

Министерство образования и науки Российской Федерации  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»

Кафедра метеорологии и климатологии

Долгосрочный прогноз типов весен для Саратовской области  
название темы выпускной квалификационной работы полужирным шрифтом

АВТОРЕФЕРАТ БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студента(ки) 4 курса 411 группы  
направления (специальности) 05.03.05 Прикладная гидрометеорология  
Географического факультета  
Алимпиевой Марии Александровны

Научный руководитель  
доцент, к.г.н.

\_\_\_\_\_

дата, подпись

С.В. Морозова

Заведующий кафедрой  
д.ф.-м.н.

\_\_\_\_\_

дата, подпись

М.Б. Богданов

Саратов 2017 год

**В введении** актуальность темы определяется необходимостью разработки методов долгосрочного прогноза сезонных гидрометеорологических явлений для Саратовской области.

Целью настоящей работы является разработка физико-статистической схемы долгосрочного прогнозирования типа весны на основе применения дискриминантной модели разделения гидрометеорологических явлений.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- 1) определить даты перехода среднесуточной температуры через  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $5^{\circ}\text{C}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$  и провести их классификацию;
- 2) разработать методику выделения типов весен - ранних, нормальных и поздних;
- 3) рассчитать статистические характеристики центров действия атмосферы (ЦДА) – Азорского максимума, Исландского минимума и Сибирского максимума на временном ряду с 1971-2010 годы;
- 4) выявить асинхронные дальние связи между состояниями ЦДА и типами весны в регионе;
- 5) построить линейные дискриминантные функции для разделения различных типов весен в зависимости от состояния ЦДА в предшествующий осенне-зимний период;
- 6) разработать схему долгосрочного прогнозирования типа весны с двухмесячной заблаговременностью. Такая заблаговременность дает возможность аграриям своевременно выработать оптимальную стратегию проведения посевной кампании и максимально предотвратить возможные гидрометеорологические риски.

Временным интервалом исследования послужил промежуток 1971 – 2017 годы. Из обозначенного ряда лет зависимым материалом (ретроспективные прогнозы) стали 1971 – 2010 годы, независимым (перспектива) – 2011 – 2017 годы.

Значения средней суточной температуры рассчитывались по данным о срочных значениях температуры воздуха по метеостанции «Саратов Юго – Восток» для февраля – мая.

Работа выполнена на 54 страницах машинописного текста, состоит из введения, 4 глав, заключения; содержит 8 рисунков, 15 таблиц и 9 формул. Список использованных источников содержит 25 наименований.

**Основное содержание работы.** В первой главе описывается климатическая характеристика весеннего сезона области, так как Саратовская область является одним из сельскохозяйственных регионов России, поэтому сведения о предстоящем весеннем сезоне очень важны для аграриев.

Авторы работ по изучению весеннего сезона разработали различные методики выделения типов весен. Одна из методик определения типа весны по датам перехода средней суточной температуры воздуха через определенные пределы разработана Г.Н. Чичасовым для северного Казахстана [10].

Тип весны по датам перехода определялся следующим образом: весна считалась ранней, когда указание на раннюю весну имели две даты из трех. К нормальному типу весен отнесены те, в которых две и более даты перехода осуществлялись в сроки, отстоящие не более чем на три дня от климатической нормы. К поздним отнесены весны, в которые хотя бы две даты из трех осуществились позже климатической нормы. Помимо этих трех основных типов выделены весны с возвратом холодов, в которых дата перехода через  $0^{\circ}\text{C}$  осуществилась раньше климатической нормы, а две остальные – в срок или позже срока. Отметим, что Чичасовым особо выделен еще компенсационный тип весен – с поздними датами перехода через  $0^{\circ}\text{C}$  и  $5^{\circ}\text{C}$  и ранней датой перехода через  $10^{\circ}\text{C}$ .

Учитывая вышеизложенное, в настоящем исследовании прогностические разработки по определению будущего характера весны проводились только по дате перехода среднесуточной температуры воздуха через  $5^{\circ}\text{C}$ . В соответствии с таким подходом в Саратовской области выделены десять поздних, восемнадцать нормальных и восемнадцать ранних типов

весен. При данном способе определения исчезают весны с возвратом холодов и компенсационные типы весен. Таким образом, для разработки прогностических указаний для типа весны ключевой датой явилась дата перехода через 5°C.

