

# ОЦЕНКА ВКЛАДА ПОГОДНЫХ ФАКТОРОВ В ВАРЬИРОВАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЛЕСОСТЕПИ ОРЕНБУРГСКОГО ПРЕДУРАЛЬЯ

*В.В. ФЕДОСЕЕВ,*

*аспирант,*

*Оренбургский государственный педагогический университет*

**Ключевые слова:** *лесостепь, урожайность, погода,  
регрессионная модель, доля влияния фактора.*

В лесостепных районах Оренбургской области для получения высоких и устойчивых урожаев яровой пшеницы важнейшее значение имеет эффективное использование ограниченных естественных осадков. Известно, что влага в почве здесь накапливается главным образом в осенне-зимний период. Её количество зависит от погодных условий, способов обработки почвы и предшественников.

Несмотря на кажущуюся простоту и логичность балансовых методов расчёта возможного урожая по уровню продуктивной влаги (прямые показатели) или по различным коэффициентам увлажнения (косвенные показатели), они не позволяют получать устойчивых решений, а главное – не отвечают на вопрос, осадки каких месяцев оказывают решающее значение на формирование урожая. От ясного понимания этой про-



460000, г. Оренбург,  
ул. Советская, 19;  
тел.: 8 (3532) 70-76-64,  
8-9225472999;

**e-mail: [fww1984@yandex.ru](mailto:fww1984@yandex.ru)**

блемы складывается осознанный подход к совершенствованию не только элементов зональных систем земледелия, но и селекционных программ и реализации их результатов.

***Forest steppe, yielding  
capacity, weather, regression  
model, rate of factor influence.***

**Цель и методика исследований**

Наиболее эффективное использование ресурсов влаги возможно только на основе точного расчёта с применением математического моделирования и вычислительной техники. При этом усиливается элемент объективности, повышается точность решения задач оптимизации по сравнению с традиционными методами принятия решений на основе практического опыта и интуиции [1].

Зависимость продукционного процесса агроценоза всегда многофакторная. Однако в засушливых зонах области одной из основных причин снижения потенциального урожая является недостаток влаги. Чтобы изучить эту зависимость, разработаны многомерные регрессионные модели. Они дают возможность приступить к долгосрочному прогнозированию только тех предикторов, которые включены в регрессионные уравнения, оценивающие агроклиматические ресурсы для той или иной культуры. Характеристика и описание такого явления, как засуха, приобретают вполне конкретную формализацию [4]. Предварительным графическим анализом выяснен предполагаемый тип линейности модели. Тренды урожайности рассчитывались методом гармонических весов [2].

Разработка моделей и схем зависимостей в биоценозе яровой пшеницы в условиях лесостепи Оренбургского Предуралья в значительной степени базировалась на анализе материалов Оренбургского областного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды, опубликованных в климатических справочниках и агрометеорологических бюллетенях (МС Абдулино и МС Фадеевский), а также в ежегодниках Оренбургского областного комитета государственной статистики «Валовые сборы и урожайность сельскохозяйственных культур» (Матвеевский район).

Регрессионные модели представлены в табличной форме, которая позволяет показать значимость каждого коэффициента, входящего в уравнение регрессии. Для оценки доли влияния фактора проводился соответствующий порядок подбора значимых переменных в регрессионной модели, после чего рассчитывалась доля влияния фактора как отношение факториальной суммы квадратов той или иной переменной к общей (итоговой) сумме квадратов отклонений (пакет прикладных программ «СТАТГРАФИК 2.6»).

Объём выборки, используемой для построения модели, обозначен в виде продолжительности периода наблюдений (например, 1951-2008 гг.).

В описании приводимых ниже регрессионных моделей применены следующие обозначения для независимых переменных: ДВВ – дефицит влажности воздуха, Мб – среднемесячная температура воздуха, °С;  $t_{\max}$  – температура воздуха максимальная, °С; октябрь, но-

ябрь, декабрь – месяцы предшествующего года; дек. – декада месяца.

