

УДК 631.559:551.509.32

Оценка условий вегетации и прогноза урожайности кукурузы с использованием спутниковой и наземной информации по субъектам Российской Федерации и результаты его испытания

Т.А. Гончарова¹, Т.А. Найдина¹, В.М. Лебедева¹, О.В. Береза²

¹Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной метеорологии, г. Обнинск, Россия;

*²Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации, г. Москва, Россия
v_lebedeva@mail.ru*

Рассмотрены результаты авторских и производственных испытаний в Гидрометцентре России метода прогноза урожайности кукурузы с использованием спутниковой и наземной информации по субъектам РФ. В качестве базовой модели для разработки метода прогноза урожайности кукурузы на зерно используется динамико-статистическая модель «погода – урожай», разработанная в ФГБУ «ВНИИСХМ». Создана технология оперативного прогнозирования урожайности кукурузы на зерно по основным кукурузосеющим субъектам Российской Федерации. Методы прогноза урожайности кукурузы успешно прошли испытания и внедрены в оперативных подразделениях ФГБУ «Гидрометцентр России» и ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС».

Ключевые слова: метод оценки условий вегетации кукурузы, метод прогноза урожайности кукурузы, использование спутниковой информации, динамико-статистическая модель, результаты испытаний

Estimation of vegetation conditions and the forecast of maize yield using satellite and terrestrial information for the subjects of the Russian Federation and testing results

T.A. Goncharova¹, T.A. Naidina¹, V.M. Lebedeva¹, O.V. Beryozina²

*¹All-Russian Research Institute of Agricultural Meteorology,
Obninsk, Kaluzhsky region, Russia;*

*²Hydrometeorological Research Center of Russian Federation, Moscow, Russia
ivanova@mecom.ru*

The results of the author and production tests of the method for forecasting the yield of maize using satellite and terrestrial information for the subjects of the Russian Federation at the Hydrometcenter of Russia are considered. As a basic model for developing a method for forecasting the yield of maize for grain, the dynamic-statistical model "weather-harvest" developed at All-Russian Research Institute of Agricultural Meteorology is used. The technology of operative forecasting of productivity of maize for grain in the basic maize-sowing subjects of the Russian Federation is created. Methods for forecasting the yield of maize have successfully been tested and implemented in the operational units of Hydrometcenter of Russia and North Caucasian HMS.

Keywords: method for estimating the conditions of maize vegetation, method for forecasting the yield of maize, use of satellite information, dynamic-statistical model, test results.

В ФГБУ «ВНИИСХМ» в 2011–2013 гг. на основе прикладной динамико-статистической модели формирования урожая «погода – урожай» [7–10] впервые был разработан метод оценки условий вегетации и прогноза урожайности кукурузы с использованием спутниковой и наземной информации по 16 субъектам южной половины ЕТР (основные субъекты возделывания кукурузы) (автор метода – Т.А. Найдина).

Метод разработан в соответствии с требованиями:

- единый методический подход к составлению оценок и прогнозов по всей территории и по всем культурам;
- использование универсального объема исходной оперативной информации, обеспеченной системой наблюдений Росгидромета;
- использование рядов урожайности с уборочной площади в доработанном весе (данные РОССТАТа России);
- единые сроки составления оценок и прогнозов по территории Российской Федерации.

Динамико-статистический метод прогноза урожайности кукурузы основан на сочетании двух прогнозов: прогноза тенденции урожайности с помощью метода гармонических весов [9] и оценки отклонений урожайности от тенденции, выполняемых с помощью усовершенствованной модели продукционного процесса кукурузы с использованием спутниковой информации [3–6, 13].

Разработаны два динамико-статистических метода прогноза урожайности зерна кукурузы:

- с использованием оперативной метеорологической информации;
- с включением оперативных спутниковых данных (индекс NDVI) наряду с метеорологической информацией.

Индекс NDVI является комплексным показателем текущего состояния посевов. В оперативном режиме средние областные декадные значения вегетационного индекса NDVI помещаются на специализированном сайте Института космических исследований Российской академии наук (ИКИ РАН).