Таблица 1 – Тип весны по датам перехода по Г.Н. Чичасову [10]

Тип весны	Критерий
Ранняя	2 даты ранних; 1 дата поздняя или 1 дата нормальная
Нормальная	2 даты нормальных; 1 дата ранняя или 1 дата поздняя
Поздняя	2 даты ранних; 1 дата поздняя или 1 дата нормальная
С возвратом холодов	1 дата через 0°C ранняя; 2 даты нормальных или 2 даты поздних
Компенсационная	1 дата через 10°C ранняя; 2 даты поздних

Выполненное ранее климатическое районирование Саратовской области по срокам наступления дат перехода температуры воздуха через определенные пределы позволило при разработке прогностической схемы реперным пунктом считать метеостанцию «Саратов Юго-Восток», расположенную в долине Волги и характеризующуюся самым ранним по сравнению с остальной территорией наступлением весны [12].

В качестве потенциальных предикторов для прогнозирования типа весны по дате перехода среднесуточной температуре воздуха через 5°C рассматривались три центра действия атмосферы, которые наиболее близко расположены к району Нижнего Поволжья – Азорский максимум, Исландский минимум и Сибирский максимум. Исследовались следующие характеристики этих центров действия – географические координаты центра и давление в центре, которое определяется по последней замкнутой изобаре, для месяцев с сентября по январь с 1971 по 2017 годы. Поэтому **во второй главе** представлена общая характеристика ЦДА.

Погоду и климат Северной Атлантики и прилегающих к ней Североамериканского и Евразийского континентов в значительной мере

определяет атмосферная циркуляция над северной Атлантикой, которая представлена системами низкого и высокого давления - Исландским минимумом и Азорский максимумом, а зимой основным барическим образованием у поверхности земли является Сибирский максимум.

Данные о состоянии ЦДА с 1971 по 2010 годы были позаимствованы из электронного приложения к Справочной монографии [15]. Характеристики ЦДА с 2011 по 2017 годы снимались со средних карт, размещенных на ftp-сервере Гидрометцентра России в коде GRIB [16]. На основе этих данных были рассчитаны средние значения характеристик  $\bar{x}$ , среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  и коэффициент вариации данных характеристик  $C_v$ , а также проведен анализ полученных величин.

Анализ полученного материала позволяет сделать вывод, что в качестве потенциальных предикторов будут отобраны не все характеристики каждого центра действия, а лишь те из них, которые обнаруживают существенную изменчивость. Наибольшую изменчивость из всех рассматриваемых ЦДА в осенне-зимний период имеют все три характеристики Исландского минимума, а также и долгота и давление в центре зимнего Азиатского антициклона. Поэтому в дальнейших расчетах участвуют только характеристики Исландского минимума и Сибирского максимума в месяцах с сентября по январь.

В данной работе применяется непараметрический дискриминантный анализ.

Таким образом, **в третьей главе** описывается роль этого вида анализа для долгосрочных прогнозов погоды.

Непараметрические методы дискриминации не предполагают никаких предположений о характере распределения.

Использование в долгосрочной прогностике дискриминантного анализа началось со второй половины прошлого века. Методические основы применения линейных дискриминантных функций в долгосрочном прогнозе изложены в трудах М.Х. Байдала [19], Г.Н. Чичасова [10], Л.В. Адриановой

[20]. Однако применение дискриминантных функций ограничивалось разделением двух групп явлений – засухи или достаточного увлажнения, раннего или позднего срока появления, разрушения, схода снежного покрова и тому подобное. Однако, есть группа явлений, для которых возникает необходимость выделять не две, а три кластерные области, например, даты перехода средней суточной температуры через определенные пределы, типы весен.

В настоящем исследовании решается задача проведения дискриминации трех признаков – ранней, нормальной и поздней весны – по состоянию центров действия атмосферы - Исландского минимума и Сибирского максимума. Расчеты проводились с помощью пакета программ «STATISTICA». Поэтому **в четвертой главе** представлено долгосрочное прогнозирование типа весны по дате перехода среднесуточной температуры воздуха через  $5^{\circ}\text{C}$ , а также прогнозирование даты перехода среднесуточной температуры воздуха через  $0^{\circ}\text{C}$  и  $10^{\circ}\text{C}$ .

