

А.И. Страшная, Н.А. Богомолова

ОБ УТОЧНЕНИИ МЕТОДА ПРОГНОЗА УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР ПО ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Существующие в настоящее время методы агрометеорологических прогнозов урожайности зерновых культур, основанные на учете погодных условий периода формирования урожая, имеют заблаговременность 1—3 месяца до начала созревания [3, 4] и в большинстве лет хорошо оправдываются. Однако в аномальные по погодным условиям годы их оправдываемость резко снижается. Чаще всего это наблюдается в годы очень сильных засух или в годы с неблагоприятными условиями уборки. Для территории Республики Беларусь, где засухи редки и повторяемость влажных лет значительно больше, чем засушливых, более актуален учет и анализ дождливых лет с неблагоприятными условиями уборки, так как потери урожая в эти годы бывают значительными и возникает необходимость уточнить прогноз на этапе уборки.

Для разработки метода уточнения прогноза урожайности зерновых культур в период массовой их уборки на первом этапе необходимо было выполнить следующее:

- исследовать темпы уборки и динамику намолотов,
- определить зависимость прироста убранных площадей от метеорологических факторов в уборочный период,
- установить количественные показатели этой зависимости.

В процессе исследований создана база данных по метеорологическим параметрам, предоставленным Гидрометцентром Республики Беларусь за 1993—2002 гг., по выбранным нами параметрам из архива Гидрометцентра России за 1987—1992 гг., а также по данным государственной статистической отчетности по динамике уборки и намолотам по территории Республики Беларусь.

Рассчитаны средние областные значения температуры воздуха и сумм осадков, их отклонения от нормы, числа дней с осадками, дефицита влажности воздуха, сумм активных температур и гидротермического коэффициента за период уборки (июль—август—сентябрь).

Также рассчитаны приросты убранных площадей за эти месяцы. Чтобы получить значения приростов площадей за календарный месяц (декаду) при несовпадении недельных дат отчетности с началом или концом месяца (декады), рассчитывался ежедневный средний прирост

убранных площадей для переходной недели, который прибавлялся, либо вычитался на первый и последний день месяца (декаду).

Исследований, посвященных изучению потерь зерна из-за неблагоприятных условий уборки, проведено очень мало. В работе [1] показано, что при выпадении большого количества осадков, пониженной температуре и низком дефиците влажности воздуха сильно осложняется работа уборочных машин и потери зерна увеличиваются. В работе [2] показано, что чем больше задержка с началом уборочных работ после наступления восковой спелости, тем значительнее потери зерна вследствие его осыпания, а на части площадей и прорастания зерна. По данным фактических наблюдений на конкретных полях, через 20 сут после наступления восковой спелости у некоторых сортов яровой пшеницы потери зерна (из колоса) на полях хозяйств достигали 22—38 %.

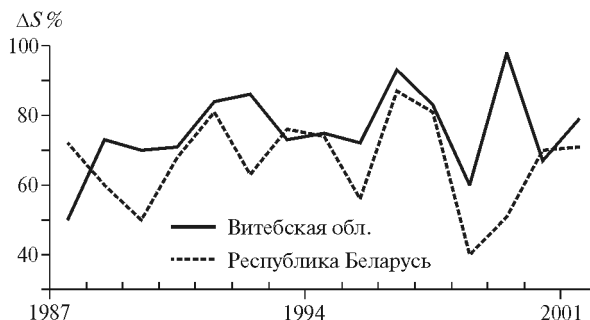
Проведенный нами анализ материалов по динамике уборки и намолотам зерна показал, что ход уборочных работ и разница урожайности в первоначально оприходованной массе (на начало уборки, когда убрано 10—20 % площадей) и урожайности после доработки вследствие разных погодных условий значительно меняются по годам. Пределы изменений между урожайностью в первоначально оприходованной массе в начале уборки и окончательной урожайностью в массе после доработки приведены в табл. 1. Колебание их весьма значительно — в среднем от 0,05 до 0,80 т/га, причем во влажные годы они в 3—4 раза больше, чем в благоприятные для уборки годы. Установлено, что продолжительность периода уборки в Республике Беларусь колеблется от 32 до 59 сут (а в Витебской области, например, от 29 до 66 сут) и чем больше продолжительность этого периода, тем значительнее разница в урожайности.

