

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ МЕТОДА
ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ВАЛОВОГО СБОРА ЗЕРНОВЫХ
И ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР В ЦЕЛОМ
ПО ФЕДЕРАЛЬНЫМ ОКРУГАМ И РОССИИ В ЦЕЛОМ**

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

²Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации

В ФГБУ «ВНИИСХМ» на основе синоптико-статистического подхода ранее был разработан метод долгосрочного прогноза урожайности и валового сбора зерновых и зернобобовых культур в целом. Прогноз составляется в марте с заблаговременностью около 6 месяцев (Решение Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам (ЦМКП) Росгидромета от 13.04.2016 г.).

В 2014–2016 гг. была предпринята попытка увеличить заблаговременность долгосрочного прогноза валового сбора зерновых и зернобобовых культур в целом на один месяц. Новая методика позволяет составлять прогноз в феврале, при этом в качестве предикторов используются показатели циркуляции атмосферы и температуры поверхности океанов за период с сентября по январь, предшествующие периоду вегетации, а в качестве предиктанта – валовой сбор зерновых и зернобобовых культур в целом (автор – В.М. Лебедева).

В основу синоптико-статистического метода агрометеорологических прогнозов положено предположение о том, что развитие атмосферных процессов в заданном регионе в период весенне-летней вегетации культур связано с циркуляцией атмосферы в предшествующий осенне-зимний период в пределах всего Северного полушария. Исследования особенностей циркуляции атмосферы в годы с экстремальными урожаями культур (а значит, и с различным гидротермическим режимом) в отдельных регионах Северного полушария показали, что атмосферные процессы сезонов связаны между собой и можно выделить признаки аномального развития атмосферных процессов весенне-летнего периода по результатам анализа условий циркуляции атмосферы осенне-зимнего сезона

[9–11]. Такой подход при разработке агрометеорологических прогнозов позволяет увеличить их заблаговременность до 6–7 месяцев.

Метод прогноза валового сбора зерновых и зернобобовых культур основан на сочетании двух прогнозов: прогноза трендовой составляющей валового сбора и оценки отклонений валового сбора от тренда, выполняемой с помощью синоптико-статистического метода оценки агрометеорологических условий формирования урожая. Прогноз трендовой составляющей валового сбора осуществляется с помощью метода гармонических весов [12]. Для оценки отклонений валового сбора от тренда используются уравнения множественной регрессии на главных компонентах [8]. Прогнозируемое значение ожидаемого валового сбора зерновых и зернобобовых культур в целом по Российской Федерации рассчитывается по уравнению регрессии на основании расчетов прогнозируемого валового сбора по шести федеральным округам. Общие принципы составления долгосрочного прогноза урожая и валового сбора основных сельскохозяйственных культур изложены в ряде статей [2–7, 9, 10, 14, 15].

Для расчета ожидаемого валового сбора зерновых и зернобобовых культур используются следующие потенциальные предикторы:

- средние месячные значения геопотенциала на уровне 500 гПа в узлах регулярной десятиградусной сетки в пределах Северного полушария за сентябрь – январь;
- средние месячные значения температуры поверхности воды Тихого и Атлантического океанов за осенне-зимний период в узлах регулярной сетки $10 \times 10^\circ$ за сентябрь – январь;
- средние месячные значения параметров центров действия атмосферы;
- средние месячные значения местоположения ПВФЗ.

Для реализации методики долгосрочного синоптико-статистического прогноза валового сбора зерновых и зернобобовых культур по федеральным округам и России в целом разработан автоматизированный прогностический комплекс. Основные меню интерфейса и выходной файл представлены на рис. 1.

Программное обеспечение методики прогноза реализовано в среде Windows. При разработке методики составления прогноза использовались следующие программные продукты: – Borland Builder C++ 5.0 – как среда разработки программного комплекса; – Visual Fortran – на языке Фортран реализованы все прогностические программы.

