

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ РАЗРАБОТКЕ АГРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ПРОГНОЗОВ

Буховец Алексей Георгиевич¹
Ульшин Игорь Иванович²
Соловьев Александр Владимирович²

¹Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

²Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
Министерства обороны Российской Федерации

Продуктивность сельскохозяйственного производства в значительной степени зависит от погодноклиматических условий районов расположения с.-х. предприятий и качества гидрометеорологического обеспечения. В настоящее время в субъектах РФ разрабатываются прогнозы агрометеорологических параметров, необходимых для планирования хозяйственной деятельности, прежде всего в области растениеводства (количество осадков, запас влаги в почве, теплообеспеченность вегетационного периода и т. д.). В современных условиях, когда изменяются основные климатообразующие процессы, могут возникать определённые затруднения. Изменение климата приводит к необходимости уточнения средних многолетних (среднемесячных, среднесезонных и т. п.) значений, требует корректировки долгосрочных прогностических способов и т. д. Решение данных задач осложняется тем, что существенные перемены начались относительно недавно, и соответствующие ряды наблюдений имеют малую длину. Поэтому повышение качества прогностического обеспечения с.-х. потребителей метеоинформацией возможно за счёт использования новых методов прогнозирования. С учётом вышеизложенного целью работы является повышение оправдываемости прогнозов агрометеорологических параметров территории с недостаточным объёмом метеорологических данных на основе адаптированных инструментов технического анализа. Использовались результаты наблюдений за погодой на территории Воронежской области за период с 1965 по 2018 г. В качестве примера рассматривался термический режим региона, однако методы анализа и получения прогностических способов могут быть реализованы применительно к любому погодноклиматическому параметру. Предложены прогностические модели, основанные на использовании новых инструментов технического анализа. Представлена методика прогнозирования погодноклиматических условий, оказывающих влияние на эффективность с.-х. производства в районах с недостаточным количеством метеорологических данных, с помощью которой можно повысить качество рекомендаций, выдаваемых потребителю в период планирования агротехнических мероприятий.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: сельскохозяйственное производство, инструменты технического анализа, индикаторы *MACD* и *MACD*-гистограмм, графические фигуры, прогностический способ.

USING TECHNICAL ANALYSIS TOOLS WHEN DEVELOPING AGROMETEOROLOGICAL FORECASTS

Bukhovets Aleksey G.¹
Ulshin Igor I.²
Soloviev Alexandr V.²

¹Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great

²Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin
Air Force Academy (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation

Agricultural productivity depends to a large extent on the weather and climate conditions of the areas where agricultural complexes are located and the quality of hydrometeorological support. Currently, the regions of the Russian Federation are developing forecasts of agrometeorological parameters necessary for planning agricultural activities, primarily in the field of crop production (precipitation, soil moisture, heat supply during the growing season, etc.). In modern conditions, when the main climate-forming processes change, certain difficulties

may arise. Climate change leads to the need to clarify the long-term average (monthly average, seasonal average, etc.) values, requires adjustment of long-term forecasting methods, etc. The solution of these problems is complicated by the fact that significant changes have begun relatively recently, and the corresponding series of observations have a small length. Therefore, improving the quality of predictive support for agricultural consumers of meteorological information may be associated with the use of new forecasting methods, including those based on new approaches. Taking into account the above, the aim of the work is to increase the success of agrometeorological forecasts for territories with insufficient meteorological data based on adapted technical analysis tools. We used the results of weather observations in the Voronezh Oblast for the period from 1965 to 2018. As an example, the thermal regime of the region was considered, however, methods of analysis and obtaining predictive methods can be implemented in relation to any weather and climate parameter. Based on the results of the work, predictive models based on the use of new technical analysis tools are proposed. The article presents a method for forecasting weather and climate conditions that affect the efficiency of agricultural production in areas with insufficient meteorological data. It can be used to improve the quality of recommendations issued to consumers during the planning of agricultural activities.

KEYWORDS: agricultural production, technical analysis tools, *MACD* and *MACD*-histogram indicators, graphical figures, predictive method.

Введение

Продуктивность сельскохозяйственного производства наряду с другими факторами существенно зависит от качества гидрометеорологического обеспечения. В настоящее время в субъектах Российской Федерации разрабатываются прогнозы агрометеорологических параметров, необходимых для планирования сельскохозяйственной деятельности, прежде всего в области растениеводства. К ним относятся количество осадков, запас влаги в почве, теплообеспеченность вегетационного периода и др. [5, 11]. В современных условиях, когда изменяются основные климатообразующие процессы, могут возникать определённые затруднения [4, 10, 12]. Изменение климата приводит к необходимости уточнения климатических норм, требует корректировки среднесрочных и долгосрочных прогностических способов и т. д. Решение данных задач осложняется тем, что существенные перемены начались относительно недавно, и соответствующие ряды наблюдений имеют малую длину. Поэтому повышение качества прогностического обеспечения сельскохозяйственных потребителей метеоинформацией может быть связано с использованием новых методов прогнозирования, в том числе основанных на новых подходах.