Прогноз ожидаемой урожайности кукурузы по субъектам Российской Федерации составляется на 21 июня и уточняется 21 июля.

Испытания автоматизированной технологии составления оценки условий вегетации и прогноза урожайности кукурузы на зерно

В ФГБУ «Гидрометцентр России» в рамках ранее созданной информационно-прогностической системы (ИПС) в 2013 г. была установлена автоматизированная подсистема оценки условий вегетации и прогноза

урожайности кукурузы по субъектам Российской Федерации. Производственные испытания двух методов прогноза урожайности кукурузы проводились в течение трех лет, с 2014 по 2016 год.

В рамках ИПС ежедекадно осуществляется обработка агрометеорологических телеграмм, поступающих с сети гидрометеорологических станций, и в установленные «Планом выпуска основных агрометеорологических прогнозов и докладов на 2016–2020 годы» сроки проводятся расчеты ожидаемой урожайности сельскохозяйственных культур одновременно по всем субъектам Российской Федерации [1, 7, 11]. Основное меню ИПС и подменю для расчета ожидаемой урожайности кукурузы показаны на рис. 1.

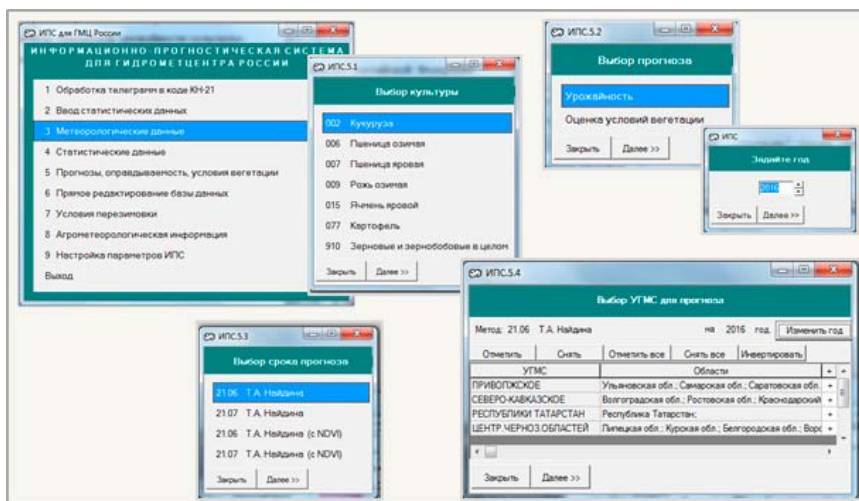


Рис. 1. Раздел ИПС «Прогнозы, оправдываемость, условия».

Fig. 1. Section of IPS "Forecasts, accuracy, conditions."

На рис. 2 приведены примеры выходных файлов в ИПС с расчетами прогнозируемой урожайности кукурузы и оправдываемости прогнозов по субъектам.

Согласно Методическим указаниям [12], оценка успешности агрометеорологических прогнозов проводилась на материалах независимой выборки с помощью двух критериев: оправдываемости метода и его ошибки за период авторских и производственных испытаний.

В табл. 1 и 2 приведены результаты авторских (2011–2013 гг.) и производственных (2014–2016 гг.) испытаний двух динамико-статистических методов прогноза урожайности кукурузы (с использованием только наземной и с использованием наземной и спутниковой информации) для двух сроков прогноза (21 июня, 21 июля) за период 2011–2016 гг. Для сравнения здесь же приведены результаты оправдываемости прогнозов урожайности кукурузы, рассчитанные с помощью инерционного и климатологического методов прогноза.