Таблица 1

Пределы изменений урожайности зерновых культур в ходе уборки

Территория	Пределы изменений, т/га	Средняя разница, т/га		Коэффициент вариации
		в благоприятные годы	во влажные годы	
Республика Беларусь	0,01—0,79	0,15	0,46	0,25
Витебская обл.	0,12—0,90	0,22	0,58	0,28
Могилевская обл.	0,06—0,82	0,21	0,57	0,31
Гомельская обл.	0,08—0,91	0,24	0,62	0,32
Минская обл.	0,09—0,87	0,11	0,42	0,29
Гродненская обл.	0,11—0,68	0,09	0,36	0,28
Брестская обл.	0,13—0,76	0,08	0,32	0,26
РФ, Смоленская обл.	0,12—0,98	0,24	0,61	0,34

Рис. 1. Динамика приростов убранных площадей с 1987 по 2001 г.



Нами исследована зависимость темпов уборки зерновых культур, выраженных приростами убранных площадей, от погодных условий основного периода уборки — 2-й—3-й декад июля ($\Delta S_{7(2-3)}$) и августа (ΔS_8 , %). Рассчитаны матрицы корреляционных связей между приростами убираемых площадей (ΔS) и осредненными по территории метеорологическими параметрами за июль-август, при этом наиболее тесные связи установлены с метеорологическими параметрами за август. Объяснить это можно тем, что основные площади зерновых культур убираются в августе. Динамика ΔS_8 по годам по Республике Беларусь в целом и Витебской области приведена на рис. 1.

В исследованиях установлена достаточно тесная связь ΔS_8 с большинством рассмотренных метеорологических параметров за август, причем по областям отмечены связи более тесные, чем по Беларуси в целом. По Витебской области, например, получены высокие коэффициенты корреляции (R) с температурой (t) и суммой осадков (ΣP), равные 0,76 и 0,73, а для Беларуси они соответственно равны 0,39 и 0,38.

Следует отметить, что темпы уборки зерновых культур (приросты убранных площадей за конкретный период) зависят не только от погоды, но и от обеспеченности парком уборочных машин, организации уборки и т. д. Однако наши исследования показывают, что погодные условия вносят более значительный вклад в ускорение или замедление этих темпов, что, как следствие, отражается на объеме потерь зерна и окончательной урожайности.

С учетом наиболее значимых коэффициентов корреляции между ΔS_8 по областям и метеорологическими факторами нами рассчитаны уравнения зависимости убранных в августе площадей зерновых культур от этих факторов. Для Витебской области, например, уравнение имеет вид:

$$\Delta S_8 = 4,547t_8 - 0,091\Sigma P_8 + 9,691, \quad R = 0,78,$$

где ΔS_8 — убранная в августе площадь зерновых культур, % посевной площади, t_8 — средняя температура августа, °С; ΣP_8 — сумма осадков за август, % месячной нормы; R — коэффициент корреляции.

Полученные уравнения можно применять и для диагноза, и для прогноза возможных площадей уборки зерновых культур в августе, используя при этом прогноз погоды на месяц. На основе этих уравнений и построенных нами графиков связей ΔS_8 с метеорологическими параметрами для оперативных целей разработаны количественные показатели, позволяющие оценивать условия уборки зерновых культур в основной ее период — август (табл. 2) — по областям Республики Беларусь, которые можно использовать при составлении аналитических обзоров и консультаций.

Таблица 2

Оценка условий уборки зерновых культур в августе

Оценка условий уборки	Средняя температура воздуха, °С	Сумма осадков, % нормы	Средний дефицит влажности воздуха, гПа
Хорошие	Выше 17,0	Менее 70	Более 5,5
Удовлетворительные	15,5—17,0	70—115	4,0—5,5
Плохие	Ниже 15,5	Более 115	Менее 4,0

В работах ряда авторов [2—4] указывается, что потери зерна вследствие неблагоприятных условий уборки могут достигать 15—30 % и более. Наши исследования по территории Республики Беларусь применительно к средней областной урожайности зерновых культур показали, что разница между урожайностью в первоначально оприходованной массе и в массе после доработки также значительна и складывается из потерь, происходящих непосредственно в ходе уборочных работ, а также потерь за счет доработки зерна на основных пунктах приема зерна (дополнительная сушка влажного зерна, очистка и др.).