С учётом вышеизложенного целью работы является повышение успешности агрометеорологических прогнозов по территории с недостаточным объёмом метеорологических данных на основе адаптированных инструментов технического анализа.

Для достижения указанной цели необходимо:

- построить прогностические модели атмосферных параметров, оказывающих влияние на производительность сельского хозяйства;
- провести апробирование построенных моделей и сравнительный анализ, оценить целесообразность их использования при разработке агрометеорологических прогнозов;
- разработать методику использования полученных моделей при гидрометеорологическом обеспечении сельского хозяйства.

Построение прогностических моделей было решено проводить с использованием методов технического анализа, которые, несмотря на иную изначальную область применения, являются универсальными и при использовании не требуют наличия обширного массива статистических данных, что соответствует процессу гидрометеообеспечения в районах с недостаточно длинными рядами наблюдений за агрометеорологическими параметрами.

Материалы и модели

Для построения прогностических моделей необходимо было в рамках рассматриваемого научного подхода выбрать из существующего многообразия элементов технического анализа наиболее адекватные сформулированным задачам исследования.

Прогностическая модель агрометеорологических параметров на основе графических фигур

В настоящее время к числу наиболее эффективных с точки зрения прогнозирования процессов при недостатке исходной информации можно отнести графические фигуры (паттерны). Данные элементы технического анализа позволяют определять «поведение» временного ряда анализируемых характеристик исходя из нескольких предыдущих значений. Все графические фигуры подразделяются на две основные группы: сохранения и смены тенденции [7]. К паттернам, характеризующим продолжение тенденции, относятся «Флаг», «Вымпел», «Восходящий треугольник», «Нисходящий треугольник». Такие графические фигуры, как «Двойной (тройной) максимум», «Абсолютный пик с двумя симметричными вершинами», «Двойной (тройной) минимум» являются предвестниками изменения тенденции [8].

Построение паттерна выполняется с помощью линий поддержки и сопротивления. Пример графической фигуры сохранения тенденции «Вымпел» представлен на рисунке 1.

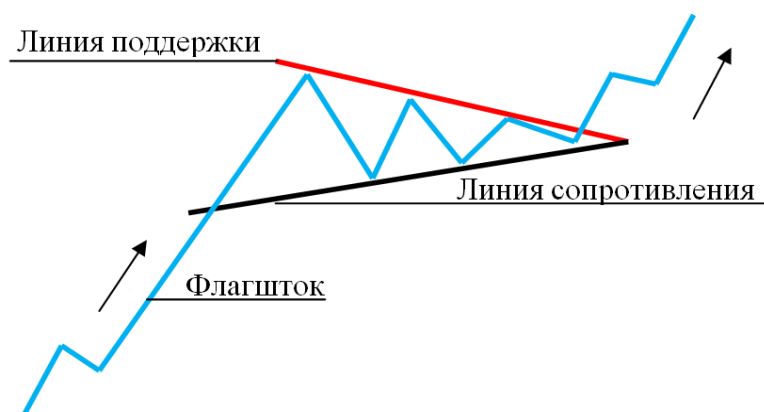


Рис. 1. Графическое изображение фигуры «Вымпел»

Первоначально на графике значений анализируемого агрометеорологического параметра выявляется сформировавшаяся фигура. В дальнейшем по полученному паттерну разрабатывается прогностическое заключение по сохранению или смене тенденции.

Прогностическая модель агрометеорологических параметров на основе технических индикаторов MACD и MACD-гистограмм

Другим инструментом технического анализа, рассмотренным в работе, являются индикаторы. К числу наиболее эффективных с точки зрения прогнозирования анализируемых параметров при ограниченном количестве исходной информации можно отнести *MACD* и *MACD-гистограмм* [2, 13]. Данные элементы технического анализа позволяют графически определять тенденцию анализируемых характеристик исходя из нескольких предыдущих значений. Для этого необходимо получить временной ряд исследуемых параметров атмосферы и рассчитать:

- индикатор *MACD* (M), представляющий собой разность значений быстрой и медленной линий;
- индикатор *MACD-гистограмм* (Mg), характеризующий разницу между значениями индикатора *MACD* и сигнального уровня L (значения девятипериодной экспоненциальной скользящей средней метеорологической величины) [13].

Применительно к решению гидрометеорологических задач данные показатели позволяют спрогнозировать на 1–2 шага вперед «поведение» временного ряда анализируемых параметров на основании информации за несколько предыдущих шагов.

