

Т.А. Гончарова, В.М. Лебедева, Л.В. Федотова

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ ДИНАМИКО-СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПРОГНОЗА УРОЖАЙНОСТИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ И ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В СЕВЕРО-КАВКАЗСКОМ УГМС

В ФГБУ «ВНИИСХМ» в рамках региональной темы была проведена работа по обновлению устаревших динамико-статистических методов оценки условий вегетации и прогноза урожайности озимой пшеницы и ярового ячменя по 11 субъектам Южного и Северо-Кавказского федеральных округов.

В основу базовой модели продуктивности посевов сельскохозяйственных культур, используемой в агрометеорологическом прогнозировании, положена модель «погода – урожай» [5, 6]. Структура модели адаптирована к современным уровням урожайности культур, сокращенным объемам оперативной агрометеорологической информации и почвенно-климатическим условиям региона. Динамико-статистические методы прогноза и оценки разработаны на единой методической основе с использованием универсального объема исходной информации. Для каждого субъекта создана модель, настроенная на получение средней урожайности культуры (озимой пшеницы и ярового ячменя) для конкретного года. Начало периода расчета по модели определяется самой ранней средней многолетней датой возобновления вегетации озимой пшеницы и датой появления всходов ярового ячменя, а окончание – средней датой восковой спелости на территории субъекта [4, 8]. Для составления оперативных прогнозов ожидаемой урожайности и валового сбора озимой пшеницы и ярового ячменя в Северо-Кавказском УГМС разработан пользовательский интерфейс, позволяющий в значительной мере упростить работу агрометеоролога-прогнозиста [1, 3].

Результаты испытаний методов прогноза урожайности

Авторские испытания методов прогноза урожайности озимой пшеницы и ярового ячменя по 11 субъектам Южного и Северо-Кавказского федеральных округов проводились в течение трех лет с 2009 по 2011 г., а производственные – в трехлетний период с 2012 по 2014 г. в соответствии с Планом испытания и внедрения новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических прогнозов Росгидромета.

В период вегетации прогнозы урожайности озимой пшеницы составляются в два срока: с заблаговременностью два месяца – 21 мая и один месяц – 21 июня, для ярового ячменя – 21 июня и 21 июля соответственно.

В период испытаний оценка качества методов прогноза проводилась в соответствии с Методическими указаниями [7]. Имеющиеся в отделе агрометпрогнозов и агрометеорологии Северо-Кавказского УГМС методики расчета урожайности озимой пшеницы и ярового ячменя были разработаны в 80–90-е годы прошлого века и уже устарели, поэтому заключение о целесообразности использования разработанных методов для оперативного обслуживания проведено на основании авторских и производственных испытаний путем сравнения результатов, составленных по новым методикам прогнозов, с оправдываемостью инерционного и климатологического прогнозов за этот же период. Инерционным считается прогноз, когда в качестве прогнозируемого значения принимается фактическое значение урожайности культуры в прошлом году, а климатологическим – когда в качестве прогнозируемой величины принимается среднее арифметическое из фактических значений урожайности за последние пять лет. Оправдываемость испытываемых методов должна быть выше оправдываемости инерционного и климатологического прогнозов при одной и той же допустимой ошибке или ошибка метода должна быть наименьшей при одном и том же значении оправдываемости метода.

Критерием оправдываемости прогнозов, в зависимости от заблаговременности составления прогноза, является среднее квадратическое отклонение (σ) фактического ряда урожайности культуры. Для прогноза с двухмесячной заблаговременностью допустимая погрешность составляет $0,8 \sigma$, для месячной заблаговременности – $0,67 \sigma$. Оправдываемость метода – отношение оправдавшихся прогнозов к общему числу составленных прогнозов, выраженное в процентах.

Ошибка метода – среднее арифметическое значение относительных ошибок оправдавшихся прогнозов (в процентах).

Озимая пшеница

Результаты авторских и производственных испытаний динамико-статистического метода прогноза урожайности озимой пшеницы (2009–2014 гг.) с заблаговременностью один и два месяца представлены в табл. 1. Для сравнения в табл. 1 приведены результаты оправдываемости инерционного и климатологического методов прогноза за этот же период.