**Результаты исследований**

Сравнительно полные регрессионные модели, объясняющие основную часть зависимости урожайности яровой мягкой пшеницы и озимой ржи от погодных условий в изучавшейся зоне, представлены в таблицах 1 и 2. В данных таблицах показаны регрессионные уравнения для зависимой переменной, которая определяется как отклонения урожайности от тренда. В связи с тем, что на уровень урожайности влияет не только погода, но и постоянно действующий антропогенный фактор, обусловленный культурой земледелия, принято этот фактор представлять в виде тренда. Тогда отклонения урожайности от тренда (в %) характеризуют влияние погоды.

Исследованиями по моделированию связей урожайности с погодными условиями установлено, что комплекс метеорологических показателей, описывающих дисперсию урожайности зерна,

в значительной степени отличается специфичностью для каждой сельскохозяйственной культуры. Эта специфичность характеризуется не только различным набором погодных элементов, но и долей влияния каждого из них на результирующий признак.

Важно также подчеркнуть, что количество влияющих эффектов (на входе модели) довольно велико. Это отражает естественное течение событий, поскольку в условиях неустойчивого увлажнения и значительных колебаний гидротермических факторов по годам и внутри каждого года (т.е. постоянно меняющейся погоды) доля влияния каждого изучавшегося фактора относительно невелика. При этом удаётся детерминировать более 85% разброса значений урожайности зерна. Оставшаяся часть дисперсии приходится на невыявленные факторы и ошибки измерения. Всё это говорит о сложности и многогранности связей между экологическими условиями и продуктивностью яровой пшеницы и озимой ржи.

Таблица 1  
Агрометеорологические факторы, обуславливающие варьирование урожайности (% тренда) яровой пшеницы в лесостепи Оренбургского Предуралья за период 1951-2008 гг.

Агрометеорологические факторы (источник варьирования)	Коэффициент регрессии	Уровень значимости	Доля влияния фактора, %	Коэффициент корреляции
У-пересечение	116,7	0,000	-	-
ДВВ июня, (дек. 2)/(дек. 3)	-0,219	0,000	32,33	-0,569
t сентября текущего года	-5,748	0,000	9,48	-0,332
Осадки (октябрь + ноября)	-0,768	0,000	8,73	-0,262
Осадки февраля, (дек. 2 + дек. 3)	3,884	0,000	4,10	0,127
Осадки февраля, (дек. 2 + дек. 3) <sup>2</sup>	-0,075	0,000	5,21	-0,016
Осадки (октябрь, дек. 3) (ноября, дек. 1)	0,062	0,000	2,92	-0,118
Осадки (января + февраля) <sup>2</sup>	-0,003	0,002	2,74	-0,077
Осадки: t (мая, дек. 1)	8,896	0,000	2,32	0,150
ДВВ (апреля, дек. 3 + мая, дек. 1)	5,467	0,000	4,03	-0,054
(t апреля) <sup>2</sup>	-0,552	0,000	4,33	0,019
Осадки июня, дек. 3	0,671	0,000	5,58	0,272
ДВВ августа, дек. 2	2,343	0,002	3,56	0,016
Для полной регрессии: R-квадрат = 0,853; уровень значимости = 0,000; стандартная ошибка оценки = 14,3% тренда; F-отношение = 21,8				

Таблица 2  
Оценка существенности отклонения от линейной регрессии по F-критерию. Данные о влиянии температуры воздуха апреля на вариацию урожайности

Источник варьирования	% тренда урожайности яровой пшеницы			% тренда урожайности озимой ржи		
	число степеней свободы	сумма квадратов	средний квадрат	число степеней свободы	сумма квадратов	средний квадрат
Отклонение от линейной регрессии	56	60750,5	-	56	53704,2	-
Отклонение от криволинейной регрессии	55	54210,0	985,635	55	43336,0	787,927
Криволинейность регрессии	1	6540,53	6540,53	1	10368,2	10368,2
F = 6540,53 : 985,63 = 6,63		F = 10368,27 : 787,92 = 13,1				
F <sub>05</sub> = 4,03		F <sub>01</sub> = 7,17				