С помощью рассматриваемых индикаторов смена тенденции наилучшим образом определяется:

- при использовании в расчётах быстрой линии – на основе двенадцатипериодной экспоненциальной скользящей средней;
- при использовании медленной линии – на основе двадцатишестипериодной экспоненциальной скользящей средней;
- при выполнении расчётов сигнального уровня – на основе девятипериодной скользящей средней [2].

Вычисление индикатора *MACD* (*M*) выполняется следующим образом:

$$M_i = \ddot{X}_{12i} - \ddot{X}_{26i}, \quad (1)$$

где \ddot{X}_{12i} , \ddot{X}_{26i} – *i*-е значения экспоненциальных средних рассматриваемого агрометеорологического параметра с периодом осреднения соответственно $N = 12$ и $N = 26$ сроков [2].

Следует заметить, что *X* применительно к рассматриваемой задаче может представлять собой осреднённую величину (среднесуточное, среднедекадное, среднемесечное, среднесезонное и т. п. значение).

Расчёт экспоненциальных средних при $N = 12$ и $N = 26$ осуществляется с помощью следующих выражений:

$$\ddot{X}_{12i} = \delta X_i - \ddot{X}_{12(i-1)}(1 - \delta); \quad (2)$$

$$\ddot{X}_{26i} = \delta X_i - \ddot{X}_{26(i-1)}(1 - \delta), \quad (3)$$

где X_i – *i*-е значение рассматриваемой агрометеорологической величины;

$\ddot{X}_{12(i-1)}$, $\ddot{X}_{26(i-1)}$ – (*i*-1)-е экспоненциальные средние для периодов осреднения $N = 12$ и $N = 26$ за предыдущий срок наблюдения;

$$\delta = \frac{2}{N + 1} - \text{коэффициент старения данных [1].}$$

Для расчёта индикатора *MACD*-гистограмм временных рядов исследуемых агрометеорологических величин применяется формула

$$Mg_i = X_i + L_i, \quad (4)$$

где L_i – *i*-е значение сигнального уровня [7].

Определение *i*-го значения сигнального уровня *L* при рекомендованном периоде осреднения $N = 9$ выполняется с использованием следующего выражения:

$$L_i = \delta \ddot{X}_{12i} - L_{i-1}(1 - \delta), \quad (5)$$

где L_{i-1} – (*i*-1)-е значение сигнальной линии; на первом шаге вычисления равно \ddot{M}_{12i} [2].

Прогностическое заключение в этом случае разрабатывается с учётом пересечений быстрой и медленной сигнальных линий.

Усовершенствованная прогностическая модель агрометеорологических параметров на основе графических фигур

В ходе проводимой работы было решено усовершенствовать «классические» методы технического анализа. Для этого, во-первых, была исследована возможность получения новых, характерных именно для агрометеорологических рядов, паттернов различной сложности. Во-вторых, были рассчитаны показатели успешности использования указанных паттернов в прогностических целях.

В рамках первой задачи определялось изменение величины *X* между соседними сроками наблюдений ΔM_i с помощью следующего выражения:

$$\Delta X_i = X_i - X_{i-1}, \quad (6)$$

где X_i , X_{i-1} – значения агрометеорологической характеристики соответственно в *i*-й срок наблюдения и предыдущий.

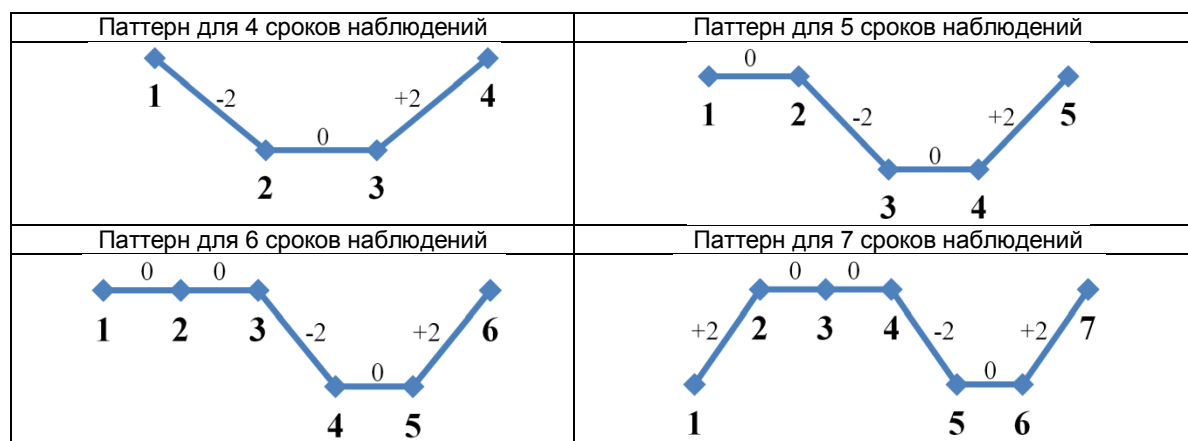
Рассчитанные значения анализируемых величин распределялись по градациям, которым присваивались номерные значения. В таблице 1 представлен перевод ΔX_i в номерные значения градаций на примере средней температуры воздуха.