Эта разница, как правило, особенно велика во влажные, неблагоприятные по условиям уборки годы (см. табл. 1). Так, в Могилевской области в благоприятный по условиям уборки 1994 г., когда с 3-й декады июля по 2-ю декаду августа выпало всего 53,7 мм осадков, число дней с осадками 1 мм и более было 9, а средний дефицит влажности воздуха составил 7,1 гПа. В таких условиях разница между урожайностью в первоначально оприходованной массе и урожайностью после доработки составила 0,22 т/га. При этом в ходе уборки наблюдался некоторый рост урожайности в первоначально оприходованной массе, т. е. ее положительная динамика, что наблюдается довольно редко. В 1987 и 1998 гг. осадков в этот период выпало значительно больше (соответственно 99,0

и 114,1 мм), больше было и дней с осадками 1 мм и более (12 дней), а дефицит влажности воздуха был очень низким (4,0–4,7 гПа). При таких неблагоприятных условиях разница между урожайностью в первоначально оприходованной массе в начале уборки и в массе после доработки была весьма значительной — соответственно 0,83 и 0,77 т/га.

Мы количественно оценили эту разницу в зависимости от складывающихся условий уборки. Для этого за каждый год периода 1987–2003 гг. по всем областям, а затем и по Республике Беларусь в целом рассчитаны разницы урожайности (ΔY) на даты, когда убрано 10–20 % посевной площади (Y_H) и окончательной урожайностью в массе после доработки (Y_{OK}), а также основные метеорологические параметры за весь период уборки. Получены матрицы этих связей. Наиболее тесные связи ΔY с большинством метеорологических параметров проявились практически по всей территории в период с 3-й декады июля по 1-ю–2-ю декады августа. Зависимость ΔY от среднего дефицита влажности воздуха за 3-ю декаду июля–2-ю декаду августа в качестве примера приведена на рис. 2.

Установленные зависимости позволили разработать комплекс физико-статистических уравнений зависимости ΔY от среднего дефицита влажности воздуха за период с 3-й декады июля по 2-ю декаду августа (X_1) и числа дней с осадками 1 мм и более за этот же период (X_2). Уравнения приведены в табл. 3. Полученные уравнения можно использовать для оценки потерь урожая ΔY , т. е. определения снижения окончательной урожайности в массе после доработки (Y_{OK}) по сравнению с начальной урожайностью (Y_H), т. е. урожайностью на период, когда убрано только 10–20 % площадей зерновых культур. Рассчитав этим способом снижение урожайности ΔY , можно определить ожидаемую окончательную урожайность в массе после доработки (Y_{OK}), т. е. уточнить прогноз урожайности на этапе уборки. При этом $Y_{OK} = Y_H - \Delta Y$.

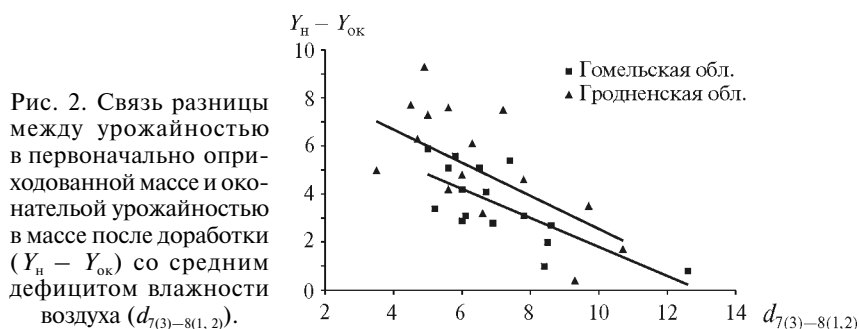


Таблица 3

**Физико-статистические уравнения зависимости ΔY
от среднего дефицита влажности воздуха**

Территория	Уравнение	R	$S\Delta y$
Минская обл.	$\Delta Y = 0,617 - 0,139 X_1 + 0,540 X_2$	0,79	0,6
Витебская обл.	$\Delta Y = 8,035 - 0,567 X_1 - 0,132 X_2$	0,76	0,5
Гомельская обл.	$\Delta Y = 5,831 - 0,493 X_1 + 0,164 X_2$	0,80	0,4
Могилевская обл.	$\Delta Y = 7,379 - 0,808 X_1 + 0,209 X_2$	0,81	0,5
Гродненская обл.	$\Delta Y = 3,657 - 0,368 X_1 + 0,392 X_2$	0,77	0,6
Брестская обл.	$\Delta Y = 3,803 - 0,285 X_1 + 0,223 X_2$	0,74	0,5
Республика Беларусь	$\Delta Y = 8,239 - 0,820 X_1 + 0,097 X_2$	0,79	0,6

В то же время наши исследования, проведенные по всем областям и Республике Беларусь в целом, выявили значительную тесноту связей окончательной урожайности с обмолоченной площадью (в процентах) на разные даты уборки (по недельным статистическим сводкам) и урожайностью в первоначально оприходованной массе на эти же даты.

