

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ  
МЕТОДА ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА УРОЖАЙНОСТИ  
ЗЕРНОВЫХ И ЗЕРНОБОБОВЫХ КУЛЬТУР  
С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ПЕРЕЗИМОВКИ ОЗИМЫХ КУЛЬТУР  
ПО СУБЪЕКТАМ ЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ**

*Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации*

**Введение**

Научно-исследовательская работа по теме «Метод долгосрочного прогноза урожайности зерновых и зернобобовых культур с учетом условий перезимовки озимых культур по субъектам Черноземной зоны России» выполнялась в рамках направления «Разработка и усовершенствование методов прогнозов и технологий агрометеорологического обеспечения сельского хозяйства» в 2014–2016 гг. Метод представляет собой усовершенствование ранее разработанного, основанного на учете площадей с плохим состоянием озимых культур весной и режима увлажнения холодного периода [2, 10] метода.

В этом регионе, по данным Росстата, сосредоточена примерно половина всех посевных площадей России, занятых зерновыми и зернобобовыми культурами, причем доля площадей, занятых озимыми зерновыми культурами, достигает 75 %.

Актуальность поставленной задачи обусловлена высокой значимостью озимых зерновых культур в продовольственном обеспечении населения нашей страны и кормовом ресурсе животноводства. Сейчас, по данным Росстата, доля озимых в общих валовых сборах зерновых культур в России составляет около 40–60 %, в исследуемом регионе она возрастает до 80 %. Ценность озимых зерновых культур заключается не только в их высокой урожайности. По данным В.А. Федорова, новые хозяйственно-ценные сорта твердой озимой пшеницы не уступают по зимостойкости традиционным, а по качеству зерна, содержанию белка и стекловидности близки к лучшим яровым сортам [13]. Именно поэтому можно предполагать, что в будущем значение озимых культур будет только возрастать.

Метод долгосрочного прогноза урожайности зерновых и зернобобовых культур с учетом условий перезимовки озимых культур по субъектам Черноземной зоны России разрабатывался отдельно для трех географически связанных регионов и отдельно для каждой области (края). Были выделены следующие регионы: Центрально-Черноземная область (Курская, Белгородская, Липецкая, Тамбовская и Воронежская области), Среднее Поволжье (Ульяновская, Пензенская, Самарская, Саратовская, Оренбургская области) и Южный регион (Волгоградская, Ростовская области, Краснодарский и Ставропольский края).

Важнейшей задачей, стоявшей перед специалистами, участвовавшими в выполнении работ по проекту, являлось исследование изменений агрометеорологических показателей условий зимовки озимых культур в условиях климатических изменений [11]. Ведь известно, что все преимущества озимых культур наиболее полно реализуются в годы с хорошей перезимовкой [1, 3–5, 7].

Гибель озимых культур в период зимовки, как правило, происходит в результате вредного влияния на растения комплекса неблагоприятных условий. Лишь в отдельные годы она бывает вызвана сильными морозами, но именно из-за морозов в Центрально-Черноземной области и в Среднем Поволжье озимые погибают на больших площадях.

В Южном регионе России условия зимовки озимых зерновых культур имеют свои особенности. С одной стороны, в этом регионе очень низкие температуры воздуха и почвы крайне редки, с другой стороны – иногда в январские и февральские оттепели после схода снега озимые возобновляют вегетацию, что ведет к быстрой потере закалки растений. При возврате холодов может наблюдаться гибель озимой пшеницы [6, 12, 14, 15]. Также необходимо указать на существенную неоднородность агроклиматических условий по территории.

С одной стороны, сохранность посевов зависит от агротехнических факторов, т. е. от сроков сева и качества выполнения посевных работ, севооборота, защиты растений от болезней и вредителей и т. п. С другой стороны, погодные условия могут быть как благоприятными (и в этом случае даже некоторые огрехи земледельца не скажутся на качестве и количестве урожая), так и суровыми, вплоть до гибели посевов из-за вымерзания, выпревания, ледяной корки, вымокания, а также в результате комплекса неблагоприятных факторов.

Исследования показали, что в Черноземной зоне России условия зимовки озимых зерновых культур в период климатических изменений улучшились [9, 11]. Из-за потепления зим сократилась вероятность вымерзания посевов. Лишь в областях Среднего Поволжья условия для зимовки озимых зерновых культур за период изменений климата остались практически прежними. Улучшение агротехнического потенциала и целенаправленная

селекционная работа значительно повысили устойчивость озимых зерновых культур к неблагоприятным условиям зимовки.

### **Основы метода долгосрочного прогноза урожайности зерновых и зернобобовых культур с учетом условий перезимовки озимых культур по субъектам Черноземной зоны России**

На основе исследования особенностей зимовки озимых зерновых культур была поставлена задача – построить долгосрочную (март) прогностическую статистическую модель урожайности зерновых культур в Черноземной зоне России. В качестве предикторов были выбраны характеристика увлажнения и процент площади озимых зерновых культур в плохом состоянии весной. В Среднем Поволжье, где доля яровых зерновых культур выше, был введен дополнительный предиктор – запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы весной.