Таблица 1. Номерные значения градаций

№	Номерные значения	Градации	Описание тенденции
1	-6	$(-\infty; -4,5)$	Значительное падение
2	-3	$[-4,5; -1,5]$	Падение
3	0	$(-1,5; +1,5)$	Отсутствие изменений
4	3	$[+1,5; +4,5]$	Рост
5	6	$(+4,5; +\infty)$	Значительный рост

Для выявления во временных рядах агрометеорологических величин новых паттернов требовалось рассмотреть все возможные фигуры с фиксированным количеством точек. Примеры получаемых паттернов с шагом от 4 до 6 сроков наблюдений представлены в таблице 2.

Таблица 2. Примеры графических фигур фиксированной ширины



Для применения получаемых паттернов было необходимо установить закономерности «поведения» временного ряда агрометеорологической величины при возникновении той или иной графической фигуры, а также провести практическую проверку целесообразности использования указанных графических фигур технического анализа для прогнозирования агрометеорологических параметров.

Проверка была осуществлена на основе временных рядов осреднённых значений температуры воздуха. Выбор был обусловлен тем, что данная метеовеличина отличается сильной изменчивостью, что затрудняет её прогнозирование традиционными способами. Следует заметить, что порядок разработки прогностических моделей технического анализа является универсальным и может быть применен при анализе временных рядов любых агрометеорологических параметров.

В качестве исходных данных были использованы осреднённые значения температуры воздуха для территории Воронежской области в период с 1 января 1965 г. по 31 декабря 2018 г.

Результаты и их обсуждение

В ходе практической проверки возможности адаптации инструментов технического анализа для прогнозирования «поведения» агрометеорологических рядов на соответствующих графиках были построены паттерны. Пример выявления графических фигур показан на рисунке 2.

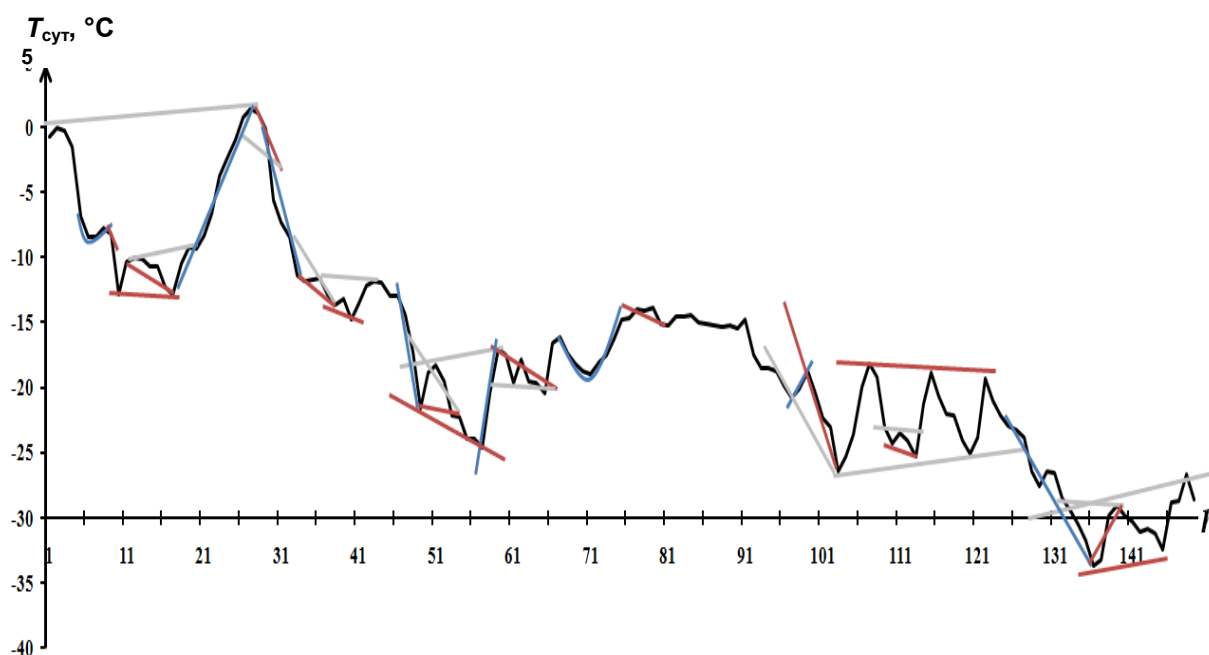


Рис. 2. Среднесуточные значения температуры воздуха и полученные графические фигуры (декабрь-февраль 2017 г.)

