

0721769-1

На правах рукописи

Морозова Светлана Владимировна

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЛН ТЕПЛА И ХОЛОДА
ДЛЯ ДОЛГОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА
РЕЗКИХ ИЗМЕНЕНИЙ
ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ТЕЧЕНИЕ МЕСЯЦА**

Специальность 25.00.30 - метеорология,
климатология, агрометеорология

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата географических наук

Саратов – 2001

Работа выполнена в Саратовском государственном университете
им. Н. Г. Чернышевского

Научный руководитель: доктор физико-математических
наук В. Ф. Мартазинова

Официальные оппоненты: доктор географических наук
профессор К. В. Кондратович
кандидат географических наук
доцент М. А. Верещагин

Ведущая организация: Гидрометцентр Российской
Федерации

Защита диссертации состоится 17 мая 2001 года в 15 ч на за-
седании диссертационного Совета К 212.081.02 в Казанском госу-
дарственном университете по адресу: 420008, г. Казань, ул. Крем-
левская, 18, корп. 2, факультет географии и геоэкологии

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Казанского
университета. Отзывы и замечания, заверенные печатью, направлять
по указанному адресу в двух экземплярах.

Автореферат разослан 12 апреля 2001 года

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА
КФУ



Ученый секретарь диссертационного Совета
кандидат географических наук
доцент

Хабутдинов Ю. Г.



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Проблема долгосрочного прогнозирования погоды - одна из самых актуальных и вместе с тем сложнейших проблем естествознания. Несмотря на значительное расширение представлений о физических процессах, происходящих на Земле и в околоземном пространстве, увеличение количества и улучшение качества метеорологической информации, оправдываемость долгосрочных прогнозов погоды пока еще не удовлетворяет постоянно растущим требованиям народного хозяйства. В наибольшей мере это относится к прогнозам экстремумов метеорологических величин, информативная ценность которых наиболее высока, а оправдываемость значительно ниже оправдываемости прогнозов среднемесячных и среднесезонных аномалий. В Саратовской области интенсивно развито сельское хозяйство, причем область находится в зоне рискованного земледелия. Экономическая эффективность хозяйствования в значительной степени зависит от складывающихся погодных условий. Поэтому народное хозяйство области заинтересовано в информации о развитии характера погоды в будущем, особенно в долгосрочном прогнозе хода температуры в течение месяца. Такие прогнозы могут обеспечить наибольшую эффективность хозяйственных мер по снижению ущерба от неблагоприятных погодных условий и наибольшую прибыль при благоприятных. Поэтому задача разработки новых, более эффективных методов прогноза резких колебаний температуры воздуха в течение месяца еще долгое время будет оставаться актуальной и необходимой.

Цель настоящей работы - исследование атмосферных волн тепла и холода различной интенсивности в приземном слое воздуха для разработки физико-статистического метода долгосрочного прогноза резких потеплений и похолоданий в течение месяца применительно к условиям Саратовской области.

Для достижения данной цели поставлены и решены следующие основные научные и практические задачи:

- проведены обобщение и систематизация результатов предшествующих исследований резких потеплений и похолоданий в течение месяца;
- получены статистические характеристики атмосферных волн тепла и холода в приземном слое воздуха, а именно повторяемость, интенсив-

ность, последовательность прохождения их по территории области во все месяцы и сезоны;

- изучены климатические закономерности осуществления волн тепла и холода в Саратовской области;

- создан архив средних суточных температур воздуха в Саратовской области и ежедневных полей давления воздуха на уровне моря в атлантико-евразийском секторе полушария;

- объективно определены наиболее типичные барические поля, при которых осуществляются резкие изменения температуры воздуха, принятые за эталон;

- на основе нового подхода к принципу аналогичности атмосферных процессов, допускающего возможное географическое несовпадение полей при наилучшем их сходстве в распределении знака барического поля, найдены информативные предикторы для прогноза резких колебаний температуры воздуха внутри месяца для территории Саратовской области;

- разработана расчетная схема прогноза резких изменений температуры воздуха в течение месяца.