Прогноз урожайности в расчете с уборочной площади на 21.06.2016					
Культура - Кукуруза					
Автор(ы) метода: Т.А. Найдина					
УТМС, субъект РФ	Тенденция урожайности, ц/га	Оценка условий вегетации, %	Прогноз урожайности, ц/га	Уборочная площадь, тыс. га	Валовой сбор, тыс. тонн
ПРИВОЛЖСКОЕ					
Ульяновская обл.	31,0	84,0	26,0	9,3	23,70
Самарская обл.	30,0	105,3	31,6	35,3	112,32
Саратовская обл.	38,8	114,3	44,4	65,6	291,40
Оренбургская обл.	19,5	99,2	19,4	32,6	63,18
СЕВЕРО-КАВКАЗСКОЕ					
Волгоградская обл.	27,0	105,8	28,6	61,6	175,91
Ростовская обл.	27,0	99,8	26,9	216,6	587,67
Краснодарский кр.	33,0	97,1	33,4		
Кабар.-Балкарская Респуб.	37,4	131,6	75,6		
Ставропольский кр.	46,0	125,0	71,5		
Республика Сев. Осетия - Алания	61,9	119,3	76,4		
Республика Дагестан	30,0	116,4	34,9		
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН					
Республика Татарстан	40,0	114,4	43,7		
ЦЕНТР ЧЕРНОЗЕМНЫХ ОБЛАСТЕЙ					
Липецкая обл.	62,4	110,9	69,2		
Курская обл.	66,3	107,9	71,8		
Белгородская обл.	61,5	106,7	65,7		
Воронежская обл.	46,1	99,5	45,9		

Оправданность метода прогноза урожайности на 21.06.2016				
Культура - Кукуруза				
Автор(ы) метода: Т.А. Найдина				
Субъект Российской Федерации	Прогноз урожайности, ц/га	Фактическая урожайность, ц/га	Относительная ошибка, %	Оправданность прогноза, %
Липецкая обл.	69,2	58,5	18,3	81,7
Курская обл.	71,8	76,9	6,6	93,4
Белгородская обл.	65,7	72,3	9,1	90,9
Воронежская обл.	43,9	48,8	5,9	94,1
Республика Татарстан	45,7	33,2	37,7	62,3
Ульяновская обл.	26,9	30,4	14,5	85,5
Самарская обл.	31,6	33,7	6,2	93,8
Саратовская обл.	44,4	37,8	17,5	82,5
Оренбургская обл.	19,4	17,3	12,1	87,9
Волгоградская обл.	28,6	39,4	26,9	73,1
Ростовская обл.	26,9	37,3	27,9	72,1
Краснодарский кр.	33,4	25,3	3,4	96,6
Кабар.-Балкарская Респуб.	75,6	71,8	5,3	94,7
Ставропольский кр.	57,5	64,1	10,3	89,7
Республика Сев. Осетия - Алания	76,4	57,0	34,0	66,0
Республика Дагестан	34,9	32,7	6,7	93,3

Рис. 2. Пример результатов расчета прогноза урожайности кукурузы и его оправданности в ИПС.

Fig. 2. An example of the results of the yield of maize forecast calculating and its accuracy in IPS.

В первый срок прогноза (21 июня) испытываемый метод в ряде субъектов Приволжского и Южного федеральных округов (Ульяновская, Самарская, Саратовская, Волгоградская и Ростовская области, Республика Дагестан, Северная Осетия) в одном или в обоих методах имел оправданность или среднюю ошибку оправдавшихся прогнозов несколько ниже, чем соответствующие показатели инерционного и климатологического методов прогноза (табл. 1).

Во второй срок прогноза (21 июля), в целом, результаты испытаний методов прогноза урожайности кукурузы выше, чем в первый срок (табл. 2): параметры оценки качества прогнозов испытываемого метода ниже, чем инерционного и климатологического методов, только в Самарской области, Республике Дагестан и Северной Осетии – для метода с использованием наземной информации; только в Северной Осетии – для метода с использованием наземной и спутниковой информации одновременно.

В целом по территории кукурузосеющих субъектов испытываемый метод без использования NDVI в первый срок имеет оправданность по территории 79,2 %, а во второй – 81,2 %.

Метод прогноза с использованием, наряду с оперативной метеорологической информацией, индексов NDVI в оба срока прогноза имеет оправданность по территории – 79,2 %. При этом оправданность инерционного и климатологического методов не превышают 65 %, а климатологического – 56 %. Такие показатели качества прогнозов позволяют использовать испытываемый метод прогноза в оперативной работе.

