

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ МЕТОДА ДОЛГОСРОЧНОГО  
ПРОГНОЗА УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ И ЗЕРНОБОБОВЫХ  
КУЛЬТУР ПО ФЕДЕРАЛЬНЫМ ОКРУГАМ И РОССИИ В ЦЕЛОМ  
В ФГБУ «ГИДРОМЕТЦЕНТР РОССИИ»**

**Основы метода**

В ФГБУ «ВНИИСХМ» в 2005–2007 гг. в рамках научной тематики был впервые разработан синоптико-статистический метод долгосрочного прогноза урожайности и валового сбора зерновых и зернобобовых культур по федеральным округам и России в целом, позволяющий увеличить заблаговременность прогноза до 5 месяцев и более (автор – В.М. Лебедева).

Рассматриваемый метод прогноза ожидаемого урожая, как и ряд других методов [2, 3, 8, 10], основывается на синоптико-статистическом подходе. Развитие синоптико-статистического направления в агрометеорологическом прогнозировании связано в первую очередь с задачей прогнозирования урожайности и валового сбора сельскохозяйственных культур в период до сева яровых. Очевидно, что традиционную информацию (значения температуры воздуха, сумм осадков, запасов продуктивной влаги в почве и т.д.) при составлении агрометеорологических прогнозов в данном случае использовать нельзя, так как к моменту составления прогноза необходимой информации не существует. Решение этой задачи потребовало нового подхода в агрометеорологическом прогнозировании.

В основе синоптико-статистических методов прогнозов лежит предположение о существовании длиннопериодных связей в циркуляции атмосферы всего Северного полушария. В 80–90-х гг. XX столетия в ФГБУ «ВНИИСХМ» был проведен и описан ряд численных экспериментов, целью которых было выяснение существования таких связей и установление возможности составления прогнозов урожайности на их основе. Для ряда сельскохозяйственных культур в различных регионах Северного полушария были получены статистически значимые связи между геопотенциалом на уровне 500 гПа, температурой поверхности воды океанов в осенне-зимний период, с одной стороны, и температурой воздуха, суммой осадков, урожайностью – с другой [6–8].

Выбор потенциальных предикторов для долгосрочного прогноза основан на современных представлениях о факторах, влияющих на формирование циркуляции

атмосферы в этот период, а также реальная возможность получения значений параметров циркуляции в оперативном режиме к моменту составления прогноза (прогнозы составляются в середине марта).

Для разработки синоптико-статистического метода прогноза урожайности зерновых и зернобобовых культур по федеральным округам и России в целом в качестве предикторов используются:

- средние месячные значения геопотенциала на уровне 500 гПа в узлах регулярной десятиградусной сетки в пределах Северного полушария с октября по февраль, предшествующих периоду вегетации;
- средние месячные значения температуры поверхности воды Тихого и Атлантического океанов в узлах десятиградусной регулярной сетки с октября по февраль, предшествующих периоду вегетации;
- средние месячные значения параметров центров действия атмосферы (ЦДА);
- средние месячные значения индексов Южного колебания; средние месячные значения индексов Североатлантического колебания.

Данные о средних месячных значениях геопотенциала на уровне 500 гПа за осенне-зимний период подвергались предварительной обработке: были рассчитаны разности значений геопотенциала в узлах десятиградусной регулярной сетки ( $\Delta H$ ). Таким образом ежегодно с октября по февраль для поля средних месячных значений геопотенциала над Северным полушарием рассчитываются два поля разностей: по широте и долготе (с шагом в  $20^\circ$ ), которые служат потенциальными предикторами в прогнозе урожайности зерновых и зернобобовых культур по федеральным округам [3–4]. Для примера на рис. 1 приведены разности значений геопотенциала за февраль 2008 года.

При расчете прогностической урожайности за каждый из указанных месяцев для всего поля разностей значений  $\Delta H$  за тридцатилетний ряд рассчитываются парные коэффициенты корреляции с предиктантом, т.е. с урожайностью озимых или яровых культур по федеральным округам. На рис. 2 для примера приведены коэффициенты корреляции между разностями значений геопотенциала и урожайностью яровых зерновых и зернобобовых культур в Центральном федеральном округе на 2008 год.

Блок-схема синоптико-статистического метода прогноза урожайности и валового сбора зерновых и зернобобовых культур по федеральным округам и России в целом представлена на рис. 3.