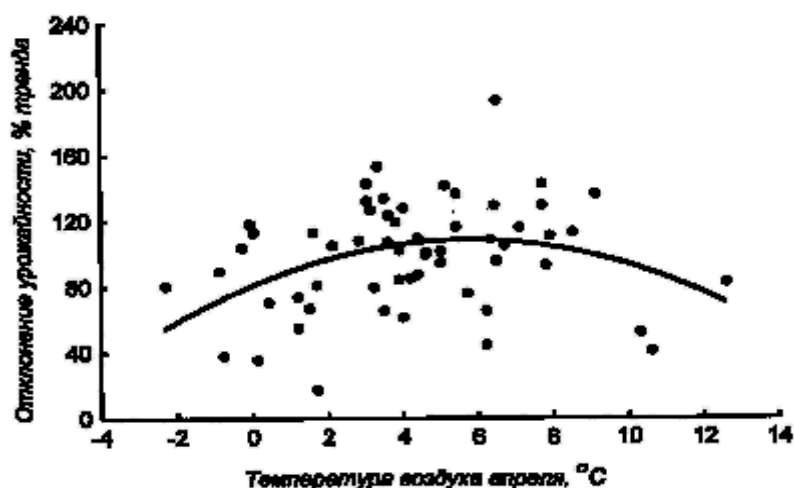


Рис. 1. Зависимость урожайности яровой пшеницы от средней температуры воздуха апреля в лесостепи Оренбургского Предуралья, 1951-2008 гг.

Таблица 3

Агрометеорологические факторы, обуславливающие варьирование урожайности (% тренда) озимой ржи в лесостепи Оренбургского Предуралья за период 1951-2008 гг.

Агрометеорологические факторы (источник варьирования)	Коэффициент регрессии	Уровень значимости	Доля влияния фактора, %	Коэффициент корреляции
У-пересечение	212,0	0,000	-	-
$t_{max}$ мая, дек. 3	-5,897	0,000	23,22	-0,482
Осадки (октября + ноября)	-0,380	0,000	10,68	-0,213
$t$ августа, дек. 2	5,280	0,000	10,77	0,272
Осадки апреля, (дек. 2 + дек. 3)	-0,828	0,000	9,78	-0,258
Осадки августа, дек. 1	0,439	0,000	7,00	0,063
ДВВ июля, дек. 3	-1,806	0,003	6,15	-0,310
Осадки (ноября, дек. 1 + декабря, дек. 3)	0,777	0,000	5,44	0,006
Осадки сентября предшеств. года, дек. 2	0,356	0,012	2,88	0,251
$t$ (апреля) <sup>2</sup>	-0,547	0,000	1,37	0,033
$t$ апреля, (дек. 1 + дек. 2)	2,216	0,000	4,02	0,306
Осадки февраля, (дек. 2 + дек. 3)	0,726	0,000	2,35	0,051
Осадки, (января + февраля, дек. 1)	-0,319	0,008	2,38	-0,115

Для полной регрессии: R-квадрат = 0,860; уровень значимости = 0,000; стандартная ошибка оценки = 13,2% тренда; F-отношение = 23,1

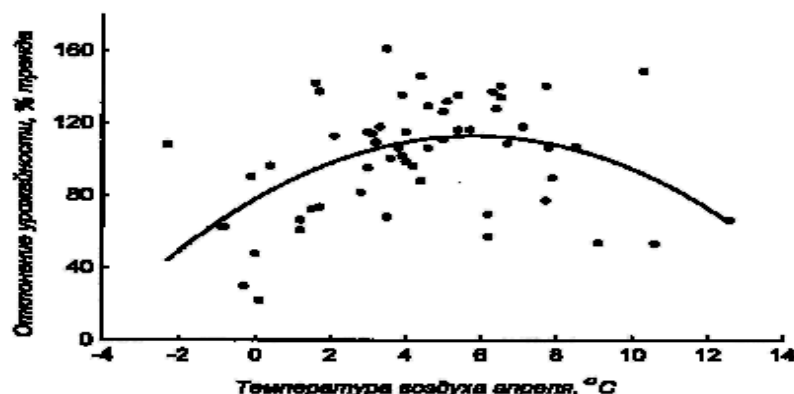


Рис. 2. Зависимость урожайности озимой ржи от средней температуры воздуха апреля в лесостепи Оренбургского Предуралья, 1951-2008 гг.