Таблица 1. Результаты авторских и производственных испытаний динамико-статистических методов прогноза урожайности кукурузы на 21 июня (первый срок прогноза) за период 2011–2016 гг.

Table 1. Results of author and production tests of dynamic-statistical methods for the yield of maize forecasting for June 21 (the first forecast term) for the period 2011–2016

№ п/п	Субъект федерации	Метод прогноза					
		динамико-статистический		инерционный		климатический	
		Оправды-ваемость, %	Отн. ошибка оправдыв. прогнозов, %	Оправды-ваемость, %	Отн. ошибка оправдыв. прогнозов, %	Оправды-ваемость, %	Отн. ошибка оправдыв. прогнозов, %
С использования наземной информации							
1	Липецкая обл.	83,3	15,4	50,0	5,0	50,0	21,6
2	Курская обл.	100,0	13,3	66,7	12,5	50,0	11,1
3	Белгородская обл.	83,3	11,3	83,3	14,1	16,7	13,1
4	Воронежская обл.	83,3	5,4	50,0	2,3	33,3	8,5
5	Республика Татарстан	83,3	21,7	66,7	27,9	66,7	35,2
6	Ульяновская обл.	83,3	12,6	66,7	13,6	83,3	8,0
7	Самарская обл.	83,3	20,8	83,3	11,5	50,0	7,0
8	Саратовская обл.	83,3	19,8	83,3	18,1	83,3	16,5
9	Оренбургская обл.	100,0	17,4	83,3	13,0	100,0	26,7
10	Волгоградская обл.	66,7	18,9	50,0	11,0	83,3	9,6
11	Ростовская обл.	83,3	9,2	50,0	11,9	83,3	18,9
12	Краснодарский край	100,0	7,5	63,7	4,7	50,0	10,8
13	Кабардино-Балкарская Республика	50,0	8,1	50,0	7,6	33,3	5,0
14	Ставропольский край	66,7	9,8	50,0	4,9	66,7	9,3
15	Республика Северная Осетия	33,3	4,7	83,3	5,9	100,0	5,8
16	Республика Дагестан	83,3	4,8	66,7	5,4	83,3	5,7
С использованием наземной и спутниковой информации							
1	Липецкая обл.	83,3	13,3	50,0	5,1	50,0	21,5
2	Курская обл.	100,0	11,7	66,7	12,5	50,0	11,1
3	Белгородская обл.	100,0	10,9	83,3	14,3	16,7	13,1
4	Воронежская обл.	83,3	2,9	50,0	2,3	33,3	8,5
5	Республика Татарстан	83,3	25,1	66,7	27,9	66,7	35,2
6	Ульяновская обл.	83,3	11,9	66,7	13,6	83,3	8,0
7	Самарская обл.	83,3	19,1	83,3	11,5	50,0	7,0
8	Саратовская обл.	66,7	20,8	83,3	18,1	83,3	16,5
9	Оренбургская обл.	100,0	16,7	83,3	13,0	100,0	26,7
10	Волгоградская обл.	83,3	11,7	50,0	11,0	83,3	9,6
11	Ростовская обл.	50,0	9,6	50,0	11,9	83,3	18,9
12	Краснодарский край	83,3	8,6	66,7	4,7	50,0	10,8
13	Кабардино-Балкарская Республика	50,0	5,5	50,0	7,6	33,3	5,0
14	Ставропольский край	66,7	8,8	50,0	4,9	66,7	9,3
15	Республика Северная Осетия	66,7	4,0	83,3	5,9	100,0	5,8
16	Республика Дагестан	83,3	7,4	66,7	5,4	83,3	5,7

Таблица 2. Результаты авторских и производственных испытаний динамико-статистических методов прогноза урожайности кукурузы на 21 июля (второй срок прогноза) за период 2011–2016 гг.

Table 2. Results of author and production tests of dynamic statistical methods for the yield of maize forecasting for July 21 (the second forecast term) for the period 2011-2016.