В период с 1965 по 2018 г. на временном ряде среднесуточных значений температуры воздуха выявлено 2915 паттернов, среднедекадных – 689 паттернов. Было получено распределение количества повторений по типам графических фигур, которое представлено в таблице 3.

Таблица 3. Распределение количества повторений по типам паттернов

Тип графической фигуры	Метеорологическая величина	
	Среднесуточная температура воздуха, °C	Среднедекадная температура воздуха, °C
Паттерны сохранения тенденции	1210	276
Паттерны смены тенденции	1705	413

Полученные при анализе временных рядов рассматриваемых метеорологических величин результаты позволяют сделать вывод о том, что смена тенденции повторялась чаще, чем сохранение. Наиболее часто встречались фигуры «Двойная вершина» и «Флаг». Кроме того, 28 раз был выявлен не использующийся в техническом анализе паттерн «Четырёхугольник», сигнализирующий о смене тенденции. Оправданность правильного определения тенденции средней температуры воздуха составила 78%.

Следует заметить, что, несмотря на полученные хорошие результаты, недостатком данного инструмента является отсутствие возможности систематического определения тенденции по причине нерегулярности появления паттернов на графике рассматриваемых величин.

В ходе дальнейших исследований с помощью выражений (1) – (3) были определены значения индикатора *MACD* для рассматриваемых агрометеорологических параметров. Пример рассчитанных показателей быстрой и сигнальной линий для временного ряда среднедекадных значений температуры представлен на рисунке 3. Проведение анализа осложнялось тем, что *MACD* не выявлялся при слабовыраженных изменениях значений исследуемых величин.

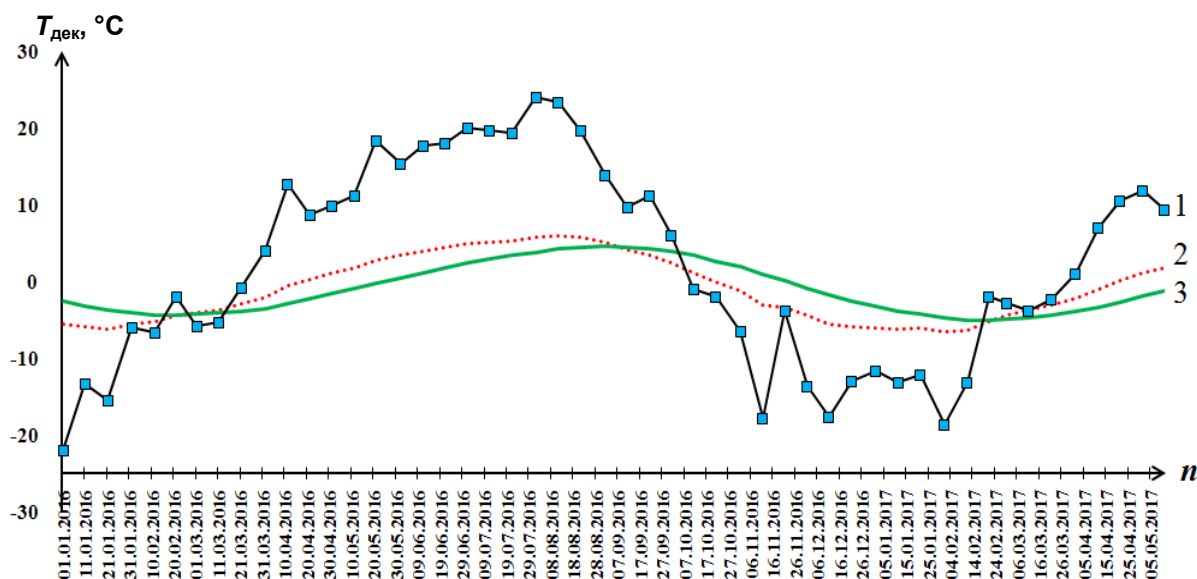


Рис. 3. График среднедекадных значений температуры и индикатора *MACD* (январь 2016 г. – май 2017 г.): 1 – среднедекадная температура; 2 – быстрая *MACD*; 3 – сигнальная *MACD*

При совпадении численных показателей экспоненциальных скользящих средних индикатор *MACD* принимает значение, равное 0. В момент пересечения быстрой и медленной линий (период осреднения соответственно $N = 12$ и $N = 26$) на графиках средних значений наблюдается смена тенденции.