Уравнения строились по трем регионам (Центрально-Черноземная область, Среднее Поволжье и Южный регион) и отдельно по каждой области (краю). По каждому региону за каждый год рассчитывались средние:

- урожайность озимых зерновых культур;
- урожайность зерновых культур с посевной площади в хозяйствах всех категорий;
- процент площади озимых зерновых культур в плохом состоянии весной;
- характеристика увлажнения осенне-зимнего периода.

- 43 -

Средняя урожайность рассчитывалась как отношение суммы валовых сборов по всем областям (краям) к суммам посевных площадей. Арифметическое осреднение средних по области (краю) значений урожайности приводит к ошибкам, так как территории областей не равны по площади, и, следовательно, вклад в общую урожайность будет различным. Например, при высоких урожаях в малой по площади области средняя урожайность при простом осреднении будет завышаться.

Процент площади озимых зерновых культур в плохом состоянии весной для построения статистической модели урожайности брался по данным весеннего обследования (Министерства сельского хозяйства РФ), а для расчета прогноза урожайности зерновых культур в текущем году – из прогноза перезимовки озимых культур, составляемого в конце периода зимовки (третья декада февраля).

Характеристика увлажнения  $E$  представляет собой линейную комбинацию осадков осенне-зимнего периода. Коэффициенты линейной комбинации выбирались с учетом летних осадков по методу Страшной – Тебуева. Расчет проводился отдельно для каждой области, а затем результаты осреднялись по региону.

Расчет характеристики увлажнения  $E$  производится следующим образом:

$$E = R_{\text{осени}} + k R_{\text{зимы}},$$

где  $R_{\text{осени}}$  – сумма осадков за период сентябрь – ноябрь, мм;  $R_{\text{зимы}}$  – сумма осадков за период декабрь – февраль;  $k$  – коэффициент использования зимних осадков.

Для определения коэффициента использования зимних осадков нужно рассчитать сумму среднего многолетнего количества осадков за период июль – ноябрь  $\bar{R}$  и алогичную сумму в текущем году  $r$ . Если  $r$  оставляет менее  $0,8\bar{R}$ , то  $k$  принимается равным 0,7. Если  $r$  более или равна  $0,8\bar{R}$ , но не более  $1,3\bar{R}$ , то  $k$  принимается равным 0,6. В случае, если  $r$  более  $1,3\bar{R}$ , то  $k$  принимается равным 0,5.

Далее нами были получены прогностические уравнения для каждой области Черноземной зоны России (таблица). В силу того, что ряды по областям существенно менее гладкие, чем в среднем по территории, коэффициент детерминации для любых видов функций невелик, поэтому для простоты нами использовались линейные зависимости урожайности от выбранных предикторов.

Таблица

**Прогностические уравнения урожайности зерновых и зернобобовых культур по областям Черноземной зоны России**

- 44 -

| Область             | Коэффициенты уравнений       |                             |                           |  |                |
|---------------------|------------------------------|-----------------------------|---------------------------|--|----------------|
|                     | Номер года начиная с 1995 г. | % площади погибших растений | Характеристика увлажнения | Запасы продуктивной влаги весной в слое почвы 0–100 см | Свободный член |
| Курская             | 0,881                        | -0,151                      | -1,8                      |  | 18,6           |
| Липецкая            | 0,965                        | -0,03                       | 3,256                     |  | 7,9            |
| Белгородская        | 0,771                        | -0,23                       | 0,37                      |  | 19,3           |
| Воронежская         | 0,5                          | -0,30                       | 3,02                      |  | 19,3           |
| Тамбовская          | 0,6                          | -0,22                       | 1,57                      |  | 12,7           |
| Ульяновская         | 0,290                        | -0,107                      | 0,022                     | -0,017   | 12,360         |
| Пензенская          | 0,545                        | -0,034                      | -0,004                    | 0,015  | 6,660          |
| Самарская           | 0,147                        | 0,082                       | 0,002                     | 0,005  | 13,290         |
| Саратовская         | 0,160                        | -0,095                      | -0,023                    | 0,085  | 8,470          |
| Оренбургская        | 0,083                        | 0,006                       | 0,001                     | 0,037  | 0,860          |
| Волгоградская       | 0,61                         | -0,13                       | 4,22                      |  | 11,30          |
| Ростовская          | 0,82                         | -0,15                       | 0,21                      |  | 13,30          |
| Краснодарский край  | 1,42                         | -0,27                       | 0,16                      |  | 27,00          |
| Ставропольский край | 1,15                         | -0,31                       | 2,48                      |  | 5,20           |

Из таблицы можно видеть, что в рамках одного географически связанного региона коэффициенты уравнений меняются мало, в то время как между регионами различия существенны.

Для передачи метода на испытания в УГМС были составлены файлы расчетов. Файлы созданы в виде электронных таблиц Excel 97-2003 и более старших версий для операционных систем Windows XP и старше. На страничках файлов приведены для проверки ряды урожайности, зимних повреждений и запасов влаги весной, дана таблица расчетов характеристики увлажнения. Прогноз рассчитается автоматически. Для визуализации результаты прогноза достроятся на графике фактической и прогностической урожайности, оправдываемость также будет рассчитана автоматически.