№ n/n	Субъект федерации	Метод прогноза					
		динамико- статистический		инерционный		климатический	
		Оправды- ваемость, %	Отн. ошибка оправд. прогнозов, %	Оправды- ваемость, %	Отн. ошибка оправд. прогнозов, %	Оправды- ваемость, %	Отн. ошибка оправд. прогнозов, %
С использованием наземной информации							
1	Липецкая обл.	83,3	11,1	50,0	5,0	16,7	6,5
2	Курская обл.	100,0	3,5	66,7	12,5	50,0	11,1
3	Белгородская обл.	83,3	9,0	50,0	13,0	16,7	13,1
4	Воронежская обл.	83,3	5,4	50,0	2,3	33,3	8,5
5	Республика Татарстан	83,3	15,7	50,0	19,4	66,7	35,2
6	Ульяновская обл.	100,0	14,6	66,7	13,6	83,3	8,0
7	Самарская обл.	66,7	11,2	83,3	11,5	50,0	6,0
8	Саратовская обл.	66,7	7,6	50,0	15,9	66,7	11,9
9	Оренбургская обл.	100,0	10,2	83,3	13,0	83,3	22,9
10	Волгоградская обл.	66,7	5,4	33,3	6,4	66,7	6,4
11	Ростовская обл.	83,3	4,7	33,3	4,1	66,7	14,8
12	Краснодарский край	100,0	4,0	66,7	4,7	50,0	10,8
13	Кабардино-Балкарская Республика	100,0	6,8	50,0	7,6	33,3	5,0
14	Ставропольский край	83,3	9,9	50,0	4,9	66,7	9,3
15	Республика Северная Осетия	50,0	4,3	66,7	4,2	83,3	4,4
16	Республика Дагестан	100,0	3,5	66,7	12,5	50,0	11,1
С использованием наземной и спутниковой информации							
1	Липецкая обл.	83,3	3,2	50,0	5,1	16,7	6,5
2	Курская обл.	83,3	2,1	66,7	12,5	50,0	11,1
3	Белгородская обл.	83,3	10,4	50,0	13,0	16,7	13,1
4	Воронежская обл.	66,7	10,5	50,0	2,3	33,3	8,5
5	Республика Татарстан	83,3	2,0	50,0	19,4	66,7	35,2
6	Ульяновская обл.	100,0	13,6	66,7	13,6	83,3	8,0
7	Самарская обл.	83,3	8,1	83,3	11,5	50,0	7,0
8	Саратовская обл.	66,7	6,1	50,0	15,9	66,7	11,9
9	Оренбургская обл.	100,0	11,6	83,3	13,0	83,3	22,9
10	Волгоградская обл.	66,7	4,9	33,3	4,9	66,7	6,4
11	Ростовская обл.	83,3	6,3	33,3	4,1	66,7	14,8
12	Краснодарский край	83,3	6,5	66,7	4,7	50,0	10,8
13	Кабардино-Балкарская Республика	83,3	2,9	50,0	7,6	33,3	5,0
14	Ставропольский край	83,3	6,1	50,0	4,9	66,7	9,3
15	Республика Северная Осетия	50,0	2,9	66,7	4,2	83,3	4,4
16	Республика Дагестан	66,7	4,1	50,0	4,5	50,0	3,1

Таблица 3. Оправдываемость прогнозов урожайности кукурузы по субъектам Российской Федерации в период производственных испытаний в Гидрометецентре России в 2011–2016 гг.

Table 3. Accuracy of corn yields forecasts for the subjects of the Russian Federation during the production tests at the Hydrometeorological Center of Russia in 2011-2016.