В первый срок составления прогноза озимой пшеницы с двухмесячной заблаговременностью показатели оправдываемость и ошибка испытываемого метода были выше аналогичных показателей инерционного и климатологического прогнозов в девяти субъектах (82 %): Волгоградской, Астраханской областях, Краснодарском и Ставропольском краях, республиках Калмыкия, Адыгея, Дагестан, Северная Осетия – Алания и Карачаево-Черкесской. При этом допустимое значение σ в зависимости от субъекта изменялось от 3,2 до 6,1 ц/га.

В табл. 2 представлены результаты оправдываемости прогнозов в период производственных испытаний 2012–2014 гг.

Оправдываемость прогноза в конкретном году рассчитывается как $(100 \% - P)$, где P – относительная ошибка прогноза урожайности, % [2]. В период производственных испытаний в первый срок составления прогноза средняя оправдываемость прогноза урожайности озимой пшеницы по территории в 2012 году составила 68 %, а в 2013 и 2014 гг. – 82,3 и 77,6 % соответственно.

Во второй срок составления прогноза озимой пшеницы с месячной заблаговременностью (21 июня) при допустимой погрешности от 2,9 до 5,9 ц/га ($0,67 \sigma$) оправдываемость и относительная ошибка испытываемого метода прогноза в 8 субъектах оказалась выше, чем у инерционного и климатологического методов прогноза. По территории Астраханской, Ростовской областей и Кабардино-Балкарской Республики оправдываемость испытываемого метода оказалась ниже, чем у инерционного и климатологического методов (табл. 1). Средняя оправдываемость прогнозов по территории Южного и Северо-Кавказского федеральных округов за годы производственных испытаний с 2012 по 2014 г. превышала 70 %: 70,4, 82,9 и 78 % соответственно (табл. 2).

**Результаты авторских и производственных испытаний
метода прогноза урожайности озимой пшеницы (2009–2014 гг.)**

Субъект РФ		Метод прогноза					
		динамико-статистический		инерционный		климато-логический	
		Оправдаемость, %	Относительная ошибка оправдавшихся прогнозов, %	Оправдаемость, %	Относительная ошибка оправдавшихся прогнозов, %	Оправдаемость, %	Относительная ошибка оправдавшихся прогнозов, %
1	2	3	4	5	6	7	
Срок составления прогноза – 21 мая							
1	Республика Калмыкия	66,7	3,7	66,7	7,5	66,7	14,3
2	Астраханская область	83,3	10,0	83,3	14,3	83,3	11,0
3	Волгоградская область	66,7	10,1	66,7	14,5	66,7	12,0
4	Краснодарский край	66,7	1,9	50,0	9,3	50,0	2,8
5	Ставропольский край	83,3	7,9	16,7	5,2	50,0	7,4
6	Ростовская область	50,0	4,2	66,7	6,9	83,3	10,2
7	Республика Адыгея	100,0	10,0	50,0	7,0	83,3	6,0
8	Республика Дагестан	66,7	5,2	50,0	3,0	66,7	7,0
9	Кабардино-Балкарская Республика	66,7	5,2	100,0	5,7	83,3	6,3
10	Карачаево-Черкесская Республика	50	5,7	50,0	11,7	33,3	7,5
11	Республика Северная Осетия – Алания	100,0	9,9	66,7	10,0	83,3	4,3

Таблица 1 (окончание)