В качестве исходных данных вводились не сами характеристики ЦДА (широта, долгота, давление в центре), а значения отклонений от средней многолетней, индивидуальные для каждого месяца года, которые рассчитывались как алгебраические отклонения от средних значений.

Для определения качества предполагаемого метода и осуществления общего мониторинга принято рассчитывать общую оправдываемость и показатель  $\rho$  [22].

Для получения названных показателей составляется матрица сопряженных многофазовых прогнозов, которая очень проста и удобна для последующих расчетов [23].

Соответствующие сочетания характеризуют следующее:  $n_{11}$  – число случаев оправдавшихся прогнозов наличия раннего типа весны: ранняя весна прогнозировалась, и фактически она наблюдалась;  $n_{12}$  – число случаев неоправдавшихся прогнозов отсутствия нормального типа весны: нормальная весна прогнозировалась, но фактически наблюдалась ранняя;  $n_{13}$  – число

случаев неоправдавшихся прогнозов отсутствия позднего типа весны: прогнозировалась поздняя весна, а фактически наблюдалась ранняя;  $n_{21}$  – число случаев неоправдавшихся прогнозов наличия нормального типа весны: прогнозировался ранний тип, но фактически наблюдался нормальный тип;  $n_{22}$  – число случаев оправдавшихся прогнозов наличия нормального типа весны: нормальная весна прогнозировалась, и фактически она наблюдалась;  $n_{23}$  – число случаев неоправдавшихся прогнозов отсутствия позднего типа весны: прогнозировалась поздняя весна, а фактически наблюдалась нормальная;  $n_{31}$  – число случаев неоправдавшихся прогнозов отсутствия позднего типа весны: прогнозировался ранний тип, но фактически наблюдался поздний тип;  $n_{32}$  – число случаев неоправдавшихся прогнозов отсутствия позднего типа весны: прогнозировалась поздняя весна, а фактически наблюдалась нормальная;  $n_{33}$  – число случаев оправдавшихся прогнозов наличия позднего типа весны: поздняя весна прогнозировалась, и фактически она наблюдалась.  $N$  – общее число прогнозов.

Таблица 2 – Матрица сопряженности многофазовых прогнозов [21]

Фактически наблюдалась $\Phi_i$	Прогнозируется $\Pi_i$			Всего наблюдалось $\sum_{j=1}^m n_j$
	ранняя $\Pi_1$	нормальная $\Pi_2$	поздняя $\Pi_3$	
Ранняя $\Phi_1$	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{13}$	$n_{10}$
Нормальная $\Phi_2$	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{23}$	$n_{20}$
Поздняя $\Phi_3$	$n_{31}$	$n_{32}$	$n_{33}$	$n_{30}$
Всего типов весен $\sum_{i=1}^n n_i$	$n_{01}$	$n_{02}$	$n_{03}$	$N$

Матрица содержит три прогностических условия: ожидается ранняя весна  $\Pi_1$ , ожидается нормальная весна  $\Pi_2$  и ожидается поздняя весна  $\Pi_3$  и три исхода: была ранняя весна  $\Phi_1$ , была нормальная весна  $\Phi_2$  и была поздняя весна  $\Phi_3$ .

Общая оправдываемость методических прогнозов, численно равная отношению числа оправдавшихся прогнозов к общему числу прогнозов, рассчитывается по формуле (1)

$$p = \frac{n_{11} + n_{22} + n_{33}}{N}, \quad (1)$$

где  $p$  – общая оправдываемость прогнозов.

Более жесткой оценкой оправдываемости является показатель  $\rho$ , численно равный отношению разности оправдавшихся прогнозов и неоправдавшихся прогнозов, к общему числу прогнозов. Данный показатель рассчитывается по формуле (2)

$$\rho = \frac{(n_{11} + n_{22} + n_{33}) - (n_{12} + n_{13} + n_{21} + n_{23} + n_{31} + n_{32})}{N}, \quad (2)$$

На основании выше приведенных данных была построена дискриминантная модель долгосрочного прогноза даты перехода среднесуточной температуры воздуха через  $0^\circ\text{C}$ , которая имеет отличную дискриминацию. Сравнение перспективных прогнозов показало, что в трех случаях из шести прогноз оказался правильным. Анализ полученных статистических характеристик информативных предикторов показал, что все предикторы имеют достаточно высокий коэффициент множественной корреляции за исключением предикторов, характеризующие отклонение давления Исландского минимума в декабре и отклонение широты Исландского минимума в январе. На основании полученной модели долгосрочного прогноза даты перехода среднесуточной температуры воздуха через  $0^\circ\text{C}$  была построена матрица



сопряженности многофазовых прогнозов. По матрице были рассчитаны общая оправдываемость и показатель  $\rho$ , который составил 76% и 0,54 соответственно.