## Расчет тренда

Урожайность основных зерновых культур в России, как и в ведущих зернопроизводящих странах мира, имеет тенденцию к росту (тренд) во времени, однако темпы этого роста различны во времени и по территории.

Временные ряды урожайности озимых и яровых зерновых культур рассматриваются нами как сумма двух слагаемых – детерминированной составляющей и случайных отклонений от нее:

$$Y_t = f(t) + \omega_t ,$$

где  $f(t)$  – некоторая неслучайная функция времени (тренд);  $\omega_t$  – случайная составляющая временного ряда.

Ожидаемое значение тренда урожайности в конкретный период в определенной степени зависит от его уровня, достигнутого в предшествующие годы. Более ранние годы также несут некоторую информацию о процессе формирования урожайности, однако при анализе им придается меньший вес по сравнению с более поздними годами. Применение метода гармонических весов для выделения детерминированной составляющей позволяет с достаточной степенью точности учесть особенности рядов урожайности зерновых культур.

## Расчет прогностических значений отклонений урожайности озимых зерновых и яровых зерновых и зернобобовых культур от тренда

Опыт практического применения физико-статистических и синоптико-статистических схем долгосрочных прогнозов показывает, что прогноз по одному, даже самому эффективному, предиктору не дает положительных результатов за длительный период. Это обусловлено большим числом внешних факторов, одновременно действующих на процессы в атмосфере. Кроме того, относительный вклад действующих факторов с течением времени изменяется, поэтому установленные однажды статистические связи некоторых из них с урожайностью оказываются неустойчивыми при использовании их на независимом материале. Поэтому нами используется многофакторная схема и оценка взаимной корреляции предикторов, просеивание, построение уравнений проводится ежегодно с учетом вновь поступившей информации.

На основе матриц парных коэффициентов корреляции между разностями значений геопотенциала на уровне 500 гПа, центров действия атмосферы, индексов Южного и Североатлантического колебаний, температурой поверхности воды Тихого, Атлантического океанов, с одной стороны, и отклонениями урожайности озимых и яровых зерновых культур по федеральным округам Российской Федерации – с другой, был проведен анализ различных

сочетаний потенциальных предикторов для расчета ожидаемых отклонений от тренда урожайности озимых и яровых зерновых культур по федеральным округам.

В связи с тем, что значимые предикторы могут быть взаимно коррелированы (иногда связь между отдельными предикторами существенно выше, чем связь каждого из них с предиктантом), при отборе предикторов осуществляется их фильтрация:

- на первом этапе, когда отбираются значимые связи для средних месячных значений параметра с урожайностью за отдельный месяц;

- на втором этапе – для всех отобранных параметров перед построением прогностического уравнения, поскольку различные параметры также могут иметь синхронные или асинхронные связи между собой.

Отбор предикторов, значимых при 5%-ном и 1%-ном уровнях, оценка их взаимной корреляции и просеивание проводятся ежегодно, с учетом вновь поступившей информации.

Анализ матриц парных коэффициентов корреляции отклонений урожайности озимых зерновых культур с геопотенциалом на уровне 500 гПа показал наиболее тесную связь в Арктической области, которую занимает циркумполярный вихрь (один из основных макроциркуляционных объектов зимней атмосферы), а также в районах расположения атлантического гребня (области повышенного давления у побережья Европы), тихоокеанского гребня (области повышенного давления у побережья Северной Америки) и ложбины над континентом Евразии (области пониженного давления над Европой и/или Азией).

Урожайность озимых зерновых и яровых зерновых и зернобобовых культур по федеральным округам ЕТР имеет наиболее тесную связь с температурой поверхности воды Атлантического океана в районах наиболее активного и интенсивного теплообмена между океаном и атмосферой, в энергетически активных зонах (Норвежская, Ньюфаундлендская, зона Гольфстрима, Атлантическая тропическая). В свою очередь, урожайность на азиатской территории России связана с температурой поверхности воды в районах расположения течений в Тихом океане (Курасио, Северотихоокеанское, Северное пассатное, Экваториальное течения).

Влияние Южного и Североатлантического колебаний на метеорологический режим России в зависимости от региона проявляется в равной мере через положительные и отрицательные связи. Наибольшие изменения после явления Эль-Ниньо – Южное колебание обнаруживаются в умеренных широтах на второй, а в некоторых случаях на третий год. Для их учета матрицы парных коэффициентов между прогнозируемой урожайностью и

температурой поверхности океанов рассчитываются дважды (без сдвига и со сдвигом в один год).