Объект и методы исследования. Объектом исследования являются приземные волны тепла и холода в регионе, которые определяют характер температурного режима в течение месяца, и поля приземного давления в атлантико-евразийском секторе полушария, приводящие к их осуществлению. В качестве исходных материалов использовались данные метеорологических наблюдений в системе Российского Гидрометцентра за период с 1971 по 1995 г.г. и ежедневные карты погоды. Цель и основные задачи исследования определили необходимость комплексного использования синоптических и статистических методов. Теоретические и методологические подходы их применения содержатся в работах Б.П. Мультановского, С.Т. Пагавы, Г.Я. Вангенгейма, Ю.Б. Храброва, Н.И. Зверева, Г.Н. Чичасова, В.Ф. Мартазиновой.

Научная новизна. Автором впервые:

- получены количественные характеристики атмосферных волн тепла и холода в приземном слое воздуха на территории Саратовской области и изучены климатические закономерности их осуществления;

- выявлены наиболее типичные барические поля их осуществления, названные эталонными и исследованы их сезонные особенности;

- на принципиально новой основе определены аналоги эталонным полям давления воздуха интенсивных волн тепла и холода;

НАУЧНАЯ БИБЛИОТЕКА
им. Н. И. ЛОБАЧЕВСКОГО
КАЗАНСКОГО ГОС. УНИВЕРСИТЕТА

- предложена схема долгосрочного прогноза резких изменений температуры воздуха внутри месяца для территории Саратовской области.

Практическая значимость работы. Результаты исследования позволяют составлять прогнозы резких колебаний температуры воздуха с заблаговременностью один месяц для территории Саратовской области и для сопредельных регионов. Такая заблаговременность является достаточной для проведения конкретных мероприятий в связи с ожидаемыми резкими колебаниями температуры воздуха. Предлагаемый физико-статистический метод прогноза может дополнять и уточнять содержание месячных прогнозов погоды Российского Гидрометцентра. Климатические закономерности осуществления волн тепла и холода и их статистические характеристики имеют самостоятельное значение и могут быть использованы при исследованиях климата Нижнего Поволжья.

Предмет защиты. В диссертации на защиту выносятся следующие научные результаты:

- выявленные закономерности осуществления атмосферных волн тепла и холода различной интенсивности на территории Саратовской области, их количественные характеристики и сезонные особенности;

- эталонные барические поля интенсивных волн тепла и холода в Саратовской области;

- схема детализированного прогноза аномалий средней суточной температуры воздуха в Саратовской области.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на Международной конференции, посвященной 200-летию со дня рождения И.М.Симонова (г.Казань, 1994 г.), на Всероссийской научной конференции "Современная география и окружающая среда" (г.Казань, 1996 г.), на научных семинарах лаборатории долгосрочных прогнозов погоды и климатических исследований Украинского регионального гидрометеорологического института (Киев, 1993 г., 1995 г., 2000 г.), в лаборатории агрометеорологии НПО "Элита Поволжья", на итоговых научных конференциях географического факультета Саратовского университета (1993, 1995, 1996 г.), на заседаниях кафедры метеорологии и климатологии Саратовского университета.

Публикации. Основные результаты исследований опубликованы в 6 научных работах. Из них статей - 3, тезисов докладов - 3.

Объем и структура диссертации. Общий объем работы составляет 133 страницы машинописного текста, в том числе: таблиц - 12 с., рисунков -

31 с. Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, содержащего 133 источника российских и зарубежных авторов, имеет приложение на 30 с.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы основные цели и задачи диссертационной работы, оценена научная новизна исследований и их практическая значимость. Кратко описано современное состояние долгосрочного прогнозирования погоды.

В первой главе приводится характеристика физико-географических и климатических условий Саратовской области на основе работ Е. В. Ишерской, Н. В. Бовы, А. Е. Маттисена, Э. Ф. Скоробогатовой, С. Н. Лапиной, С. И. Пряхиной и др. Циркуляционные особенности территории рассматриваются на основе исследований В. Л. Архангельского, Е. А. Полянской. Подчеркивается, что Саратовская область в силу своего физико-географического положения является регионом, достаточно сложным для прогнозирования погодных условий. Определяющей особенностью атмосферной циркуляции является климатическая устойчивость деформационного поля над регионом. Область вытянута по долготе, ее расположение совпадает с "главной осью материка" А. И. Воейкова, то есть с объективно выделенной климатической границей, отделяющей климаты с недостаточным увлажнением от климатов достаточно увлажненных. Севернее этой границы преобладают циклонические процессы, южнее - антициклонические, поэтому в этой зоне наблюдается быстрая и частая смена синоптических процессов от циклонических к антициклоническим и наоборот. Все это создает дополнительные трудности при прогнозировании погоды.