Для оценивания правильности определения тенденции с помощью индикатора *MACD* каждый последующий срок наблюдения считался прогностическим для предыдущего. Было установлено, что тенденция значений осреднённой температуры воздуха определялась верно в 79% случаев.

Результаты расчёта численных показателей индикатора *MACD*-гистограмм, полученные с помощью выражения (5), на примере среднесуточной температуры воздуха представлены на рисунке 4.

Данный индикатор является доработанной версией *MACD*. *MACD*-гистограмм позволяет получить более ранний сигнал об изменении направления графика. Однако данный индикатор, также как и *MACD*, не позволяет уловить слабые изменения тенденции на временных рядах рассматриваемых агрометеовеличин.

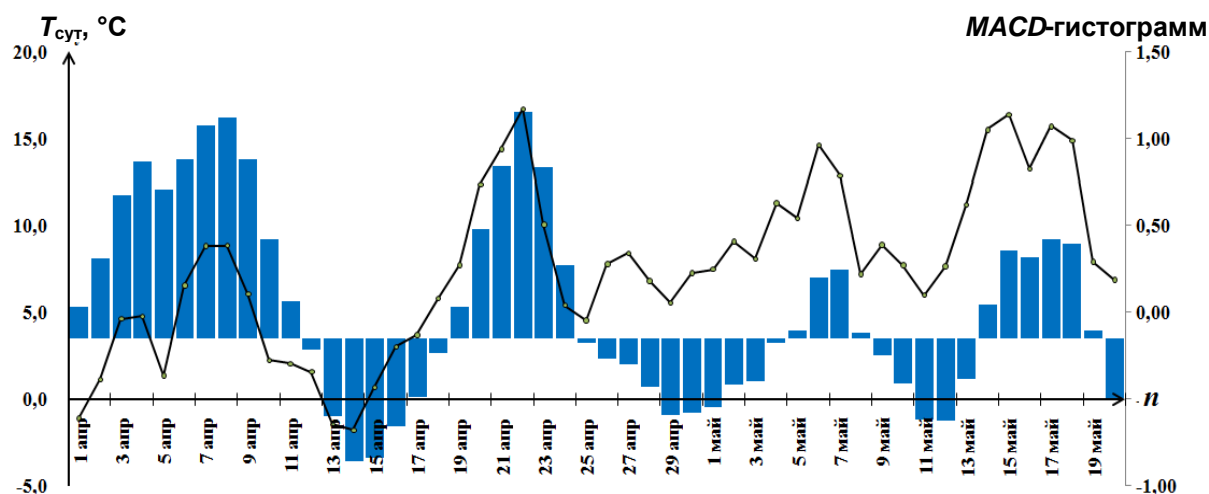


Рис. 4. График значений среднесуточной температуры воздуха и индикатора *MACD*-гистограмм (апрель-май 2018 г.): ■ – *MACD*-гистограмм; —•— среднесуточная температура воздуха

Оценивание правильности определения тенденции исследуемых агрометеорологических величин с помощью индикатора *MACD*-гистограмм выполнялось аналогичным способом. Доля оправдавшихся прогностических заключений от их общего числа для значений средней температуры воздуха составила 81% случаев. Таким образом, использование индикатора *MACD*-гистограмм при определении тенденции ряда позволило незначительно повысить правильность прогностических заключений (на 2% случаев).

Для решения проблем выявления слабовыраженных изменений и невозможности систематического использования паттернов при прогнозировании тенденции агрометеорологической величины в ходе проводимой работы было принято решение по разработке усовершенствованных прогностических моделей агрометеорологических параметров на основе графических фигур.

При построении простейших геометрических фигур необходимы три точки. Поэтому для прогностических моделей первого типа (ПМТ-3т) использовались результаты осреднённых наблюдений за три срока. В итоге было получено 25 различных фигур простейшего вида, все из которых удалось выявить на временных рядах значений средней температуры воздуха. На рисунке 5 показан пример результатов, полученных при построении трёхточечной прогностической модели ПМТ-3т.

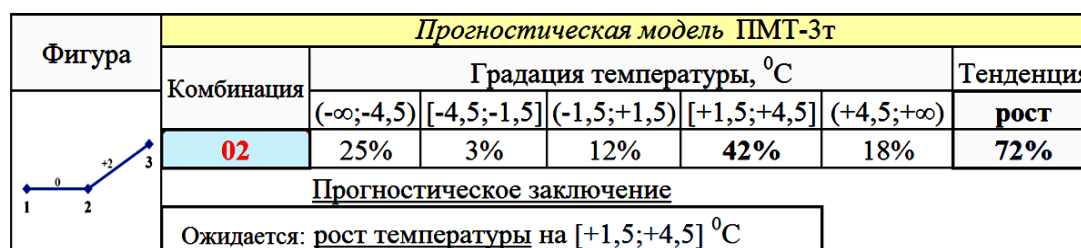


Рис. 5. Пример результатов при построении модели ПМТ-3т

Доля оправдавшихся прогностических заключений по средней температуре воздуха составила 72% случаев.