После процедуры просеивания отбираются наиболее значимые предикторы и строится уравнение множественной регрессии.

Для составления долгосрочных прогнозов ожидаемой урожайности и валового сбора зерновых и зернобобовых культур разработан пользовательский интерфейс, позволяющий в значительной мере упростить работу агрометеоролога-прогнозиста. На рис. 4 показаны основные меню программного комплекса.

Расчет ожидаемой урожайности и валового сбора зерновых и зернобобовых культур проводится в два этапа:

- в пункте меню «Подготовка данных» файлы исходных данных для проведения расчетов пополняются вновь поступившей информацией;
- в пункте меню «Прогноз» рассчитываются прогностические значения урожайности и валового сбора зерновых и зернобобовых культур.

По мере поступления данных РОССТАТ о фактической урожайности озимых культур в пункте меню «Расчет оправдываемости метода прогноза» можно в автоматизированном режиме рассчитать оправдываемость метода и сравнить с оправдываемостью инерционного и климатологического методов прогноза.

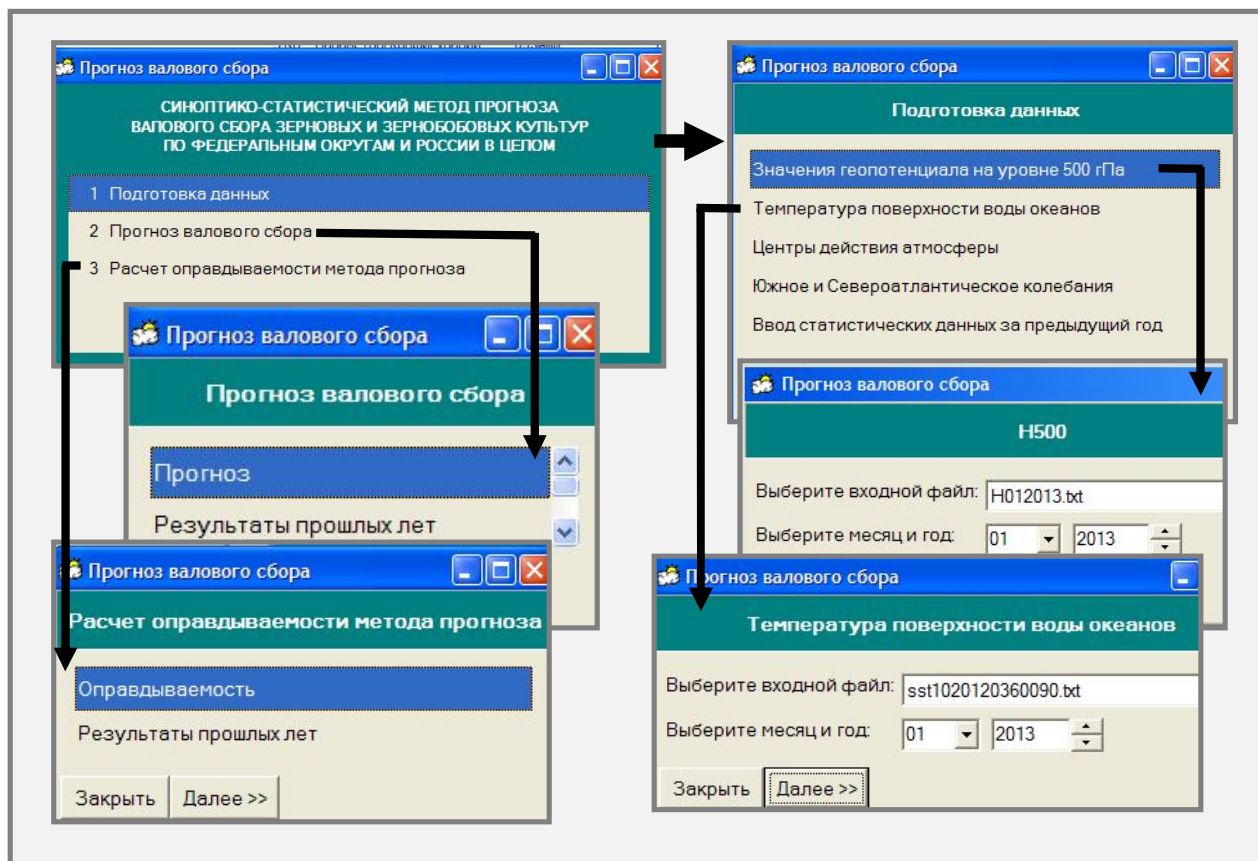



Рис. 4. Основные меню программного комплекса.