№ п/п	Субъект федерации	Метод прогноза					
		2014		2015		2016	
		21 июня	21 июля	21 июня	21 июля	21 июня	21 июля
С использования наземной информации							
1	Липецкая обл.	33,9	56,5	86,1	91,3	81,7	81,5
2	Курская обл.	88,8	98,4	80,8	95,6	93,4	94,4
3	Белгородская обл.	85,4	79,4	100	88,6	90,9	95,0
4	Воронежская обл.	57,9	46,0	96,1	94,8	92,4	98,4
5	Республика Татарстан	67,9	84,3	61,9	48,1	62,3	73,8
6	Ульяновская обл.	90,2	66,5	86,6	87,0	85,5	77,3
7	Самарская обл.	82,1	69,2	83,4	53,4	93,8	85,2
8	Саратовская обл.	32,0	42,1	80,3	74,0	82,5	86,5
9	Оренбургская обл.	81,5	97,7	92,9	73,2	87,9	93,6
10	Волгоградская обл.	77,4	75,3	79,2	99,4	73,1	49,1
11	Ростовская обл.	95,9	95,6	93,6	97,2	72,1	63,5
12	Краснодарский край	99,6	96,8	92,0	96,7	96,6	97,8
13	Кабардино-Балкарская Республика	83,5	93,6	75,7	92,4	94,7	92,6
14	Ставропольский край	79,5	85,7	61,8	74,8	89,7	89,7
15	Республика Северная Осетия	78,7	85,4	47,3	65,2	66,0	65,6
16	Республика Дагестан	98,8	79,7	85,1	80,4	93,9	95,1
Оправдываемость по территории		75	69	81	81	88	81
С использованием наземной и спутниковой информации							
1	Липецкая обл.	32,6	56,5	81,4	95,8	81,9	99,5
2	Курская обл.	80,8	97,7	81,3	99,5	90,0	78,6
3	Белгородская обл.	86,0	90,0	97,6	87,8	96,1	82,4
4	Воронежская обл.	62,1	65,1	99,0	88,5	98,4	81,4
5	Республика Татарстан	73,4	99,7	57,8	46,5	59,3	92,5
6	Ульяновская обл.	94,9	66,9	77,9	89,5	92,8	80,6
7	Самарская обл.	90,3	72,4	97,1	95,2	75,2	91,4
8	Саратовская обл.	36,4	52,2	75,9	74,0	77,6	89,4
9	Оренбургская обл.	83,3	89,8	99,6	76,3	80,9	91,3
10	Волгоградская обл.	96,9	86,8	82,1	65,5	89,7	62,7
11	Ростовская обл.	71,5	93,3	68,2	84,1	74,5	75,0
12	Краснодарский край	88,1	89,0	83,3	85,4	97,3	90,3
13	Кабардино-Балкарская Республика	82,5	95,2	80,4	89,4	95,5	97,2
14	Ставропольский край	82,0	95,3	68,3	85,1	90,7	81,2
15	Республика Северная Осетия	100,0	89,4	71,4	84,7	67,0	76,4
16	Республика Дагестан	90,4	80,0	96,1	71,7	93,3	93,3
Оправдываемость по территории		81	75	81	88	88	94

В табл. 3 приведена оправдываемость прогнозов по относительной ошибке согласно Инструкции [2]. Качество прогнозов оценивается по балльной шкале: оправдываемость 91 % и более – 5 баллов, 90–81 % – 4 балла; 80–70 % – 3 балла; менее 70 % – 0 баллов.

Оправдываемость прогнозов урожайности кукурузы в период производственных испытаний по относительной ошибке для двух сроков прогноза с использованием только наземной информации имеет, в целом, высокую оправдываемость по территории – от 75 до 88 %. И только в одном случае (2014 г., 2 срок прогноза) оправдываемость прогнозов в целом по территории была немного ниже 70 %, а именно – 69 %.

Оправдываемость прогнозов, получаемых с использованием наземной и спутниковой информации, за период с 2014 по 2016 г. оказалась более высокой, чем у метода прогноза, основанного на использовании только метеорологической информации – 75–94 %.

Рекомендации о внедрении

Решением Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиофизическим прогнозам (ЦМКП) Росгидромета от 4 июля 2017 года автоматизированная технология составления оценок условий вегетации и прогнозов урожайности кукурузы с использованием спутниковой и наземной информации по 16 субъектам Российской Федерации рекомендована для использования в ФГБУ «Гидрометцентр России» в качестве основного расчетного метода.