В период 2013–2016 гг. были проведены авторские испытания метода. Согласно Методическим указаниям [8], новые методы должны оцениваться по сравнению с климатическим, инерционным и ранее утвержденным методами. Под климатическим прогнозом понимается среднее арифметическое за предыдущие пять лет, инерционный прогноз – значение предыдущего года.

В Центрально-Черноземной области средние ошибки составляют у климатического прогноза 21,3 %, инерционного прогноза – 20,3 %, по прежнему методу – 38,2 % и по новому методу – 14,1 %. В целом по Южного региону средние ошибки метода составляют у климатического прогноза – 17,6 %, инерционного прогноза – 17,5 %, по новому методу – 9,3 %. Следовательно, судя по результатам авторского испытания, метод прогноза по этим регионам был существенно улучшен. В целом по Среднему Поволжью средние ошибки составляют у климатического прогноза – 24,5 %, инерционного прогноза – 31,8 %, по новому методу – 26,9 %.

- 45 -

### **Результаты производственных испытаний**

Производственные испытания проходили в 2017–2019 гг. Полученные из ФГБУ «Центрально-Черноземное УГМС» и «Северо-Кавказское УГМС» заключения технических советов содержат рекомендации внедрить данный метод в оперативную практику по Курской, Белгородской, Воронежской, Тамбовской, Липецкой областям и по Центрально-Черноземной области в целом в качестве вспомогательного, а по Волгоградской и Ростовской областям, Краснодарскому и Ставропольскому краям – в качестве основного. В Среднем Поволжье урожайность зерновых и зернобобовых культур из-за преобладания яровых культур в меньшей степени зависит от условий зимне-весеннего периода, хорошая зависимость от условий зимне-весеннего периода получается только для озимых культур,

поэтому здесь ошибки разработанного уравнения регрессии для зерновых велики (27 %) и метод нецелесообразно внедрять в практику.

### Рекомендации по внедрению

23 октября 2019 года «Метод долгосрочного прогноза урожайности зерновых и зернобобовых культур с учетом условий перезимовки озимых культур по субъектам Черноземной зоны России» был рассмотрен на заседании Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам (ЦМКП) Росгидромета.

В своем Решении ЦМКП считает целесообразным одобрить работу ФГБУ «Гидрометцентр России» по разработке метода и рекомендует его внедрить в Волгоградской и Ростовской областях, Краснодарском и Ставропольском краях ФГБУ «Северо-Кавказское УГМС» в качестве основного; в Курской, Белгородской, Воронежской, Тамбовской, Липецкой областях ФГБУ «Центрально-Черноземное УГМС» – в качестве вспомогательного.

### Список литературы

1. Второй оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. – М.: Росгидромет, 2014. – 1008 с.
2. *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.
3. *Личикаки В.М.* Перезимовка озимых культур. – М.: Колос, 1974. – 207 с.
4. *Моисейчик В.А.* О продолжительности залегания мощного снежного покрова и перезимовке озимых культур // Метеорология и гидрология. – 1964. – № 9. – С. 10–16.
5. *Моисейчик В.А.* Агрометеорологические условия и перезимовка озимых культур. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. – 295 с.
6. *Моисейчик В.А., Богомолова Н.А., Страшная А.И., Максименкова Т.А.* Влияние глобального изменения климата на агрометеорологические условия перезимовки и формирования урожая озимых зерновых культур в России за последние 50 лет // Труды ВНИИСХМ. – 2007. – Вып. 36. – С. 106–132.
7. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Том 1. Изменения климата. – М.: Росгидромет, 2008. – 227 с.

8. РД 52.27.284-91. Методические указания. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиофизических прогнозов. – СПб.: Гидрометеоиздат, 1991. – 150 с.

9. *Сиротенко О.Д.* Методы оценки изменений климата для сельского хозяйства и землепользования. – Н. Новгород: Вектор-Тис, 2007. – 77 с.

10. *Страшная А.И., Тебуев Х.Х.* О прогнозировании урожайности зерновых и зернобобовых культур с большой заблаговременностью // *Метеорология и гидрология.* – 1994. – № 3. – С. 91–95.

11. *Тарасова Л.Л.* Оценка агрометеорологических показателей условий зимовки озимых зерновых культур в центральных черноземных областях в период климатических изменений // *Труды Гидрометцентра России.* – 2016. – Вып. 360. – С. 26–44.

12. *Туманов И.И.* Физиологические основы зимостойкости растений. М.-Л.: Сельхозиздат, 1940. – 366 с.

13. *Федоров В.А., Козлобаев В.В., Власова Л.М.* Зимостойкость, урожай и качество зерна разных сортов озимой твердой пшеницы в условиях лесостепи Воронежской области // *Вестник ВГАУ.* – 2012. – № 2. С. 22–26.

14. *Шульгин А.М.* Климат почвы и его регулирование. – Л.: Гидрометиздат, 1967. – 302 с.

15. *Яковлев А.И.* Климат и зимостойкость озимой пшеницы. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966. – 419 с.