Во второй главе представлен обзор работ, посвященных исследованию резких потеплений и похолоданий в течение месяца. Резкие колебания температуры воздуха в течение месяца представляются, как правило, волнами тепла и холода. Впервые термин "волна холода" был введен в конце XIX века Б. И. Срезневским. Для описания волны тепла (холода) большинство исследователей пользовались сходными критериями - различными значениями изменений средней суточной температуры воздуха, что является довольно удобным, наглядным и простым способом представления резких изменений температуры воздуха внутри месяца.

В настоящей работе исследованы волны различной интенсивности, и особое внимание уделено изучению интенсивных волн, при которых наблю-

даются наиболее резкие перепады средней суточной температуры воздуха. Всего за исследуемый период (1971 - 1990 г.г.) было рассмотрено 2239 случаев волн тепла и волн холода по двум пунктам области. Волной тепла (холода) считалось повышение (понижение) средней суточной температуры воздуха на 3°C и более продолжительностью не менее двух дней. Случаи, когда потепления (похолодания) прерывались одним днем похолодания (потепления) или изотермии считались одной волной тепла (холода). Под интенсивной волной тепла (холода) понималось изменение средней суточной температуры воздуха на 10°C и более продолжавшееся не менее двух дней.

Также в данной главе рассматриваются возможности прогноза волн тепла и холода. Показано, что существует несколько направлений, по которым разрабатываются способы прогноза резких изменений температуры воздуха в течение месяца. Исследуются климатические и синоптические закономерности осуществления волн тепла и холода, вычисляются их статистические характеристики, используется ритмическая деятельность атмосферы. Однако оправдываемость прогнозов резких изменений температуры воздуха в течение месяца является еще неудовлетворительной, поэтому необходимо работать над повышением оправдываемости прогноза резких изменений температуры воздуха внутри месяца, изыскивая все новые способы решения этой сложной проблемы.

Далее подробно рассматриваются структура и динамика атмосферных волн тепла и холода в Саратовской области. Показано, что по сезонам волны тепла и холода распределяются крайне неравномерно. Наибольшее число и теплых, и холодных волн приходится на зиму, наименьшее - на весну. Летом число теплых и холодных волн приблизительно одинаково. Весной волны тепла преобладают над волнами холода, осенью - волны холода над волнами тепла (табл. 1). В среднем в каждом месяце наблюдается по две волны холода и две волны тепла. Минимальное количество теплых волн приходится на сентябрь, максимальное - на февраль. Меньше всего холодных волн в апреле, наибольшее число их приходится на январь.

Одной из важных характеристик волн является их интенсивность. Зимой наибольшую повторяемость имеют волны, при которых перепад температур составляет $>7^{\circ}\text{C}$, причем это характерно и для теплых, и для холодных волн. Почти половина всех теплых волн в это время года приходится на интенсивные (53 %). Для волн холода повторяемость интенсивных волн в декабре составляет 86 %, в январе и феврале - 68 %.

В весенний сезон волн тепла слабой интенсивности наблюдается

Таблица 1

Повторяемость волн тепла и холода по сезонам (ч. сл.)
(1971 - 1990 г. г.)

Метео- станция	Повторяемость (ч. сл.)									
	зима		весна		лето		осень		год	
	общ.	ср.	общ.	ср.	общ.	ср.	общ.	ср.	общ.	ср.
	Волны тепла									
Саратов	191	9.6	141	7.1	158	7.9	107	5.4	597	29.9
Ершов	193	9.7	142	7.1	159	8.0	107	5.4	601	30.1
	Волны холода									
Саратов	170	8.5	79	4.0	161	8.1	137	6.9	547	27.4
Ершов	169	8.5	77	3.9	160	8.0	138	6.9	544	27.2

очень мало, в то же время повторяемость слабых холодных волн становится значительной. Весной наиболее часто наблюдаются волны интенсивностью $5^{\circ} \dots 9^{\circ} \text{C}$, что характерно и для теплых, и для холодных волн. Интенсивные волны тепла весной составляют почти 60 % от их общего количества. Повторяемость интенсивных волн холода составляет только 25 %, что оказывается значительно ниже, чем зимой.