В ходе дальнейших исследований для получения прогностической модели ПМТ-4т ширина фигур была увеличена на один шаг. В этом случае возможны 125 вариантов соответствующих паттернов, из которых на временном ряде наблюдалось 43. Оправдываемость прогнозов исследуемой агрометеорологической величины с помощью модели ПМТ-4т увеличилась по сравнению с ПМТ-3т и составила 80%.

При последовательном увеличении числа точек были получены прогностические модели ПМТ-5т, ПМТ-6т и ПМТ-7т. Характеристики данных моделей, а также сведения об оправдываемости прогнозов средней температуры воздуха на их основе представлены в таблице 4.

Таблица 4. Характеристики прогностических моделей ПМТ-5т, ПМТ-6т и ПМТ-7т

№	Модель	Ширина фигуры, в сроках наблюдений	Количество типов возможных фигур	Количество наблюдавшихся типов фигур из числа возможных на временном ряде	Оправдываемость прогнозов, %
Средняя температура воздуха					
1	ПМТ-5т	5	625	102	85
2	ПМТ-6т	6	3 125	1 586	83
3	ПМТ-7т	7	15 625	1 861	61

Представленные результаты свидетельствуют, что, как и в рассмотренном выше случае, не все типы смоделированных фигур присутствуют на временном ряде. Усложнение моделей позволило повысить их прогностический потенциал. Наибольшая оправдываемость прогнозов средней температуры воздуха, используемой в гидроме-

теорологическом обеспечении сельского хозяйства, была достигнута при использовании ПМТ-5т и ПМТ-6 – соответственно 85 и 83%.

Таким образом, использование новых графических фигур повышает качество прогностической информации, необходимой для гидрометеорологического обеспечения сельского хозяйства. Сведения об относительном приращении числа оправдавшихся прогнозов при использовании моделей ПМТ-5т и ПМТ-6т для значений средней температуры представлены в таблице 5.

Таблица 5. Изменение доли оправдавшихся прогнозов средней температуры при использовании прогностических моделей ПМТ

№	Модель	Ширина фигуры, в сроках наблюдений	По отношению к существующим паттернам	По отношению к индикатору <i>MACD</i>	По отношению к индикатору <i>MACD</i> -гистограмм
Временной ряд значений средней температуры воздуха					
1	ПМТ-5т	5	7%	6%	4%
2	ПМТ-6т	6	5%	4%	2%

Видно, что оправдываемость прогнозов рассматриваемой агрометеорологической величины на основе ПМТ-5т и ПМТ-6т повысилась на 5–7% по отношению к прогностическому способу с использованием существующих в экономической теории паттернов и на 2–6% – по отношению к способу, построенному на основе индикаторов *MACD* и *MACD*-гистограмм.

Для проведения сравнительного анализа была разработана серия прогнозов среднесуточной и среднедекадной температуры воздуха с использованием физико-статистического метода В.Ф. Мартазиновой «Плавающий аналог» [3, 6]. В качестве критерия успешности прогнозов также использовалась их оправдываемость, рассчитываемая в соответствии с п. 3.2.2. РД 52.27.284-91 [8]. Установлено, что оправдываемость прогностических заключений, полученных с помощью физико-статистического метода «Плавающий аналог», составила 73%. Таким образом, предложенный подход позволяет существенно повысить успешность агрометеорологических прогнозов.

Методика прогнозирования агрометеорологических параметров в районе с недостаточным объёмом метеорологических данных, основанная на использовании предложенных моделей, предполагает выполнение следующих операций:

- определение агрометеорологических параметров, значения которых необходимо спрогнозировать;
- получение хронологического ряда значений выбранных параметров максимально возможной длины по результатам наблюдений в рассматриваемом районе;
- определение наилучших по критерию успешности прогностических моделей типа ПМТ отдельно для каждой из рассматриваемых величин;
- применение лучшей прогностической модели к имеющемуся короткому ряду наблюдений;
- разработка прогностического заключения и вытекающих из него предложений по планированию агротехнических мероприятий.