Приведённые в таблицах результаты по своей информативности значительно богаче интуиции земледельца, поскольку показывают влияние не только очевидных факторов. Так, например, по данным таблицы 1, осадки осенне-зимнего периода в сумме оказывают определяющее влияние на урожай яровой пшеницы в 23,7% случаев. Вряд ли человеческой интуиции под силу это понять. Но важно другое: зимние (снежные) осадки января – февраля в данной природной зоне детерминируют всего 12,15% дисперсии урожайности зерна. Примерно 8 раз за 100 лет. И это выявлено за 58 лет наблюдений (1951-2008 гг.). Указанный фактор входит в модель в квадратичной форме. Следовательно, недостаток осадков за данный период в одни годы может переходить в избыток в другие годы. Это говорит о том, что применение снежных мелиораций в технологии возделывания яровой пшеницы требует более глубокого обоснования.

На летние факторы (не только осадки) приходится более половины объяснённой дисперсии зерновой продуктивности яровой пшеницы в этом регионе. Однако значительная часть влияющих на урожай летних эффектов регулированию и управлению пока не поддаётся. К таким же факторам относится и температура воздуха сентября. На этот месяц приходится период уборки урожая, вариация которого в 9,48% случаев обусловлена вариацией температуры воздуха.

На рисунке 1 показана параболическая форма связи отклонения от тренда урожайности зерна яровой пшеницы с температурой воздуха апреля.

Согласно модели (табл. 1), этот погодный фактор находится в квадратичной форме и обуславливает 4,33% случаев варьирования урожайности за изученный период. Важно подчеркнуть особенность этого месяца – температура воздуха более 6°C работает на снижение урожая.

Преобразованные данные, в частности, возведённые во вторую степень, используются в данной работе, чтобы приблизить теоретическое (усреднённое) течение функции к экспериментальным точкам корреляционного поля на графике. В тех случаях, когда криволинейность связи статистически достоверна, приводится её доказательство (табл. 2). Доказательство проводилось путём оценки по F-критерию влияния криволинейности на систему отклонений от регрессии [3].

В остальных случаях можно ограничиться констатацией наличия наблюдаемой тенденции.

По данным таблицы 3, можно отметить, что в изучавшейся природной зоне вариация максимальной температуры воздуха третьей декады мая обуславливает наибольшее число случаев вариации формирующегося урожая озимой ржи.

Осадки предшествующей осени в пе-

*Агрономия*

риод вегетации данной культуры также в значительной мере объясняют вариацию урожайности.

Для формирования будущего урожая озимой ржи, как и для яровой пшеницы, имеет значение колебание по годам температуры воздуха апреля (рис. 2). Отмечен тот же оптимум на уровне 6°C. На значительное влияние погодных факторов апреля на дисперсию урожайности озимой ржи указывают и осадки этого месяца. Коэффициент

корреляции указывает на отрицательную связь между этими переменными. Вклад погоды апреля (температура + осадки) как источника варьирования в объяснение дисперсии урожайности культуры за изученный период в сумме составил 16,17% случаев.

Проведённые исследования показали, что в условиях лесостепной зоны Оренбургского Предуралья вариация урожайности зерновых культур обусловлена колебанием большого количе-

ства факторов погоды в течение всего года. По данным 58-летних наблюдений разработаны многомерные регрессионные модели, объясняющие более 85% дисперсии урожайности яровой пшеницы и озимой ржи при высоком уровне значимости как полной регрессии, так и коэффициентов при каждом предикторе. Данные предикторы можно использовать для разработки долгосрочных прогнозов условий вегетации указанных культур.

**Литература**

1. Образцов А. С. Биологические основы селекции растений. М. : Колос, 1981. 271 с.
2. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Л. : Гидрометеоиздат, 1988. 319 с.
3. Снедекор Д. У. Статистические методы в применении к исследованиям в сельском хозяйстве и биологии. М. : Сельхозиздат, 1961. 503 с.
4. Тихонов В. Е. Засуха в степной зоне Урала. Изд. 2-е, доп. Оренбург : ООО «Агентство «Пресса», 2005. 347 с.