Летом четко прослеживается следующая закономерность - чем интенсивнее волны, тем меньше их повторяемость, что в равной степени относится и к теплым, и к холодным волнам и максимум повторяемости волн смещается в сторону меньшей их интенсивности. Так, наибольшая повторяемость волн тепла в июне и июле отмечается в интервале температур $7^{\circ} \dots 9^{\circ} \text{C}$, в августе - $3^{\circ} \dots 5^{\circ} \text{C}$. Наиболее часты летом волны холода интенсивностью $5^{\circ} \dots 7^{\circ} \text{C}$ (июнь) и $3^{\circ} \dots 5^{\circ} \text{C}$ (июль, август). Число интенсивных волн тепла от их общего количества в течение лета уменьшается и составляет в июне 42 %, в июле 30 % и в августе - 29 %. Интенсивных волн холода от всего их количества во все летние месяцы примерно одинаково: в июне 35 %, в июле 30 %, в августе 36 %.

Осенью возрастает активность холодных волн, максимальная их повторяемость приходится на интервал температур $5^{\circ} \dots 9^{\circ} \text{C}$, и снижается интенсивность теплых волн. Максимум повторяемости волн тепла отмечает-

ся в интервале температур 3° ... 7° С. Число интенсивных волн тепла от общего количества всех теплых волн в осенние месяцы составляет в сентябре 26 %, в октябре 18 %, в ноябре их число возрастает до 42 %. Количество интенсивных волн холода во все осенние месяцы составляет примерно половину от общего числа холодных волн: в сентябре 52 %, в октябре 40 %, в ноябре 42 %.

Далее рассматриваются климатические закономерности осуществления волн тепла и холода, а именно проводится попытка выделить в каждом месяце те временные отрезки, в которых наибольшую повторяемость имеют либо теплые, либо холодные волны. Для этого проведено сравнение кривых хода средней суточной температуры воздуха за многолетний период (1938 - 1990 г.г.) с кривыми хода многолетней средней суточной температуры воздуха за этот же период, сглаженного методом гистограмм. Анализ материала показал, что во все месяцы ход многолетней средней суточной температуры не совпадает со сглаженным. На всех графиках отчетливо выделяются периоды повышений и понижений температуры, которые группируются в определенных временных отрезках. Очевидно, что в данные периоды чаще наблюдаются волны тепла или волны холода. Целесообразность учета выделенных климатических периодов в долгосрочном прогнозе потеплений и похолоданий в течение месяца проверена на материале 1971 - 1990 г.г. Для этого на эти же графики нанесен ход ежедневной среднесуточной температуры воздуха, осредненный за 20-летний период (1971 - 1990 г.г.). Оказалось, что для всех месяцев временные отрезки повышений и понижений температуры, выделенных по 20-летнему ряду, не совпадают с климатическими периодами преобладания теплых и холодных волн. Кроме того, для последнего 20-летнего периода для месяцев с ноября по апрель характерны более высокие среднесуточные температуры по отношению к климатической норме. Это является отражением факта потепления зим в последние годы, что согласуется с исследованиями Л. В. Клименко, Г. Н. Чичасова. Значительное повышение средних суточных температур в апреле указывает на более частое формирование засушливых условий в этом месяце.

Проведенное исследование показало, что использование климатических данных при составлении прогноза колебаний температуры воздуха внутри месяца представляется нецелесообразным. Каждый год индивидуален, и подходить к составлению прогноза, основываясь только на климатических данных, следует с большой осторожностью.

В третьей главе описана методика выделения эталонных гидрометеорологических полей давления интенсивных волн тепла и холода и показаны их сезонные особенности в Саратовской области.

В диссертационной работе вместо среднего поля при математическом описании совокупности гидрометеорологических полей используется "эталонное" поле. Эталонное поле выбирается с помощью известной из математической статистики формулы эвклидова расстояния, характеризующей степень сходства между объектами :

$$d(A, B) = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{l=1}^z (a(l) - b(l))^2} \quad (1)$$

где d - расстояние между гидрометеорологическими полями;

$a(l)$ и $b(l)$ - значения метеовеличин в l -м узле регулярной сетки сравниваемых полей.