Выводы

В ходе исследования были получены прогностические модели агрометеорологических параметров на основе усовершенствованных графических фигур технического анализа. Они позволяют не только разрабатывать прогнозы при наличии короткого ряда наблюдений, но и решить ряд проблем, возникающих при использовании существующих методов технического анализа. В частности, устраняются невозможность выявления слабовыраженных изменений и проблема с несистематическим появлением известных из экономической теории паттернов на графиках рассматриваемых агрометеорологических параметров. С учётом достигнутой оправдываемости прогнозов (на примере среднесуточной и среднедекадной температуры воздуха) и результатов сравнительного анализа их можно рекомендовать к практическому использованию.

Библиографический список

1. Айвазян С.А. Эконометрика-2: продвинутый курс с приложениями в финансах : учебник / С.А. Айвазян, Д. Фантаццини. – Москва : Магистр : Инфра-М, 2014. – 942 с.
2. Аппель Д. Технический анализ. Эффективные инструменты для активного инвестора / Д. Аппель ; пер. с англ. Н. Габенов. – Санкт-Петербург : Питер, 2007. – 302 с.
3. Белов П.Н. Численные методы прогноза погоды : учебник / П.Н. Белов, Е.П. Борисенков, Б.Д. Панин. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1989. – 375 с.
4. Доклад о научно-методических основах для разработки стратегий адаптации к изменениям климата в Российской Федерации (в области концепции Росгидромета). – Санкт-Петербург ; Саратов : Амирит, 2020. – 120 с.
5. Ключков А.В. Влияние погодных условий на урожайность сельскохозяйственных культур / А.В. Ключков, О.Б. Соломко, О.С. Ключкова // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 101–106.
6. Морозова С.В. Прогноз волн тепла и холода для Саратовской области с использованием физико-статистического метода В.Ф. Мартазиновой «Плавающий аналог» / С.В. Морозова // Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации. – 2017. – № 363. – С. 138–159.
7. Мэрфи Д.Д. Технический анализ фьючерсных рынков: теория и практика ; пер. с англ. / Д.Д. Мэрфи. – Москва : Сокол, 1996. – 587 с.
8. Найман Э.Л. Малая энциклопедия трейдера / Э.Л. Найман. – 13-е изд. – Москва : Альпина Паблишерз, 2013. – 457 с.
9. Проведение производственных (оперативных) испытаний новых и усовершенствованных методов гидрометеорологических и гелиогеофизических прогнозов (РД 52.27.284-91) : методические указания / Комитет гидрометеорологии при кабинете министров СССР. – Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 1991. – 150 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200068360?section=text> (дата обращения: 21.11.2020).
10. Прогнозирование среднемесячной температуры воздуха на основе фрактальной теории / А.Г. Буховец, Т.Н. Задорожная, Ю.В. Некрасов, Е.А. Семин // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2017. – № 1 (52). – С. 164–174.
11. Соглашение между Министерством сельского хозяйства России и Федеральной службой по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды о взаимодействии в области гидрометеорологии и государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставляемых для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, и формирования государственных информационных ресурсов об этих землях : № 915/15 С-140-29 : заключено 12 ноября 2010 года. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://old.mcx.ru/documents/document/show/14623.133.htm> (дата обращения: 20.11.2020).
12. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология : учебник / Л.А. Хандожко. – Санкт-Петербург : Гидрометеиздат, 2005. – 489 с.
13. Schwager J. Technical analysis / J. Schwager. – New York : John Wiley & Sons, 1996. – 768 p.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ Принадлежность к организации

Алексей Георгиевич Буховец – доктор технических наук, профессор кафедры экономического анализа, статистики и прикладной математики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Россия, г. Воронеж, e-mail: abuhovets@mail.ru.

Игорь Иванович Ульшин – кандидат физико-математических наук, доцент, начальник кафедры теоретической гидрометеорологии ФГКВУ ВПО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» Министерства обороны Российской Федерации, Россия, г. Воронеж, e-mail: ulshin@rambler.ru.

Александр Владимирович Соловьев – адъюнкт кафедры теоретической гидрометеорологии ФГКВУ ВПО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» Министерства обороны Российской Федерации, Россия, г. Воронеж, e-mail: av-solovev@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 12.04.2021

Дата принятия к печати 27.05.2021

AUTHOR CREDENTIALS Affiliations

Aleksey G. Bukhovets, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Dept. of Economic Analysis, Statistics and Applied Mathematics, Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter the Great, Russia, Voronezh, e-mail: abuhovets@mail.ru.

Igor I. Ulshin, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Docent, Head of the Dept. of Theoretical Hydrometeorology, Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation, Russia, Voronezh, e-mail: ulshin@rambler.ru.

Alexandr V. Soloviev, Postgraduate Student, Dept. of Theoretical Hydrometeorology, Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation, Russia, Voronezh, e-mail: av-solovev@mail.ru.

Received April 12, 2021

Accepted after revision May 27, 2021