1	2	3	4	5	6	7	
Срок составления прогноза – 21 июня							
1	Республика Калмыкия	66,7	3,3	50,0	7,5	66,7	12,7
2	Астраханская область	83,3	7,1	83,3	14,3	83,3	6,0
3	Волгоградская область	66,7	5,9	33,3	4,3	66,7	8,6
4	Краснодарский край	66,7	3,2	33,3	8,9	50,0	2,8
5	Ставропольский край	83,3	3,7	16,7	5,2	33,3	6,0
6	Ростовская область	50,0	4,3	66,7	6,9	83,3	10,2
7	Республика Адыгея	66,7	5,2	33,3	1,7	66,7	6,6
8	Республика Дагестан	66,7	4,0	50,0	3,0	66,7	5,8
9	Кабардино-Балкарская Республика	66,7	5,0	100,0	5,7	83,3	6,3
10	Карачаево-Черкесская Республика	50,0	3,4	16,7	7,6	33,3	1,7
11	Республика Северная Осетия – Алания	83,3	4,6	50,0	7,2	83,3	5,3

Таблица 2

**Оправдываемость прогнозов урожайности озимой пшеницы
(производственные испытания 2012–2014 гг.)**

Субъект РФ		Оправдываемость прогноза, %		
		2012	2013	2014
Срок составления прогноза – 21 мая				
1	Республика Калмыкия	63,5	98,2	71,7
2	Астраханская область	42,4	90,8	80,5
3	Волгоградская область	54,0	86,6	68,9
4	Краснодарский край	99,6	75,6	66,6
5	Ставропольский край	70,3	92,2	89,4

Таблица 2 (окончание)

Субъект РФ		Оправдываемость прогноза, %		
		2012	2013	2014
6	Ростовская область	68,4	49,6	77,2
8	Республика Дагестан	76,5	70,3	68,3
9	Кабардино-Балкарская Республика	53,6	99,6	87,8
10	Карачаево-Черкесская Республика	59,2	65,0	73,8
11	Республика Северная Осетия – Алания	77,7	93,4	82,8
Среднее		68,1	82,3	77,6
Срок составления прогноза – 21 июня				
1	Республика Калмыкия	63,5	99,5	72,4
2	Астраханская область	45,9	92,8	81,7
3	Волгоградская область	57,8	88,4	67,6
4	Краснодарский край	94,5	73,0	66,9
5	Ставропольский край	76,0	95,9	98,1
6	Ростовская область	72,2	49,6	71,8
7	Республика Адыгея	86,3	83,0	83,0
8	Республика Дагестан	78,0	71,1	67,8
9	Кабардино-Балкарская Республика	57,5	98,0	89,2
10	Карачаево-Черкесская Республика	62,4	64,0	72,0
11	Республика Северная Осетия – Алания	79,8	96,5	87,4
Среднее		70,4	82,9	78,0

Яровой ячмень

Испытания метода прогноза урожайности ярового ячменя по 11 субъектам Южного и Северо-Кавказского федеральных округов

показали, что в первый срок составления прогноза, с заблаговременностью два месяца (21 июня) при допустимой погрешности от 3,2 до 5,4 ц/га оправдываемость испытываемого метода оказалась выше инерционного и климатологического методов по Астраханской, Ростовской областям, Ставропольскому краю, Республике Адыгея и Карачаево-Черкесской Республике. По остальным субъектам показатели качества испытываемого метода оказались несколько ниже, чем инерционного и климатологического методов (табл. 3). При этом средняя оправдываемость прогнозов в период производственных испытаний в 2012 и 2013 гг. была выше 70 %: 70,1 и 72,7 %, а в 2014 г. – несколько ниже: 67,8 % (табл. 4).

Таблица 3

Результаты авторских и производственных испытаний метода прогноза урожайности ярового ячменя (2009–2014 гг.)

Субъект РФ		Метод прогноза					
		динамико-статистический		инерционный		климатологический	
		Оправдываемость, %	Относительная ошибка оправдавшихся прогнозов, %	Оправдываемость, %	Относительная ошибка оправдавшихся прогнозов, %	Оправдываемость, %	Относительная ошибка оправдавшихся прогнозов, %
1	2	3	4	5	6	7	
Срок составления прогноза – 21 июня							
1	Республика Калмыкия	66,7	9,5	66,7	22,6	100,0	16,1
2	Астраханская область	66,7	9,2	16,7	12,7	50,0	12,1
3	Волгоградская область	50,0	14,6	66,7	26,0	66,7	17,5
4	Краснодарский край	66,7	11,0	66,7	8,6	83,3	5,1