Принятая мера сходства характеризует наикратчайшее расстояние между гидрометеорологическими полями. За эталон принимается то поле, расстояние от которого до всех остальных полей наименьшее. Таким образом, эталон - одно из фактических полей выборки, которое ближе по расстоянию ко всем остальным полям, и, следовательно, наиболее информативно описывает все поля, входящие в нее.

Для определения эталонных полей использовались ежедневные данные о давлении воздуха на уровне моря с 1986 по 1991 г.г. на территории, ограниченной параллелями 70° и 40° с.ш. и меридианами 30° з.д. и 70° в.д., снятые в узлах регулярной сетки с шагом по широте и долготе 5° .

Из архива полей давления выделялись дни с интенсивными волнами тепла (холода) отдельно для каждого месяца. Для лучшего представления процесса резкого потепления или похолодания при описании волны выбирались по два поля для каждой - за день до наступления экстремума волн и в день экстремума волны. Днем экстремума (пика) волны считался тот, в который наблюдалось наивысшее значение средней суточной температуры воздуха при волне тепла и наиминизшее - при волне холода. Выборка полей давления соответственно для волн тепла и волн холода отдельно для каждого месяца представлялась в следующем виде:

$$X = \{X(z)\} = (X(1), X(2), \dots, X(k)), \quad 1 < z < k,$$

где k - число выбранных полей, равное удвоенному количеству волн.

$X(k)$ - конкретное поле из архива, представленное в виде матрицы

$$X(k) = \begin{vmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1n} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ X_{m1} & X_{m2} & \dots & X_{mn} \end{vmatrix},$$

где x_{mn} - значение давления в узле регулярной сетки,

m - число параллелей,

n - число меридианов,

$$m = \overline{1,7}; \quad n = \overline{1,21}.$$

Для определения эталонных полей применен подход, основанный на статистической оценке минимальных расстояний между барическими полями по формуле

$$C(i,p) = \frac{1}{q} \sqrt{\sum_{j=1}^k (x(i,j) - x(p,j))^2}, \quad i,p=1,k, \quad (2)$$

$q=147.$

где $C(i,p)$ - параметр близости (удаленности) между 1-ым и p -ым барическими полями;

$x(i,j), x(p,j)$ - давление в j -ой точке i -го и p -го полей;

k - число выбранных полей.

q - число узлов регулярной сетки

По формуле

$$S(i) = \frac{1}{k} \sum_{p=1}^k C(i,p) \quad (3)$$

определялось подобие 1-го поля со всеми остальными. Наименьшее значение $S(i)$ указывает, что i -е поле наиболее информативно описывает все p -поля, и поэтому его можно считать эталоном для этих полей. Параметры $C(i,p)$ и $S(i)$ позволяют объективно определять эталонные поля давления - наиболее типичные поля при осуществлении потеплений или похолоданий в каждом месяце.

Правильность объективного выделения эталонных полей подтверждена синоптическим анализом. Для каждого месяца получено конкретное поле, определяющее интенсивное потепление, и конкретное поле, определяющее интенсивное похолодание. Эталонные поля давления интенсивных волн тепла зимних месяцев имеют существенные различия между собой. Если в декабре и январе интенсивные потепления определяются южными частями полярнофронтальных циклонов, то в феврале сильные потепления в Нижнем Поволжье происходят в результате стационарирования теплых фронтов вдоль западной периферии зимнего азиатского антициклона. Эталонные поля давления интенсивных волн холода для месяцев зимнего сезона получились более однотипными. Интенсивные похолодания, чаще всего, вызываются арктическими антициклонами, смещающимися на Нижнее Поволжье, в которых наблюдается сильное радиационное выхолаживание в условиях безоблачной погоды.

В весенний сезон и для волн тепла, и для волн холода выделено два типа эталонных полей. В марте и апреле интенсивные потепления связаны, чаще всего, с поступлением тропического воздуха в теплых секторах полярнофронтальных циклонов. В мае интенсивные волны тепла определяются переходной зоной между юго-восточной периферией полярнофронтальной депрессии и северо-западной частью стационарного антициклона. Для эталонных полей давления интенсивных волн холода один тип представлен арктическими вторжениями в тылу циклонов, с чем связаны резкие похолодания в апреле и мае, а в марте интенсивные волны холода вызваны перемещением на юго-восток ЕТР с севера или северо-востока ядер арктического происхождения, которые, объединяясь с западной периферией зимнего азиатского антициклона, усиливают ее.