Пример выходного файла приведен на рис. 5.



The image shows a screenshot of a text editor window titled "Прогноз валового сбора на 2013.txt - AkelPad". The window contains a text file with the following content:

ПРОГНОЗ УРОЖАЙНОСТИ И ВАЛОВОГО СБОРА  
ЗЕРНОВЫХ И ЗЕРНОВОБОВЫХ КУЛЬТУР на 2013 год

---

федеральный округ	Урожайность, ц/га	Валовой сбор, тыс. тонн
1.Центральный	21.5	15910.8
2.Северо-Западный	15.2	407.2
3.Южный	29.0	21569.0
4.Северо-Кавказский	40.5	11138.6
5.Приволжский	13.9	17679.7
6.Уральский	14.6	5268.6
7.Сибирский	12.6	12434.7
8.Дальневосточный	17.0	644.7
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ	19.1	85053.2

---

**Рис. 5. Пример выходного файла.**

В данном методе в расчетах используются данные о посевных площадях под озимыми и яровыми культурами за прошлый год, поскольку данных о посевных площадях за прогнозируемый год к моменту составления прогноза нет.

### **Результаты испытаний метода прогноза**

Производственные испытания метода прогноза урожайности и валового сбора зерновых и зернобобовых культур по федеральным округам и России в целом проводились в ФГБУ «Гидрометцентр России» (О.В. Чуб) в период с 2008 по 2012 год. Результаты авторских и производственных испытаний метода и сравнение его с инерционным и климатологическим методами прогноза приведены в табл. 1.

Согласно РД 52.27.284-91, в случае отсутствия действующих методов с аналогичной заблаговременностью оправдываемость испытываемого метода сравнивается с оправдываемостью инерционного и климатологического методов прогноза. Под инерционным прогнозом подразумевается прогноз, составленный на основании предположения, что прогнозируемое значение элемента будет таким же, как и в прошлом году, под климатологическим – в качестве прогнозируемого значения принимается среднее многолетнее значение элемента. Оправдываемость метода является выраженным в процентах отношением

числа оправдавшихся прогнозов к числу всех прогнозов, составленных по данному методу; средняя ошибка представляет собой выраженную в процентах среднюю относительную ошибку оправдавшихся прогнозов. При заблаговременности свыше четырех месяцев прогноз считается оправдавшимся, если его ошибка не превышает  $\sigma$  [9].

Таблица 1

**Результаты авторских (2003–2007 гг.) и производственных (2008–2012 гг.) испытаний метода прогноза валового сбора зерновых и зернобобовых культур по федеральным округам и России в целом**

Федеральный округ РФ	Метод прогноза					
	синоптико-статистический		инерционный		климатологический	
	оправды- ваемость, %	ошибка оправдавш. прогнозов, %	оправды- ваемость, %	ошибка оправдавш. прогнозов, %	оправды- ваемость, %	ошибка оправдавш. прогнозов, %
<b>Российская Федерация</b>	<b>70</b>	<b>4,1</b>	<b>50</b>	<b>6,3</b>	<b>80</b>	<b>7,7</b>
Центральный	80	3,8	70	11,2	70	5,7
Северо-Западный	80	10,2	90	11,9	90	9,8
Южный	90	8,9	60	12,2	80	10,7
Северо-Кавказский	70	6,0	40	5,5	50	7,0
Приволжский	90	11,8	80	15,7	90	12,3
Уральский	70	6,2	70	13,4	70	16,1
Сибирский	90	8,2	50	8,9	70	7,7
Дальневосточный	80	10,2	70	18,7	70	20,1

Согласно [9], оправдываемость метода должна быть выше оправдываемости инерционного и климатологического методов прогноза при одной и той же допустимой ошибке, или ошибка метода должна быть меньше при одной и той же оправдываемости. За десятилетний период (2003–2012 гг.) в пяти федеральных округах (Центральном, Южном, Северо-Кавказском, Сибирском, Дальневосточном) оправдываемость испытываемого метода выше оправдываемости инерционного и климатологического методов прогноза. Оправдываемость испытываемого метода в Приволжском округе равна оправдываемости климатологического метода (90 %), но при этом относительная ошибка прогнозов (11,8 %) чуть ниже, чем в климатологическом прогнозе (12,3 %). В Уральском федеральном округе оправдываемость по всем методам составила 70 %, но относительная ошибка оправдавшихся прогнозов испытываемого метода (6,2 %) существенно ниже, чем инерционного (13,4 %) и климатологического (16,1 %) прогнозов.