Одновременно с испытаниями в Гидрометцентре России, в 2013–2016 гг. методы прогноза урожайности кукурузы проходили испытания в Северо-Кавказском УГМС для семи кукурузосеющих субъектов Российской Федерации, относящихся к Южному и Северо-Кавказскому федеральным округам.

По решению Технического совета Северо-Кавказского УГМС от 16 февраля 2017 года методы внедрены в оперативную практику:

– в первый срок составления прогноза (20 июня) в качестве основного по территориям Краснодарского края (с включением вегетационного индекса и без него); Волгоградской области, Ставропольского края и Республики Дагестан (с включением вегетационного индекса), а также по Ростовской области (без включения вегетационного индекса);

– во второй срок составления прогноза (20 июля) в качестве основного по территориям Волгоградской и Ростовской областей и Кабардино-Балкарской Республики (с включением вегетационного индекса и без него); Краснодарскому и Ставропольскому краям, Республике Дагестан (без включения вегетационного индекса).

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 // Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов. Информационный сборник № 41. 2014. С. 111-126.
2. Инструкция по оценке оправдываемости агрометеорологических прогнозов. М.: Гидрометеоиздат, 1983. 7 с.
3. Клещенко А.Д., Найдина Т.А. Динамическая модель продукционного процесса кукурузы с использованием спутниковой информации и методы прогноза урожайности // Метеорология и гидрология. 2012. № 12. С. 88-98.
4. Клещенко А.Д., Найдина Т.А., Гончарова Т.А. Использование данных дистанционного зондирования для моделирования продукционного процесса кукурузы // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2012. Т. 9, № 3. С. 259-268.
5. Клещенко А.Д., Лебедева В.М., Найдина Т.А., Савицкая О.В. Использование спутниковой информации MODIS в оперативной агрометеорологии // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т. 12, № 2. С. 143-154.
6. Клещенко А.Д., Лебедева В.М., Найдина Т.А., Гончарова Т.А., Шкляева Н.М. Оперативное информационно-прогностическое обеспечение потребителей агрометеорологической продукции // Труды ВНИИГМИ-МЦД. 2015. Вып. 179. С. 33-43.
7. Лебедева В.М., Страшина А.И. Основы сельскохозяйственной метеорологии. Том II. Методы расчетов и прогнозов в агрометеорологии. Книга 2. Оперативное агрометеорологическое прогнозирование: Учебное пособие Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2012. 216 с.
8. Полевой А.Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. Л.: Гидрометеоиздат, 1983. 175 с.
9. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Л.: Гидрометеоиздат, 1988. 320 с.
10. Полевой А.Н., Русакова Т.И. и др. Прикладная динамическая модель формирования урожая сельскохозяйственных культур // Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. С. 15-31.
11. Русакова Т.И. Автоматизированная система оценки агрометеорологических условий вегетации и прогноза урожайности озимой ржи и пшеницы по территории субъектов Российской Федерации // Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов. Информационный сборник № 32. 2006. С. 58-64.
12. РД 52.27.284-91 Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов. – М.: Госкомгидромет. 1991. – С. 98–107.
13. Kleshchenko A.D.; Naidina T.A.; Goncharova T.A.; Lebedeva V.M. Evaluation of growth conditions and maize yield forecast in Russian regions from satellite data in a simulation model // Italian Journal of Agrometeorology-Rivista Italiana di Agrometeorologia. 2016. Vol. 21, no. 1. P. 59-66.

References

1. Goncharova T.A. Naidina T.A., Lebedeva V.M., Bogomolova N.A. Rezul'taty avtorskikh i proizvodstvennykh ispytaniy v FGBU «Gidromettsentr Rossii» avtomatizirovannoi tekhnologii sostavlениya otsenki uslovii vegetatsii i prognoza urozhainosti yarvoi pshenitsy i kartofelya po sub"ektam Rossiiskoi Federatsii. Rezul'taty ispytaniy novykh i usovershenstvovannykh tekhnologii, modelei i metodov gidrometeorologicheskikh prognozov. Informatsionnyi sbornik no. 41, 2014, pp. 111-126 [in Russ.].
2. Instruktsiya po otsenke opravdyvaemosti agrometeorologicheskikh prognozov. Moscow: Gidrometeoizdat Publ., 1983, 7 p. [in Russ.].