Летом интенсивные волны тепла наблюдаются, как правило, в антициклонах субтропического происхождения. Эталонные поля давления интенсивных волн холода летних месяцев имеют некоторые различия. В июне и июле волны холода осуществляются в результате вхождения арктической фронтальной системы в полярнофронтальные циклоны с последующей их регенерацией, в августе - при распространении области высокого давления с северных районов на Нижнее Поволжье.

Осенью сильные потепления происходят при поступлении на территорию Саратовской области тропического воздуха в теплых секторах полярнофронтальных депрессий. Интенсивные похолодания связаны с распростране-

нием на юго-восток ЕТР антициклонов, сформировавшихся в арктической воздушной массе (сентябрь, ноябрь), или с поступлением холодных воздушных масс в тылу циклонов (октябрь).

Таким образом, объективно, с помощью статистического анализа выявлены эталонные поля давления у поверхности земли для интенсивных волн тепла и холода для каждого месяца.

Оправдываемость эталонов барических полей, определенная на зависимом (1986 - 1991 г.г.) и независимом (1992 - 1995 г.г.) материале, представлена в табл. 2.

Как видно из таблицы, во все сезоны волны тепла оправдываются несколько лучше волн холода. Наибольшая повторяемость оправдавшихся случаев по волнам холода и тепла приходится на весну (76 %), несколько меньшая на лето (71 %) и осень (74 %). Оправдываемость атмосферных волн в зимние месяцы получилась ниже, чем во все остальные (60 %). Пониженная оправдываемость эталонных полей давления волн тепла и холода зимой косвенно отражает тот факт, что успешность прогнозов, составленных любым из способов, несколько хуже в холодный период, чем в теплый в связи с большей активностью процессов и изменчивостью общей циркуляции атмосферы.

Таблица 2
Оправдываемость (%) эталонных полей давления по сезонам

Сезон	Оправдываемость эталонов (%)						Общее число случаев	
	зависимый ряд		независ. ряд		средняя			
	волны тепла	волны холода	волны тепла	волны холода	волны тепла	волны холода	волны тепла	волны холода
Зима	69	57	55	59	62	58	91	80
Весна	77	75	77	74	77	75	67	48
Лето	70	70	76	69	73	69	87	85
Осень	78	77	71	70	75	73	104	106
Год	74	70	70	68	72	69	349	319

Таким образом, оправдываемость эталонных полей давления всех месяцев довольно успешная, анализ синоптических ситуаций подтверждает правильность объективного выделения эталонов. Это дает возможность использовать их в составлении расчетных схем при долгосрочном прогнозировании. Но сами эталоны показательны при классификации и диагнозе атмосферных процессов. Для того, чтобы применять эталоны в прогностической практике, необходимо найти для них информативные предикторы.

В четвертой главе описана методика подбора аналогов эталонным полям давления воздуха, дана расчетная схема прогноза резких изменений температуры воздуха в течение месяца, приведены результаты оценки прогнозов на зависимом и независимом материале.

Поиск предикторов эталонным полям давления воздуха осуществлялся на основе метода аналогов.

Традиционный принцип аналогичности заключается в том, что если на некотором участке земной поверхности наблюдается синоптический процесс, идентичный наблюдавшемуся в прошлом на той же территории и примерно в те же календарные сроки, то допускается, что текущий процесс в течение некоторого времени будет развиваться аналогично наблюдаемому в прошлом. Такая трактовка существенно ограничивает подбор аналога, поэтому в данном исследовании расширен традиционный принцип аналогичности атмосферных процессов и использован метод "плавающего аналога", разработанный В.Ф.Мартазиновой. Под методом "плавающего аналога" понимается такой способ определения аналогичности атмосферных процессов на Северном полушарии, когда снимается условие совпадения процессов над одной и той же территорией. Снятие такого ограничения существенно расширило возможности исследования периодичности во времени и в пространстве, что позволило В.Ф.Мартазиновой выявить двухмесячную квазипериодичность атмосферных процессов на всем Северном полушарии. Автор диссертации вопросами выявления и обоснования квазидвухмесячной периодичности не занимался и в разработке прогностической схемы использовал прогностические возможности квазидвухмесячной периодичности атмосферных процессов, выявленные и обоснованные В.Ф.Мартазиновой.