В Северо-Западном федеральном округе, где посевные площади очень малы, оправдываемость испытываемого прогноза (80 %) оказалась ниже, чем у инерционного и климатологического методов (90 %).

В период производственных испытаний метода на независимом материале было составлено 40 прогнозов урожайности и валового сбора зерновых и зернобобовых культур по федеральным округам и России в целом. В табл. 2 приведены результаты оправдываемости прогнозов по относительной ошибке согласно Инструкции по оценке оправдываемости агрометеорологических прогнозов [1]. В Северо-Западном, Южном, Северо-Кавказском федеральных округах прогнозы оправдались во всех испытываемых пяти годах, в целом по Российской Федерации и Сибирскому федеральному округу – прогноз валового сбора зерновых и зернобобовых культур оправдался в четырех годах из пяти, в Центральном, Приволжском и Дальневосточном федеральных округах – в трех, а в Уральском федеральном округе – в двух годах из пяти.

По сравнению с существующими в ФГБУ «Гидрометцентр России» методами, представляемый метод долгосрочного прогноза урожайности и валового сбора зерновых и зернобобовых культур имеет преимущество по заблаговременности прогнозов и автоматизации расчетов.

Таблица 2

**Результаты производственных испытаний метода долгосрочного прогноза валового сбора зерновых и зернобобовых культур по федеральным округам и России в целом**

Федеральный округ РФ	Валовой сбор, млн т		Ошибки, млн т		Оправды- ваемость, %
	расчетный	фактический	абсолютная	относитель- ная	
<b>2008 год</b>					
<b>Российская Федерация</b>	<b>87,70</b>	<b>108,20</b>	<b>20,5</b>	<b>18,9</b>	<b>81</b>
Центральный	15,63	23,80	8,17	34,4	66
Северо-Западный	0,53	0,62	0,09	13,5	86
Южный	25,00	26,70	1,7	6,4	94
Северо-Кавказский	9,25	10,27	1,02	9,9	90
Приволжский	20,17	27,15	6,98	25,7	74
Уральский	5,06	5,15	0,09	1,8	98
Сибирский	14,70	13,92	0,78	5,5	94
Дальневосточный	0,46	0,50	0,04	7,2	93
<b>2009 год</b>					
<b>Российская Федерация</b>	<b>91,70</b>	<b>97,10</b>	<b>5,6</b>	<b>5,4</b>	<b>94</b>
Центральный	19,13	21,50	2,37	11,2	89
Северо-Западный	0,52	0,66	0,14	21,6	78
Южный	21,34	20,32	1,02	5,0	95
Северо-Кавказский	8,30	8,59	0,29	2,9	97
Приволжский	22,28	21,73	0,55	2,6	97
Уральский	5302,0	5327,4	0,03	0,5	99,5



