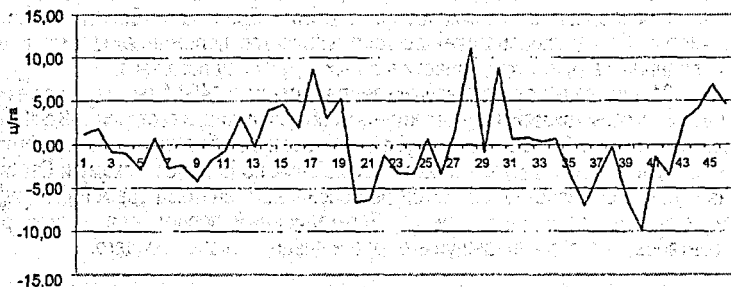


Рис. 3. Отклонения фактической урожайности озимой ржи от расчетной по Барановичскому району

Таблица 1. Отклонения фактической урожайности озимой ржи от расчетной.

Год	Барановичский район				Столинский район				Коефф. детерминации R ²
	Урожайность, ц/га		Уравнение линии тренда	Коефф. детерминации R ²	Урожайность, ц/га		Уравнение линии тренда	Коефф. детерминации R ²	
	У _ф	У _{расч.}			У _ф	У _{расч.}			
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11
1960	6	4,83	1,17	$y = -0,0217x^2 + 1,4478x + 3,405$	9,7	6,92	2,78	$y = -0,024x^2 + 1,5672x + 5,3773$	0,66
1961	8	6,21	1,79		10,1	8,42	1,68		
1962	6,7	7,55	-0,85		8,9	9,86	-0,96		
1963	7,9	8,85	-0,95		9,2	11,26	-2,06		
1964	7,2	10,10	-2,90		10	12,61	-2,61		
1965	12	11,31	0,69		14,2	13,92	0,28		
1966	9,7	12,48	-2,78		12,7	15,17	-2,47		
1967	11,2	13,60	-2,40		15	16,38	-1,38		
1968	10,4	14,68	-4,28		12,6	17,54	-4,94		
1969	13,9	15,71	-1,81		17,7	18,65	-0,95		
1970	15,9	16,71	-0,81		19,3	19,71	-0,41		
1971	20,8	17,65	3,15		24,3	20,73	3,57		
1972	18,4	18,56	-0,16		22,5	21,70	0,80		
1973	23,4	19,42	3,98		25,3	22,61	2,69		
1974	24,9	20,24	4,66		31,4	23,49	7,91		
1975	22,9	21,01	1,89		20,4	24,31	-3,91		
1976	30,4	21,75	8,65		30,1	25,08	5,02		
1977	25,4	22,43	2,97		28,1	25,81	2,29		
1978	28,4	23,08	5,32	32,7	26,49	6,21			
1979	17	23,68	-6,68	23,5	27,12	-3,62			
1980	17,9	24,24	-6,34	22,1	27,70	-5,60			
1981	23,5	24,75	-1,25	24,6	28,24	-3,64			

Продолжение таблицы 1

1982	21,9	25,23	-3,33				23,3	28,73	-5,43
1983	22,2	25,65	-3,45				23,1	29,17	-6,07
1984	26,7	26,04	0,66				32,1	29,56	2,54
1985	23	26,38	-3,38				25	29,90	-4,90
1986	28,4	26,68	1,72				32	30,20	1,80
1987	38	26,93	11,07				45,4	30,44	14,9
1988	26,2	27,14	-0,94				30	30,64	-0,64
1989	36,1	27,31	8,79				40,7	30,79	9,91
1990	28,1	27,43	0,67				36,1	30,90	5,20
1991	28,3	27,51	0,79				28,7	30,95	-2,25
1992	27,9	27,55	0,35				36,6	30,96	5,64
1993	28,2	27,55	0,65				28,5	30,92	-2,42
1994	23,9	27,50	-3,60				27,2	30,83	-3,63
1995	20,3	27,40	-7,10				27,3	30,69	-3,39
1996	23,8	27,27	-3,47				26,9	30,51	-3,61
1997	26,7	27,09	-0,39				28,8	30,28	-1,48
1998	20,3	26,86	-6,56				21	29,99	-8,99
1999	16,7	26,60	-9,90				20,7	29,67	-8,97
2000	24,9	26,29	-1,39				30,7	29,29	1,41
2001	22,4	25,93	-3,53				23,4	28,86	-5,46
2002	28,4	25,54	2,86				26,9	28,39	-1,49
2003	29,4	25,10	4,30				29,4	27,87	1,53
2004	31,6	24,61	6,99				36,1	27,30	8,80
2005	28,7	24,09	4,61				33,8	26,68	7,12

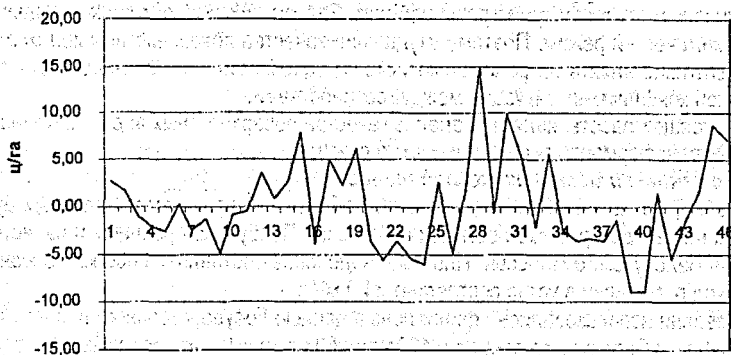


Рис. 4 Отклонения фактической урожайности озимой ржи от расчетной по Столинскому району

Исследования показали, что в настоящее время наиболее перспективным методом прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур для Брестской области является регрессионный анализ. Это подтверждается анализом динамики урожайности озимой ржи по Барановичскому и Столинскому районам, давшим положительные результаты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волчек А. А., Плужников В. Н. Пространственно-временные колебания элементов водного баланса (на примере Беларуси) // Водные ресурсы. – 1991. – № 5. – с. 21-38.
2. Лихащевич А. П. Модель влияния регулируемых факторов окружающей среды на урожай сельскохозяйственных культур // Мелиорация переувлажненных земель. – 2004. – №2 (25). – с. 123-143.
3. Рачкулик В. И., Ситникова М. Ф. Методические указания по определению параметров растительного покрова методом отношения коэффициентов яркости в двух участках спектра (по наземным, самолетным, вертолетным измерениям). – Ташкент, 1972. – 39 с.
4. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеиздат. – 1984. – т.1. – 309 с.
5. Руководство по агрометеорологическим прогнозам. – Л.: Гидрометеиздат. – 1984. – т.2. – 309 с.
6. Статистический ежегодник. Брестская область. – Брест. – 2004. – 335 с.
7. Френкель А. А. Математические методы анализа динамики и прогнозирования производительности труда. – М.: Экономика. – 1972. – 190 с.

УДК 612.16

Царюк С.С.

Научный руководитель: АСС. Волчек Ан.А.

АНАЛИЗ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД Р. МУХАВЕЦ

Введение

Под воздействием природных и антропогенных факторов происходят изменения гидрохимического режима рек и зачастую не в лучшую сторону. Этот процесс, по мере роста промышленного производства, городов и интенсификации сельского хозяйства, будет нарастать. Река Мухавец не является исключением, картина усугубляется тем, что она