При отыскании аналогов эталонным полям давления интенсивных волн тепла и холода использовались ежедневные приземные поля давления месяцев, отстоящих от исходных на один месяц назад. Исходным считался месяц с эталонным полем. При этом допускалось их географическое несовпа-

дение при наилучшем сходстве в распределении знака барического поля. Аналоги подбирались при смещении полей $\pm 15^\circ$ по меридиану ($\Delta\phi$) и $\pm 60^\circ$ по кругу широты ($\Delta\lambda$). При таком смещении наиболее полно охватывается территория I естественного синоптического района, а также основные центры действия атмосферы – исландский минимум, азорский и полярный максимумы, зимний азиатский антициклон.

Расчеты проводились по программе "ANALOG", в которой заложена логическая операция по выбору аналога полям давления за два месяца от них. Программа подбирает наилучшее сходство в распределении знака барического поля возможных аналоговых и эталонных полей и при этом отмечает географическое положение наилучшего аналога. Степень аналогичности оценивалась с помощью показателя ρ .

$$\rho = \frac{n_+ - n_-}{N}, \quad (4)$$

где n_+ – число узлов, в которых знак отклонения давления сравниваемых полей совпадает;

n_- – число узлов, в которых знак отклонения давления сравниваемых полей противоположен;

N – общее число узлов регулярной сетки.

Приземные барические поля представлялись в виде отклонений значений давления в узлах регулярной сетки от значения давления в точке с координатами 50° с.ш. и 45° в.д., что соответствует координатам Саратова. Учитывался только знак отклонения в узле регулярной сетки.

Временным интервалом для поиска аналогов послужила двухмесячная квазипериодичность атмосферных процессов.

На основе упомянутого подхода к принципу аналогичности для каждого эталонного поля найден аналог, отстоящий приблизительно на два месяца назад от эталона и имеющий в каждом конкретном случае свое пространственно-временное смещение. Временное смещение соответствует приблизительно двум месяцам.

Исследуя аналоговые поля, можно заключить, что аналоги интенсивных волн тепла располагаются южнее текущих синоптических процессов, за исключением января, марта, июля и декабря. В августе наблюдается слабое смещение аналога к северу (5°). В течение года аналоги теплых волн имеют восточное смещение за исключением трех месяцев теплого периода –

мая, июля и августа.

Аналоги интенсивных волн холода на исследуемом ряду лет (1986 - 1991 г.г.) располагаются севернее текущих синоптических процессов за исключением сентября, октября, ноября и декабря. В течение года аналоги холодных волн имеют западное смещение, исключая июнь, июль, сентябрь и октябрь, а в марте смещение аналогов по кругу широты отсутствует.

Смещение аналогов по меридиану (для теплых волн - южное, для холодных - северное) является, очевидно, отражением того факта, что тепло распространяется с юга, а холод - с севера. Смещение аналогов по кругу широты определяется, по-видимому, действием системы океан - суша.

Аналоги, определенные на основе двухмесячной квазипериодичности атмосферных процессов по способу "плавающий аналог" являются предикторами резких изменений температуры воздуха внутри месяца и используются в составлении расчетных схем ДПП.

Ниже приводится расчетная схема составления прогноза резких изменений температуры воздуха в течение месяца, включающая в себя несколько этапов:

1. Создается архив средних суточных температур воздуха для каждого месяца за ограниченный промежуток времени (из опыта прогнозирования оптимальный отрезок времени составляет пять - семь лет). На основании этих данных строятся графики хода средней суточной температуры в течение каждого месяца.

2. По построенным графикам определяются интенсивные волны тепла и холода согласно принятому критерию - перепад средней суточной температуры на 10° С и более, продолжительностью не менее двух дней и отмечаются даты осуществления экстремумов волн.

3. Согласно датам, определенным в предыдущем пункте, создается выборка полей давления из архива, который представлен ежедневными данными о давлении воздуха на уровне моря в узлах регулярной сетки с шагом по широте и долготе 5° . Причем для каждой волны выбирается по два поля давления - в день осуществления экстремума и в день, предшествующий ему.