Также была построена дискриминантная модель долгосрочного прогноза типов весен по дате перехода среднесуточной температуры воздуха через  $5^{\circ}\text{C}$ , которая имеет неплохую дискриминацию. Сравнение перспективных прогнозов показало, что в пяти случаях из семи прогноз типа весны оказался правильным. Анализ полученных статистических характеристик информативных предикторов показал, что все предикторы имеют невысокий коэффициент множественной корреляции. На основании полученной модели долгосрочного прогноза типов весен по дате перехода средней суточной температуры воздуха через  $5^{\circ}\text{C}$  была построена матрица сопряженности многофазовых прогнозов. По матрице были рассчитаны общая оправдываемость и показатель  $\rho$ , которые составили 74% и 0,47 соответственно.

Аналогичным способом была построена дискриминантная модель долгосрочного прогноза дат перехода средней суточной температуре через  $10^{\circ}\text{C}$ , которая имеет неплохую дискриминацию. Сравнение перспективных прогнозов показало, что в трех случаях из шести прогноз даты перехода оказался правильным. В настоящее время рассчитаны ЛДФ для прогноза даты перехода среднесуточной температуры воздуха через  $10^{\circ}\text{C}$  в 2017 году. Анализ полученных статистических характеристик информативных предикторов показал, что все предикторы имеют невысокий коэффициент множественной корреляции. Исключением являются предикторы, характеризующие отклонение долготы Исландского минимума в сентябре и отклонение давления Сибирского максимума в ноябре.

**В заключении**, подводя итог проведённому исследованию, можно сделать следующие выводы:

1. По применённой методике выделено 39% ранних, 39% нормальных и 22% поздних типов весен.

2. Наибольшие изменения характеристик и Исландского минимума, и Сибирского максимума имеют место в декабре – феврале. Наиболее значимы изменения долготы их центров и давления в центре.
3. Общая оправдываемость прогнозов типов весен составила 74%, показатель  $\rho - 0,47$ .
4. Ретроспективные прогнозы показали, что по дате перехода средней суточной температуры через  $0^{\circ}\text{C}$  в область ранних дат перехода попала одна нормальная дата перехода; по дате перехода средней суточной температуры через  $5^{\circ}\text{C}$  в область нормальных весен попало две ранних и одна поздняя весны, в область ранних - одна нормальная и одна поздняя; по дате перехода средней суточной температуры через  $10^{\circ}\text{C}$  в область ранних дат перехода попали две нормальные и две поздние даты перехода, а в область нормальных – одна ранняя и одна поздняя.
5. Сравнение результатов перспективных прогнозов (2011 - 2017 годы) по дате перехода средней суточной температуры через  $0^{\circ}\text{C}$  показало, что в трех случаях из шести прогноз даты перехода оказался правильным, и дата перехода ожидается поздней. По дате перехода средней суточной температуры через  $10^{\circ}\text{C}$  в трех случаях из шести прогноз даты перехода оказался правильным, и дата перехода среднесуточной температуры воздуха в 2017 году ожидается ранней.
6. На основании полученных визуализаций долгосрочного прогнозирования дат перехода через  $0^{\circ}\text{C}$  и  $10^{\circ}\text{C}$  были построены матрицы сопряженности многофазовых прогнозов. Наибольшую оправдываемость имеет прогноз даты перехода средней суточной температуры через  $0^{\circ}\text{C}$  – 76%. Также этот имеет и наибольший показатель  $\rho$ , который составляет 0,54. Это объясняется хорошим разделением между типами весен.
7. Составление прогнозов по группе признаков надежнее, чем по одному (аналогично мультимодельным прогнозам).