Таблица 3 (окончание)

1		2	3	4	5	6	7
5	Ставропольский край	83,3	7,1	66,7	12,3	83,3	10,1
6	Ростовская область	83,3	11,8	66,7	14,7	83,3	12,6
7	Республика Адыгея	83,3	7,8	50,0	15,9	66,7	6,8
8	Республика Дагестан	50,0	8,1	50,0	5,5	50	2,3
9	Кабардино-Балкарская Республика	100,0	10,7	100,0	6,8	100	8,2
10	Карачаево-Черкесская Республика	66,7	8,0	66,77	8,8	33,3	7,1
11	Республика Северная Осетия – Алания	66,7	14,3	50,0	21,7	83,3	19,2
Срок составления прогноза – 21 июля							
1	Республика Калмыкия	66,7	8,6	50,0	19,1	66,7	13,1
2	Астраханская область	66,7	8,4	16,7	12,7	50,0	12,1
3	Волгоградская область	66,7	9,3	33,3	21,9	50,0	12,7
4	Краснодарский край	83,3	11,6	66,7	8,6	83,3	5,1
5	Ставропольский край	83,3	3,6	50,0	9,8	66,7	7,7
6	Ростовская область	83,3	7,8	66,7	14,7	83,3	9,6
7	Республика Адыгея	66,7	7,2	50,0	15,9	66,7	6,8
8	Республика Дагестан	33,3	1,5	50,0	5,5	50,0	2,3
9	Кабардино-Балкарская Республика	100,0	5,9	100,0	6,8	100,0	8,2
10	Карачаево-Черкесская Республика	66,7	8,7	50,0	5,9	33,3	7,1
11	Республика Северная Осетия – Алания	50,0	7,9	33,3	12,8	66,7	15,6

Таблица 4

**Оправдываемость прогнозов урожайности ярового ячменя
(производственные испытания 2012–2014 гг.)**

Субъект РФ		Оправдываемость прогноза, %		
		2012	2013	2014
Срок составления прогноза – 21 июня				
1	Республика Калмыкия	41,4	86,5	57,8
2	Астраханская область	82,4	58,1	72,0
3	Волгоградская область	70,2	65,4	47,0
4	Краснодарский край	87,9	78,1	69,4
5	Ставропольский край	61,6	92,3	86,3
6	Ростовская область	76,8	80,2	63,4
7	Республика Адыгея	61,7	46,5	96,5
8	Республика Дагестан	68,0	65,1	50,5
9	Кабардино-Балкарская Республика	91,3	89,6	88,2
10	Карачаево-Черкесская Республика	78,0	94,1	76,9
11	Республика Северная Осетия – Алания	51,2	43,4	37,3
Среднее		70,1	72,7	67,8
Срок составления прогноза – 21 июля				
1	Республика Калмыкия	40,4	85,7	55,9
2	Астраханская область	75,3	58,6	67,6
3	Волгоградская область	73,6	72,3	51,3
4	Краснодарский край	91,9	85,6	74,3
5	Ставропольский край	67,1	96,3	97,1
6	Ростовская область	81,4	87,6	68,2
7	Республика Адыгея	64,8	53,5	95,4
8	Республика Дагестан	65,9	52	54,7
9	Кабардино-Балкарская Республика	99,2	98,1	97,4

Таблица 4 (окончание)

Субъект РФ		Оправдываемость прогноза, %		
		2012	2013	2014
10	Карачаево-Черкесская Республика	68,8	96,1	75,7
11	Республика Северная Осетия – Алания	51,6	45	39
Среднее		70,9	75,5	70,6

Во второй срок составления прогноза урожайности ярового ячменя с месячной заблаговременностью (21 июля) при допустимой погрешности прогнозов от 2,6 до 4,7 ц/га в зависимости от субъекта оправдываемость испытываемого метода оказалась выше, чем у инерционного и климатологического методов для семи субъектов Южного и Северо-Кавказского федеральных округов: Астраханской, Ростовской и Волгоградской областей, Ставропольского края, республик Калмыкия, Кабардино-Балкарская и Карачаево-Черкесская. Средняя оправдываемость прогнозов по рассматриваемой территории в трехлетний период производственных испытаний была выше 70 % (табл. 4).