Сибирский	16086,2	18346,9	2,27	12,3	88
Дальневосточный	497,4	581,3	0,08	14,4	86
<b>2010 год</b>					
<b>Российская Федерация</b>	<b>83,50</b>	<b>60,96</b>	<b>22,54</b>	<b>36,91</b>	<b>63</b>
Центральный	17,60	9,70	7,9	81,0	19
Северо-Западный	0,52	0,46	0,06	12,1	88
Южный	19,61	18,82	0,79	4,2	96
Северо-Кавказский	8,17	8,43	0,26	3,1	97
Приволжский	21,80	6,55	15,25	100	0
Уральский	6,28	3,34	2,94	88,3	12
Сибирский	11,61	13,35	1,74	13,0	87
Дальневосточный	0,38	0,30	0,08	28,4	72
<b>2011 год</b>					
<b>Российская Федерация</b>	<b>86,7</b>	<b>94,2</b>	<b>7,5</b>	<b>8,0</b>	<b>92</b>
Центральный	15,66	17,10	1,44	8,2	92
Северо-Западный	0,53	0,57	0,04	5,9	94
Южный	21,00	22,69	1,69	7,4	93
Северо-Кавказский	7,93	10,12	2,19	21,6	78
Приволжский	25,56	21,24	4,32	20,4	80
Уральский	3,14	7,30	4,16	57,0	43
Сибирский	15,06	14,6	0,46	3,2	97
Дальневосточный	0,40	0,61	0,21	47,8	52
<b>2012 год</b>					
<b>Российская Федерация</b>	<b>88,32</b>	<b>70,9</b>	<b>17,42</b>	<b>24,6</b>	<b>75</b>
Центральный	17,84	18,20	0,36	1,9	98
Северо-Западный	0,47	0,62	0,15	24,1	76
Южный	24,55	17,94	6,61	36,8	63
Северо-Кавказский	9,48	6,67	2,81	42,1	58
Приволжский	20,08	14,53	5,55	38,2	62
Уральский	5,90	3,41	2,49	73,1	27
Сибирский	13,42	9,00	4,42	49,2	51
Дальневосточный	0,37	0,55	0,18	31,3	69
<b>Средняя оправдываемость прогнозов за пять лет</b>					
<b>Российская Федерация</b>	<b>81</b>	Примечание: согласно [1], качество агрометеорологических прогнозов оценивается по шкале: оправдываемость 91 % и более – 5 баллов; 90–81 % – 4 балла; 80–70 % – 3 балла; менее 70 % – 0 баллов.			
Центральный	73				
Северо-Западный	85				
Южный	88				
Северо-Кавказский	84				
Приволжский	63				
Уральский	54				
Сибирский	83				
Дальневосточный	74				

Решением ЦМКП Росгидромета от 8 октября 2013 г. рекомендовано:

- ФГБУ «ВНИИСХМ» доработать метод прогноза долгосрочного прогноза урожайности и валового сбора зерновых и зернобобовых культур по Приволжскому и Уральскому федеральным округам с целью повышения его точности. Рассмотреть возможность составления долгосрочного прогноза после 15 апреля, с учетом данных по запланированным посевным площадям текущего года.

- Использовать метод долгосрочного прогноза урожайности и валового сбора зерновых и зернобобовых культур по федеральным округам и России в целом в качестве консультативного при составлении прогнозов валового сбора зерновых и зернобобовых культур в ФГБУ «Гидрометцентр России».

#### Список литературы

1. Инструкция по оценке оправдываемости агрометеорологических прогнозов. – М.: Гидрометеиздат, 1983.
2. Лебедева В.М. Прогноз урожайности яровой пшеницы до сева по территории Восточно-Сибирского экономического района // Труды ВНИИСХМ. – 2000. – Вып. 32. – С. 150–159.
3. Лебедева В.М. Метод долгосрочного прогноза теплообеспеченности вегетационного периода // Метеорология и гидрология. – 2005. – № 9. – С. 93–99.
4. Лебедева В.М. Долгосрочный синоптико-статистический метод прогноза валового сбора зерновых культур по федеральным округам и России в целом // Труды ВНИИСХМ. – 2010. – Вып. 37. – С. 69–81.
5. Мещерская А.В., Руховец Л.В., Юдин М.И., Яковлева Н.И. Естественные составляющие метеорологических полей. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 200 с.
6. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 107 с.
7. Пасов В.М., Аксарина Е.А., Зинченко В.П. Методические указания по составлению прогноза урожайности яровой пшеницы до сева в основных районах ее возделывания. – М.: Гидрометеиздат, 1985. – 39 с.
8. Пасов В.М., Аксарина Е.А., Лебедева В.М. Особенности циркуляции атмосферы в годы с различной урожайностью кукурузы в США // Труды ВНИИСХМ. – 1991. – Вып. 28. – С. 62–81.
9. РД 52.27.284-91. Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов. – М.: Гидрометеиздат, 1991. – 149 с.
10. 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.

a)