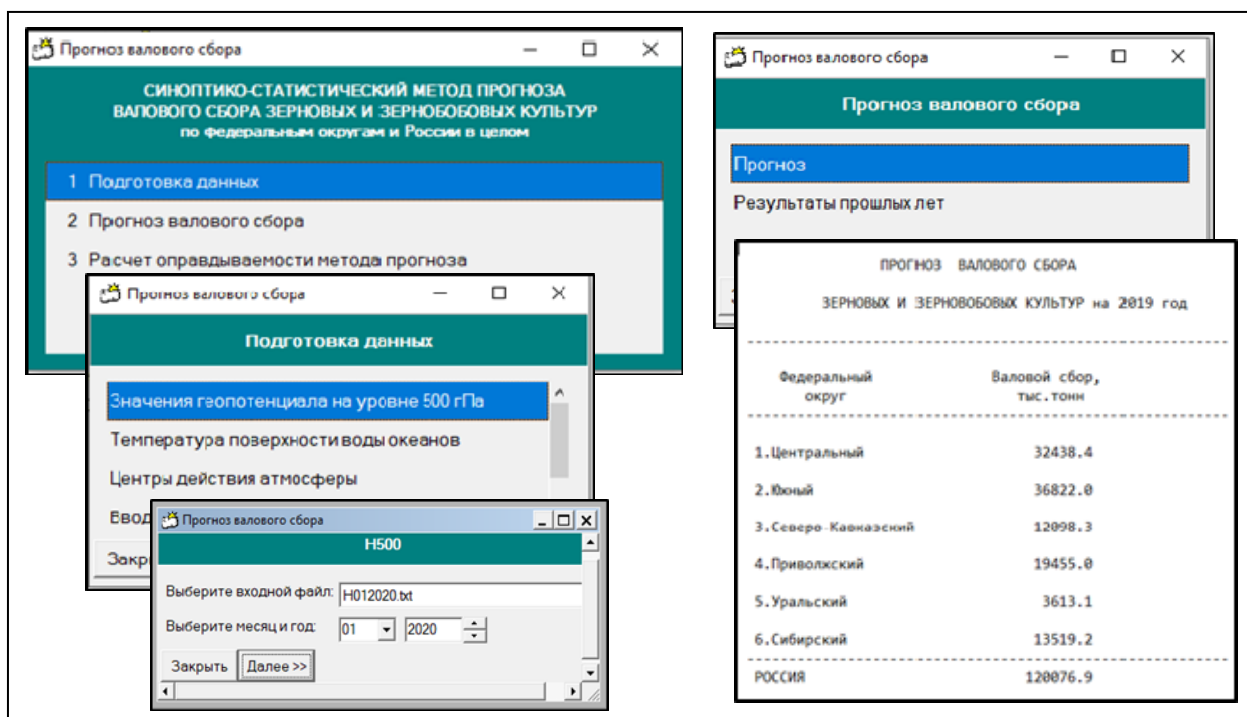


Рис. 1. Основные меню пользовательского интерфейса и выходной файл.

Входными данными для прогноза ожидаемого валового сбора зерновых и зернобобовых культур по федеральным округам и России в целом являются:

- температура поверхности воды Тихого и Атлантического океанов с шагом $1 \times 1^\circ$: ftp://ftp.emc.ncep.noaa.gov/cmb/sst/oimonth_v2/ASCII_UPDATE/;
- значения геопотенциала на уровне 500 гПа в узлах с шагом $5 \times 5^\circ$: Гидрометцентр России, отдел систем информационного обеспечения;
- центры действия атмосферы (широта, долгота, интенсивность): Гидрометцентр России, лаборатория статистического анализа метеорологических полей;
- данные РОССТАТ о валовых сборах зерновых и зернобобовых культур (предварительные данные).

Результаты испытаний метода прогноза

Авторские испытания метода прогноза валового сбора зерновых культур проводились на данных 2012–2015 гг., а производственные испытания проводились в ФГБУ «Гидрометцентр России» в течение трех лет с 2016 по 2019 год.

Оценка качества метода осуществлялась согласно Методических указаний [13]. Оценка успешности агрометеорологических прогнозов проводилась на материалах независимой выборки с помощью двух критериев: оправдываемости метода (γ) и средней относительной

ошибки оправдавшихся прогнозов (\bar{P}). Оправдываемость метода является выраженным в процентах отношением числа оправдавшихся прогнозов к числу всех прогнозов, по данному методу. Оправдываемость метода (γ) должна быть выше оправдываемости инерционного и климатологического методов прогноза при одной и той же допустимой ошибке, или ошибка метода (\bar{P}) должна быть меньше при одной и той же оправдываемости. При заблаговременности свыше четырех месяцев прогноз считается оправдавшимся, если его ошибка не превышает сигму (σ). Испытываемый метод рекомендуется к внедрению в оперативную работу, если не менее 70 % пунктов исследуемой территории имеют показатели «оправдываемость» и «ошибка» метода выше аналогичных показателей инерционного и климатологического прогнозов. Выводы о приемлемости метода для оперативной работы делаются на основании испытаний в течение 5–8 лет, из них авторские испытания в течение 3–5 лет и производственные испытания в течение 2–3 лет.

При оценке оправдываемости метода по Методическим указаниям [13] во всех федеральных округах и по России в целом оправдываемость и относительная ошибка оправдавшихся прогнозов синоптико-статистического метода прогноза валового сбора зерновых и зернобобовых культур оказались выше, чем у инерционного и климатологического методов прогноза (табл. 1). Так, по Российской Федерации в целом, в Северо-Кавказском, Уральском, Сибирском федеральных округах оправдываемость была выше (100 %), чем инерционного и климатологического методов прогноза (87,5–37,5 %). В Центральном и Южном федеральных округах оправдываемость испытываемого метода оказалась равной оправдываемости инерционного прогноза (100 и 75 % соответственно), но при этом ошибка оправдавшихся прогнозов испытываемого метода значительно меньше, чем инерционного. В Приволжском федеральном округе оправдываемость всех прогнозов оказалась равной 87,5 %, но относительная ошибка испытываемого метода также значительно меньше, чем инерционного и климатологического методов.

Оправдываемость испытываемого метода по территории составляет 100 %.