3. Kleshchenko A.D., Naidina T.A. Dinamicheskaya model' produktsionnogo protsessa kukuruzy s ispol'zovaniem sputnikovoi informatsii i metody prognoza urozhainosti. *Meteorologiya i gidrologiya*. 2012, no. 12, pp. 88-98 [in Russ.].
4. Kleshchenko A.D.I., Naidina T.A.I., Goncharova T.A. Ispol'zovanie dannykh distantsionnogo zondirovaniya dlya modelirovaniya produktsionnogo protsessa kukuruzy [Use of remotely-sensed data for modeling crop production of maize]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya zemli iz kosmosa* [Current problems in remote sensing of the earth from space], 2012, vol. 9, no. 3, pp. 259-268 [in Russ.].
5. Kleshchenko A.D., Lebedeva V.M., Naidina T.A., Savitskaya O.V. Ispol'zovanie sputnikovoi informatsii MODIS v operativnoi agrometeorologii [MODIS satellite data usage in operational agrometeorology]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya zemli iz kosmosa* [Current problems in remote sensing of the earth from space], 2015, vol. 12, no. 2, pp. 143-154 [in Russ.].
6. Kleshchenko A.D., Lebedeva V.M., Naidina T.A., Goncharova T.A., Shklyayeva N.M. Operativnoe informatsionno-prognosticheskoe obespechenie potrebiteli agrometeorologicheskoi produktsii. *Trudy RIHMI-WDC*, 2015, vol. 179, pp. 33-43 [in Russ.].
7. Lebedeva V.M., Strashnaya A.I. Osnovy sel'skokhozyaistvennoi meteorologii. Tom II. Metody raschetov i prognozov v agrometeorologii. Kniga 2. Operativnoe agrometeorologicheskoe prognozirovaniye. Obninsk: RIHMI-WDC Publ., 2012, 216 p. [in Russ.].
8. Polevoi A.N. Teoriya i raschet produktivnosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1983, 175 p. [in Russ.].
9. Polevoi A.N. Prikladnoe modelirovaniye i prognozirovaniye produktivnosti posevov. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1988, 320 p. [in Russ.].
10. Polevoi A.N., Rusakova T.I. et al. Prikladnaya dinamicheskaya model' formirovaniya urozhaya sel'skokhozyaistvennykh kul'tur // Gidrometeorologicheskoe obespechenie agropromyshlennogo kompleksa strany. Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1991, pp. 15-31 [in Russ.].
11. Rusakova T.I. Avtomatizirovannaya sistema otsenki agrometeorologicheskikh uslovii vegetatsii i prognoza urozhainosti ozimoi rzhii i pshenitsy po territorii sub'ektov Rossiiskoi Federatsii *Rezul'taty ispytaniy novykh i usovershenstvovannykh tekhnologii, modelei i metodov gidrometeorologicheskikh prognozov*. Informatsionnyi sbornik no. 32, 2006, pp. 58-64 [in Russ.].
12. RD № 52.27.284-91. Metodicheskie ukazaniya. *Provedeniye proizvodstvennykh (operativnykh) ispytaniy novykh i usovershenstvovannykh metodov gidrometeorologicheskikh i geliogeofizicheskikh prognozov*. Moscow, 1991, 149 p. [in Russ.].
13. Kleshchenko A.D.; Naidina T.A.; Goncharova T.A.; Lebedeva V.M. Evaluation of growth conditions and maize yield forecast in Russian regions from satellite data in a simulation model. *Italian Journal of Agrometeorology-Rivista Italiana di Agrometeorologia*, 2016, vol. 21, no. 1, pp. 59-66.

Поступила в редакцию 10.01.2018 г.

Received by the editor 10.01.2018.