Коэффициенты корреляции связей $Y_{ок}$ с указанными параметрами практически по всем областям, а также в целом по Республике Беларусь были высокими и колебались от 0,65 до 0,90. В связи с этим основу количественного метода уточнения прогноза урожайности зерновых культур составили установленные нами прогностические зависимости окончательной урожайности ($Y_{ок}$) от динамики урожайности в период уборки (динамической урожайности, или Y_d) и динамики убранных площадей (обмолоченной площади S) на определенные даты.

Влияние условий уборки при использовании этого метода учитывается опосредованно, так как прирост обмолоченных площадей, как установлено ранее, и снижение текущей урожайности при неблагоприятных погодных условиях существенно зависят от этих условий (температуры, осадков, их интенсивности, влажности воздуха и др.).

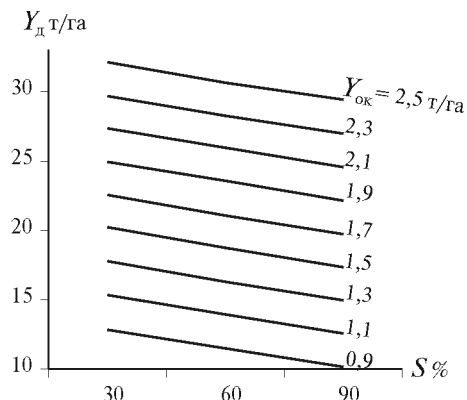
Полученные прогностические уравнения зависимости окончательной урожайности зерновых культур ($Y_{ок}$) от динамики урожайности (Y_d) и доли (в процентах) обмолоченных площадей (S) в период уборки имеют вид

$$Y_{ок} = AY_d + BS + C,$$

где A и B — коэффициенты уравнений, а C — свободный член.

Практически все полученные уравнения характеризуются высокими коэффициентами корреляции (от 0,84 по Витебской до 0,93 по Гомельской областям), ошибки уравнений составляют преимущественно 0,065—0,082 т/га. Уравнения применяются при S от 30 до 80 %. Провер-

Рис. 3. Зависимость окончательной урожайности всех зерновых и зернобобовых культур ($Y_{ок}$) от динамики урожайности в период уборки (Y_d) и обмолоченных площадей (S).



ка их на зависимых материалах, проведенная в Гидрометцентре России, показала хорошую и отличную оправдываемость (от 87 до 94 %), а производственные испытания, проведенные в Республике Беларусь на независимых материалах в 2005 и в 2006 гг., показали оправдываемость 88—99 %.

Для удобства расчетов по полученным уравнениям нами построены графики зависимостей окончательной урожайности в массе после доработки ($Y_{ок}$) от динамики ее в ходе уборки (Y_d) и обмолоченных площадей (S) для всех областей и Республики Беларусь в целом (пример на рис. 3 по Витебской области).

Метод уточнения прогнозов окончательной урожайности включает в себя, таким образом, два способа расчетов ожидаемой урожайности, которые реализованы на ПЭВМ. Программа расчетов $Y_{ок}$ на ПЭВМ написана при помощи Access-2003 Microsoft Office 2003. Работает в среде Windows XP.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лубнин М. Г. Влияние агрометеорологических условий на работу сельскохозяйственных машин и орудий. — Л.: Гидрометеиздат, 1983. — 136 с.
2. Сенников В. А., Сляднев А. П. Агроклиматические ресурсы юго-востока Западной Сибири и продуктивность зерновых культур. — Л.: Гидрометеиздат, 1972. — 148 с.
3. Страшная А. И. Современные проблемы агрометеорологического прогнозирования // 70 лет ГМЦ РФ. — СПб., 1999. — С. 232—240.
4. Страшная А. И., Уланова Е. С., Астафьев В. А. О совершенствовании методов прогнозов урожайности зерновых культур и их уточнение с учетом темпов уборки и динамики намолотов // Тр. ГМЦ РФ. — 2000. — Вып. 335. — С. 74—82.