Оценка оправдываемости прогнозов в оперативной работе проводится в соответствии с «Инструкцией по оценке оправдываемости агрометеорологических прогнозов» [1]. Качество прогнозов оценивается по балльной шкале: оправдываемость 91 % и более – 5 баллов; 90–81 % – 4 балла; 80–70 % – 3 балла; менее 70 % – 0 баллов.

В период производственных испытаний на независимом материале был составлен 21 прогноз. При оценке оправдываемости прогнозов по «Инструкции...», в 2017 году прогноз не оправдался в одном округе (Приволжский федеральный округ), оправдываемость прогноза составила 67,4 %. При этом в остальных пяти округах и по России в целом прогноз оправдался. Средняя оправдываемость прогнозов по шести федеральным округам в 2017

году составила 83 %. В 2018–2019 гг. прогнозы оправдались в 100 % случаев, средняя оправдываемость составила 88–89 %. За три года испытаний оправдываемость прогнозов по России в целом составила 87,3–99,8 %. Средняя за три года относительная ошибка прогнозов валового сбора зерновых и зернобобовых культур в целом по Российской Федерации составила 6 % (табл. 2).

Таблица 1

**Результаты авторских (2012–2016 гг.) и производственных (2017–2019 гг.)
испытаний метода прогноза валового сбора зерновых и зернобобовых культур
по федеральным округам и России в целом**

Субъект Российской Федерации	Метод прогноза урожайности					
	испытываемый		инерционный		климатологический	
	Оправдыва- емость, %	Ошибка, %	Оправдыва- емость, %	Ошибка, %	Оправдыва- емость, %	Ошибка, %
Российская Федерация	100	6,7	62,5	9,9	50	8,3
1. Центральный ФО	100	6,2	100	12,7	50	12,2
2. Южный ФО	75	9,2	75	14,8	50	8,8
3. Северо-Кавказский ФО	100	9,3	75	8,6	37,5	5,8
4. Приволжский ФО	87,5	13,3	87,5	21,1	87,6	17,0
5. Уральский ФО	100	18,9	87,5	13,2	75	8,2
6. Сибирский ФО	100	7,7	75	7,6	87,5	8,7

100

Таблица 2

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

Субъект Российской Федерации	Относительная ошибка прогноза, %		
	2017 год	2018 год	2019 год
Российская Федерация	87,3	90,0	99,8
1. Центральный ФО	97,5	86,5	96,2
2. Южный ФО	76,1	81,3	89,2
3. Северо-Кавказский ФО	91,3	98,1	93,9
4. Приволжский ФО	67,4	97,3	86,6
5. Уральский ФО	77,5	74,3	70,8
6. Сибирский ФО	85,6	97,7	92,2
Средняя оправдываемость прогнозов по территории, %:	82,6	89,2	88,2

Рекомендации о внедрении

Центральной методической комиссией по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам (ЦМКП) Росгидромета от 18 сентября 2020 г. метод долгосрочного прогноза валового сбора зерновых и зернобобовых культур по федеральным округам и России в целом (составляется в феврале) рекомендован к внедрению в оперативную практику отдела агрометеорологических прогнозов ФГБУ «Гидрометцентр России» при составлении основного прогноза (в июне) в качестве вспомогательного расчетного метода.

Список литературы

1. Инструкция по оценке оправдываемости агрометеорологических прогнозов. – М.: Гидрометеиздат, 1983. – 7 с.
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 ГУ «ВНИИСХМ». – 2010. – Вып. 37. – С. 69–81.
5. *Лебедева В.М., Страшная А.И.* Основы сельскохозяйственной метеорологии: Учебное пособие. Том II. Методы расчетов и прогнозов в агрометеорологии. Книга 2. Оперативное агрометеорологическое прогнозирование. – Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2012. – 216 с.
6. *Лебедева В.М., Чуб О.В.* Результаты испытания метода долгосрочного прогноза урожайности зерновых и зернобобовых культур по федеральным округам и России в целом в ФГБУ «Гидрометцентр России» // Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов. – 2014. – Информационный сборник № 41. – С. 136–150.
7. *Лебедева В.М., Чуб О.В.* Результаты испытания метода долгосрочного прогноза урожайности яровой пшеницы по федеральным округам и России в целом // Результаты испытания новых и усовершенствованных технологий, моделей и методов гидрометеорологических прогнозов. – 2018. – Информационный сборник № 45. – С. 136–142.
8. *Мещерская А.В., Руховец Л.В., Юдин М.И., Яковлева Н.И.* Естественные составляющие метеорологических полей. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 200 с.

9. *Пасов В.М.* Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур. – Л.: Гидрометеоиздат, 1986. – 107 с.
10. *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.: Гидрометеоиздат, 1985. – 39 с.
11. *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.
12. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. – Л.: Гидрометеоиздат, 1988. – 320 с.
13. 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.
14. *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.
15. *Чирков Ю.И., Пестерева Н.М.* Использование ресурсов климата и погоды в рисоводстве. – Л.: Гидрометеоиздат, 1990. – 160 с.