	10°	30°	50°	70°	90°	110°	130°	150°	170°	190°	210°	230°	250°	270°	290°	310°	330°	350°
	(20°– 0°)																	(360°–340°)
80°	-1.0	-2.0	-2.0	-3.0	-2.0	-1.0	1.0	3.0	3.0	3.0	-1.0	-1.0	-1.0	0.0	2.0	2.0	0.0	0.0
70°	2.0	-5.0	-4.0	-1.0	-5.0	-4.0	2.0	8.0	7.0	0.0	-1.0	-3.0	-10.0	-8.0	3.0	7.0	6.0	6.0
60°	-5.0	-9.0	-3.0	1.0	0.0	-6.0	-11.0	6.0	6.0	-2.0	6.0	4.0	-14.0	-10.0	-2.0	10.0	18.0	11.0
50°	-7.0	-12.0	-4.0	1.0	-2.0	-11.0	-12.0	-3.0	5.0	6.0	18.0	7.0	-16.0	-8.0	1.0	15.0	14.0	8.0
40°	-8.0	-5.0	-2.0	3.0	-4.0	-12.0	-11.0	-3.0	9.0	15.0	15.0	-2.0	-12.0	-3.0	12.0	7.0	0.0	1.0
30°	-6.0	1.0	0.0	-4.0	-1.0	-1.0	-1.0	2.0	6.0	4.0	2.0	-1.0	-4.0	7.0	4.0	-5.0	-7.0	4.0

б)

	20°	40°	60°	80°	90°	100°	120°	140°	160°	180°	200°	240°	260°	280°	300°	320°	340°	0°
80–60°	25.0	18.0	17.0	21.0	23.0	18.0	6.0	9.0	12.0	7.0	14.0	19.0	6.0	-4.0	-8.0	0.0	18.0	29.0
70–50°	35.0	28.0	28.0	30.0	33.0	26.0	12.0	1.0	-1.0	5.0	24.0	34.0	28.0	28.0	26.0	34.0	42.0	44.0
60–40°	24.0	28.0	29.0	31.0	27.0	21.0	21.0	12.0	15.0	32.0	41.0	35.0	37.0	44.0	58.0	55.0	37.0	27.0
50–30°	14.0	27.0	31.0	26.0	27.0	37.0	48.0	53.0	54.0	52.0	36.0	28.0	40.0	55.0	58.0	38.0	17.0	13.0

**Рис. 1. Разности средних месячных значений геопотенциала изобарической поверхности 500 гПа ( $\Delta H$ ) в феврале 2008 г.: а – по широте, б – по долготе**

а)

