

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ МЕТОДА ОЦЕНКИ УСЛОВИЙ ВЕГЕТАЦИИ И ПРОГНОЗА УРОЖАЙНОСТИ КУКУРУЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВОЙ И НАЗЕМНОЙ ИНФОРМАЦИИ ПО СУБЪЕКТАМ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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;
- реализация методов по всем субъектам 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 и агрометеорологической 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 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.

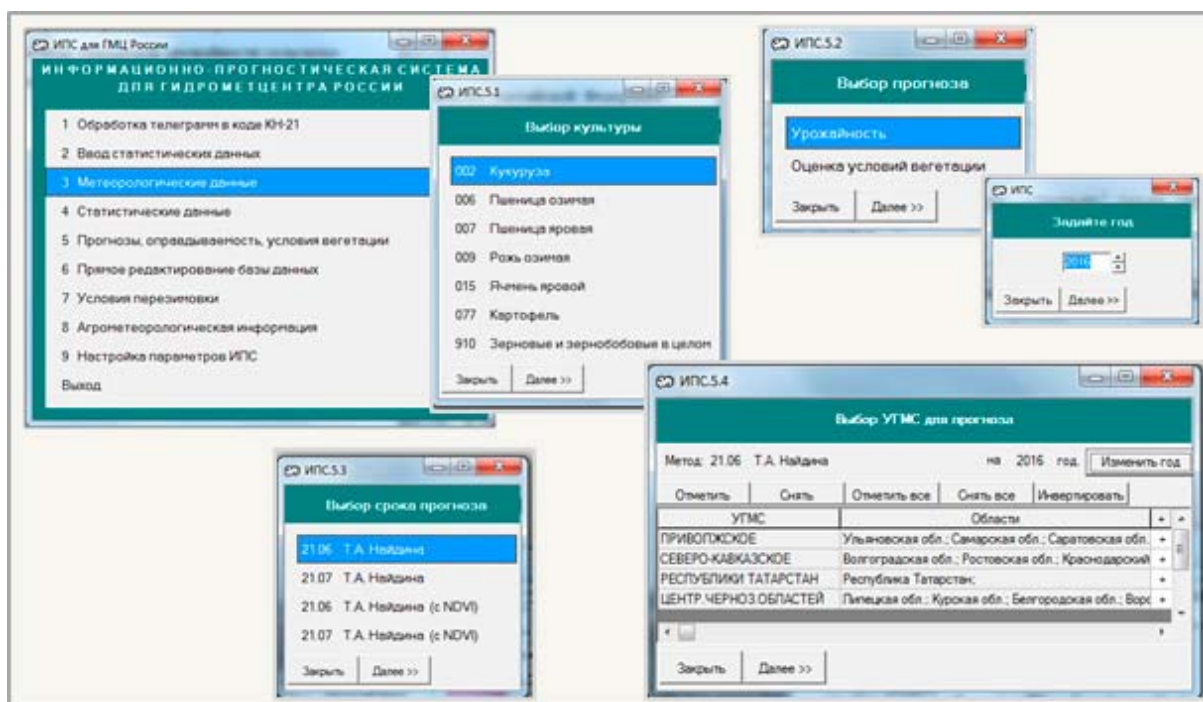


Рис. 1. Раздел ИПС «Прогнозы, оправдываемость, условия».

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

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	9,1	23,70
Самарская обл.	30,0	105,5	31,6	35,5	112,32
Саратовская обл.	38,8	114,5	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	583,67
Краснодарский кр.	55,0	97,1	53,4		
Кабар.-Балкарская Респуб.	57,4	131,6	73,6		
Ставропольский кр.	46,0	125,0	57,5		
Республика Сев. Осетия - Алания	63,9	119,5	76,4		
Респуб. Дагестан	30,0	116,4	34,9		
РЕСПУБЛИКИ ТАТАРСТАН					
Республика Татарстан	40,0	114,4	45,7		
ЦЕНТР ЧЕРНОЗ. ОБЛАСТЕЙ					
Липецкая обл.	62,4	110,9	69,2		
Курская обл.	66,5	107,9	71,8		
Белгородская обл.	61,5	106,7	65,7		
Воронежская обл.	46,1	99,5	45,9		

Оправдываемость 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, %	Оправдываемость прогноза, %
Липецкая обл.	69,2	58,5	13,3	81,7
Курская обл.	71,8	76,9	6,6	93,4
Белгородская обл.	65,7	72,3	9,1	90,9
Воронежская обл.	45,9	48,8	5,9	94,1
Республика Татарстан	45,7	33,2	37,7	62,3
Ульяновская обл.	26,0	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	39,1	26,9	73,1
Ростовская обл.	26,9	37,3	27,9	72,1
Краснодарский кр.	53,4	55,3	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
Респуб. Дагестан	34,9	32,7	6,7	93,3

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

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 наблюдений.

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.

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 имели оправдываемость или среднюю ошибку оправдавшихся прогнозов несколько ниже, чем соответствующие показатели инерционного и климатологического методов прогноза (табл. 1).

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

№ 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 об.	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 об.	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

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.

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

№ п/п	Субъект федерации	Метод прогноза					
		динамико-статистический		инерционный		климатический	
		Оправды- ваемость, %	Отн. ошибка оправд. про- гнозов, %	Оправды- ваемость, %	Отн. ошибка оправд. про- гнозов, %	Оправды- ваемость, %	Отн. ошибка оправд. про- гнозов, %
С использования 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 об.	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 об.	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

В целом по территории кукурузосеющих субъектов испытываемый метод без использования NDVI в первый срок имеет оправдываемость 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 оправдываемость по территории – 79,2 %. При этом оправдываемость инерционного и климатологического методов не превышают 65 %, а климатологического – 56 %. Такие показатели качества прогнозов позволяют использовать испытываемый метод прогноза в оперативной работе.

В период производственных испытаний (2014–2016 гг.) на независимом материале в ФГБУ «Гидрометцентр России» было составлено по 96 прогнозов урожайности кукурузы по субъектам Российской Федерации с использованием только наземной и с использованием одновременно наземной и спутниковой информации. 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.

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

№ 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 об.	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 об.	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

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 // Информационный сборник № 41 «Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов». – М; Обнинск: ИГ СОЦИН, 2014. – С. 111–126.

2. Инструкция по оценке оправдываемости агрометеорологических прогнозов. – М.: Гидрометеоздат, 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., Страшная 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.: Гидрометеиздат, 1983. – 175 с.

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

10. *Полевой А.Н., Русакова Т.И. и др.* Прикладная динамическая модель формирования урожая сельскохозяйственных культур // Гидрометеорологическое обеспечение агропромышленного комплекса страны: Сб. докладов. – Л.: Гидрометеиздат, 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 // Информационный сборник № 32 «Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов». – 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.