Рекомендации о внедрении

Решением Технического совета Северо-Кавказского УГМС от 17 апреля 2015 г. динамико-статистические методы прогноза урожайности озимой пшеницы и ярового ячменя по 11 субъектам Южного и Северо-Кавказского федеральных округов были внедрены в оперативную работу отдела агрометпрогнозов и агрометеорологии ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС».

Метод прогноза урожайности озимой пшеницы (срок составления прогноза – 21 мая):

– в качестве основного метода прогноза для девяти субъектов (Астраханская, Волгоградская области, Ставропольский и Краснодарский края, республики Калмыкия, Адыгея, Дагестан, Северная Осетия – Алания, Карачаево-Черкесская);

– в качестве вспомогательного метода для двух субъектов (Ростовская область, Кабардино-Балкарская Республика).

Метод прогноза урожайности озимой пшеницы (срок составления прогноза – 21 июня):

– в качестве основного метода прогноза для восьми субъектов (Волгоградская область, Ставропольский, Краснодарский края, республики Калмыкия, Адыгея, Дагестан, Северная Осетия – Алания, Карачаево-Черкесская);

– в качестве вспомогательного метода для трех субъектов (Астраханская и Ростовская области, Кабардино-Балкарская Республика).

Метод прогноза урожайности ярового ячменя (срок составления прогноза – 21 июня):

– в качестве основного метода прогноза для пяти субъектов (Астраханская, Ростовская области, Ставропольский край, республики Адыгея, Карачаево-Черкесская);

– в качестве вспомогательного метода для шести субъектов (Волгоградская область, Краснодарский край, республики Калмыкия, Дагестан, Северная Осетия – Алания, Кабардино-Балкарская).

Метод прогноза урожайности ярового ячменя (срок составления прогноза – 21 июля):

– в качестве основного метода прогноза для шести субъектов (Астраханская, Ростовская, Волгоградская области, Ставропольский край, республики Калмыкия, Карачаево-Черкесская);

– в качестве вспомогательного метода для пяти субъектов Краснодарский край, республики Дагестан, Северная Осетия – Алания, Кабардино-Балкарская, Адыгея).

Список литературы

1. *Гончарова Т.А., Найдина Т.А., Лебедева В.М., Богомолова Н.А.* Результаты авторских и производственных испытаний в ФГБУ «Гидрометцентр России» автоматизированной технологии составления оценки условий вегетации и прогноза урожайности яровой пшеницы и картофеля по субъектам Российской Федерации в Гидрометцентре России // Информационный сборник № 41. Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов. – 2014. – С. 111 –126.

2. Инструкция по оценке оправдываемости агрометеорологических прогнозов. – М., Гидрометеиздат, 1983. – 8 с.

3. *Лебедева В.М.* Результаты испытания метода прогноза урожайности яровой пшеницы в Приволжском, Верхневолжском, Северо-Кавказском УГМС и УГМС Республики Татарстан с заблаговременностью 1–2 месяца // Информационный сборник № 39. Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов. – 2012. – С. 110–120.

4. *Лебедева, В.М., Страшная А.И.* Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том II. Методы расчетов и прогнозов в агрометеорологии. Книга 2. Оперативное агрометеорологическое прогнозирование. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2012. – 216 с.

5. *Полевой, А.Н.* Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. – 320 с.

6. *Полевой А.Н., Гончарова Т.А.* О прогнозировании урожайности зерновых и зернобобовых культур // Метеорология и гидрология. – 1984. – № 5. – С. 114–117.

7. РД 52.27.284-91. Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – С. 98–107.

8. *Русакова Т.И., Лебедева В.М., Грингоф И.Г., Шкляева Н.М.* Современная технология поэтапного прогнозирования урожайности и валового сбора зерновых культур // Метеорология и гидрология. – 2006. – № 7. – С. 101–108.