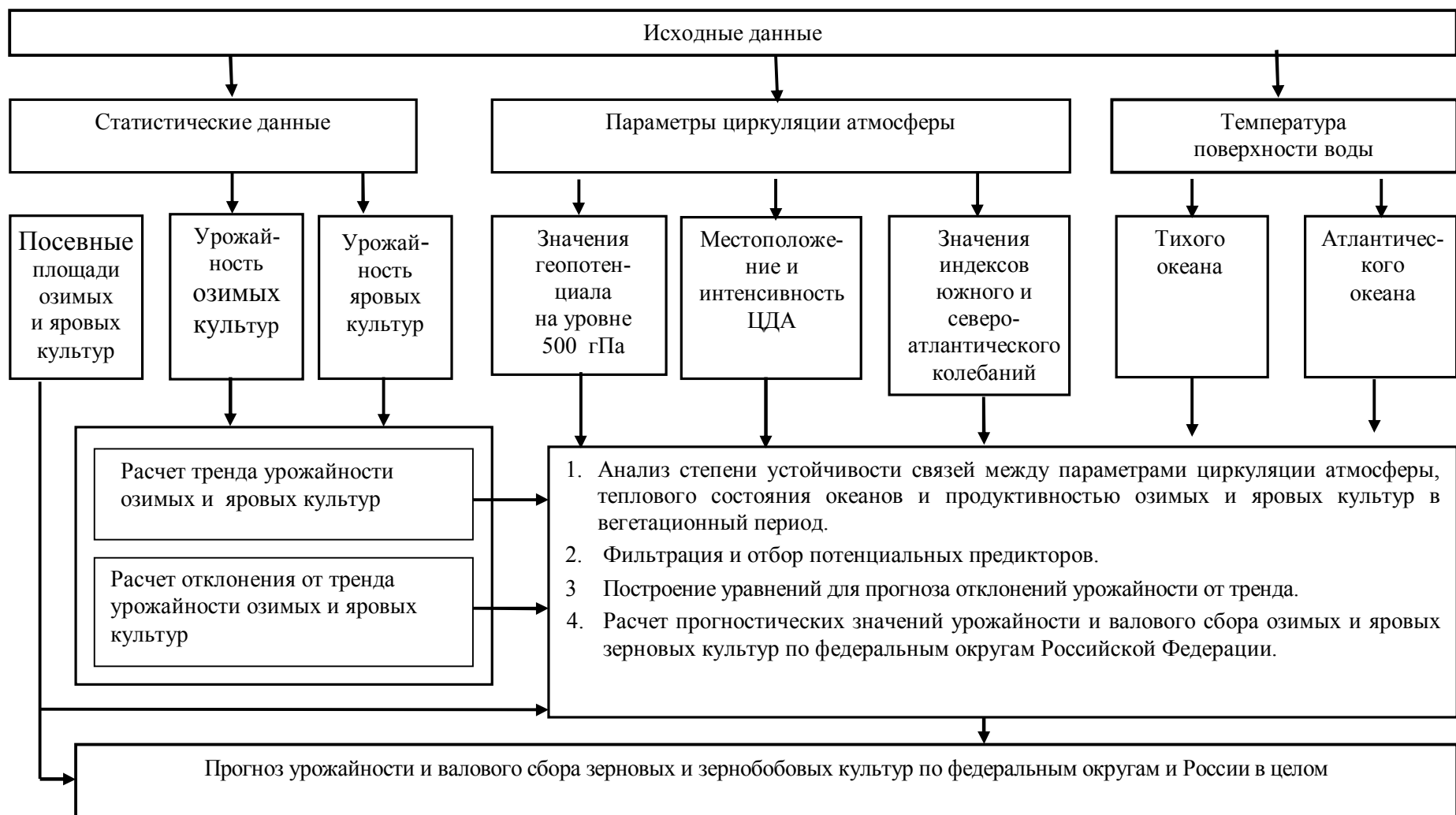
	10°	30°	50°	70°	90°	110°	130°	150°	170°	190°	210°	230°	250°	270°	290°	310°	330°	350°
	(20°- 0°)																	(360°-340°)
80°	-0.268	-0.219	0.036	0.282	0.195	0.121	-0.115	0.079	0.077	-0.061	-0.278	-0.270	0.075	0.252	0.179	0.010	0.109	-0.162
70°	-0.268	-0.279	-0.219	0.055	0.169	0.242	-0.082	-0.011	0.061	0.317	0.021	-0.303	-0.146	0.110	0.154	0.375	0.034	-0.034
60°	0.091	-0.166	-0.287	-0.191	0.176	0.351	-0.042	-0.015	0.010	0.303	0.111	-0.263	-0.350	-0.238	0.100	0.172	0.112	0.107
50°	0.277	-0.110	-0.257	0.003	0.122	0.340	0.022	-0.106	-0.068	0.368	0.226	-0.340	-0.176	-0.302	-0.295	0.031	0.180	0.186
40°	0.225	-0.163	0.059	-0.131	0.224	<u>0.413</u>	0.023	-0.292	-0.096	0.195	0.010	-0.289	0.173	0.250	-0.267	-0.089	-0.026	0.089
30°	-0.241	-0.086	0.311	-0.194	-0.136	<u>0.412</u>	0.146	-0.347	-0.103	-0.031	-0.203	-0.045	0.254	<u>0.521</u>	-0.089	-0.189	-0.266	0.297

б)

	20°	40°	60°	80°	90°	100°	120°	140°	160°	180°	200°	240°	260°	280°	300°	320°	340°	0°
80-60°	0.156	0.094	-0.127	-0.331	-0.211	-0.097	-0.107	-0.150	-0.141	0.131	0.300	0.233	-0.131	-0.323	-0.319	-0.163	-0.084	0.037
80-60°	0.027	0.102	0.051	0.014	0.008	0.039	0.115	0.054	-0.028	0.047	0.242	0.159	0.080	-0.126	-0.299	-0.312	-0.286	-0.170
80-60°	-0.122	-0.139	0.102	0.222	0.171	0.182	0.166	0.020	-0.034	-0.142	-0.234	-0.306	0.092	0.302	0.084	-0.038	-0.093	-0.125
80-60°	-0.182	-0.126	0.302	0.286	0.092	0.048	0.090	-0.009	0.002	-0.211	<u>-0.506</u>	<u>-0.476</u>	-0.058	0.350	<u>0.442</u>	0.273	0.126	0.162

**Рис. 2. Парные коэффициенты корреляции между  $\Delta N$  и значениями урожайности яровых зерновых и зернобобовых культур в Центральном федеральном округе за тридцатилетний период (1978–2007):**

**а – по широте, б – по долготе**



**Рис. 3. Блок-схема прогноза урожайности и валового сбора зерновых и зернобобовых культур по федеральным округам и России в целом**