4. В двух группах барических полей, относящихся к интенсивным волнам тепла и интенсивным волнам холода, отдельно для каждого месяца определяются эталонные поля давления воздуха по формулам (2) и (3). Полученные эталонные поля характеризуют типичные барические поля, свя-

занные с определенным типом волн в каждом месяце. Например, интенсивные потепления в августе связаны с распространением на территории области субтропических антициклонов, а интенсивные похолодания – с перемещением области высокого давления с северных районов.

5. К выявленным эталонным полям давления подбираются аналоги по способу "плавающий аналог" на основе двухмесячной квазипериодичности атмосферных процессов. Согласно этому принципу, аналоговые поля отыскиваются среди ежедневных полей давления, которые отстают на два месяца назад от эталонных. Отбор аналогов производится по программе "ANALOG", оценивающей сходство полей по показателю ρ (формула (4)) и отмечающей географическое положение наилучшего аналога. Определенные таким образом аналоговые поля являются предикторами для полей давления, обуславливающих резкие изменения температуры воздуха в течение месяца. Так же, как и эталонное поле, поле аналога – конкретное гидрометеорологическое поле (в данном случае приземное поле давления), отвечающее за прогностическое осуществление волн тепла (холода) в месяце, отстоящем на один вперед от того, в котором находится аналог.

6. Для составления прогноза на конкретный месяц используются аналоговые поля давления, отвечающие за прогностическое осуществление волн тепла (холода) в нем и ежедневные (текущие) поля давления месяца, отстоящего на один месяц назад от прогнозируемого. С помощью показателя $C(1, p)$ сравниваются аналоговые и текущие поля и определяются даты, в которые значения параметра $C(1, p)$ наименьшие, что указывает на наилучшее сходство аналоговых и текущих полей в эти дни.

7. Согласно определенным в предыдущем пункте дням и используя двухмесячную квазипериодичность атмосферных процессов, определяются даты экстремумов волн тепла (холода) в прогнозируемом месяце.

Таким образом, по описанной схеме составления прогноза возможно прогнозирование резких изменений температуры воздуха с заблаговременностью один месяц.

Ниже (рис.1) приводится алгоритм расчетной схемы составления прогноза для работы в оперативном режиме, которая состоит из трех основных блоков (пункты 6 и 7 схемы).

Алгоритм рабочей схемы составления прогноза

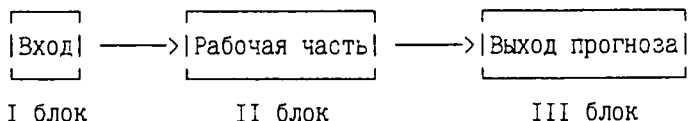


Рис. 1

Для работы в оперативном режиме используется только текущий архив барических полей и аналоги, поэтому важное значение имеет своевременное занесение в архив текущей информации.

I блок - блок ввода исходных данных. Вводятся 30 барических полей из архива прошедшего месяца (например, 1 - 30 июня 1997 г.) и вводятся аналоги эталонных барических полей, определяющих резкие потепления и похолодания во втором месяце вперед от прошедшего (то есть, по прошедшему июню прогнозируется будущий август). В данном случае вводятся аналоги эталонных полей давления интенсивных волн тепла и холода августа.

II блок - рабочий. В этом блоке производится расчет параметра $C(1, p)$ и отбор полей по минимальным значениям этого параметра.

III блок - составление прогноза - присвоение осуществления волн тепла (холода) дню прогнозируемого месяца из условий двухмесячной квазипериодичности. Например, если наименьшие значения параметра $C(1, p)$ в случае волн тепла приходится на 1-3 июня, то

$$1-3 \text{ июня} + 60 \text{ дней} = 1-3 \text{ августа,}$$

следовательно, 1-3 августа ожидается резкое потепление. Аналогично определяются дни с резким похолоданием. Поскольку в первых числах июля (1-2) имеем прогноз на 1-31 августа, то заблаговременность оказывается равной одному месяцу. Таким образом, имеем прогноз резких колебаний средней суточной температуры воздуха с месячной заблаговременностью.

По описанной схеме составления прогноза возможно прогнозирование резких изменений температуры воздуха с заблаговременностью один месяц.

Успешность предложенного способа прогноза резких изменений температуры воздуха в течение месяца определялась путем расчета оправданности прогнозов по показателю Q (из-за специфики объекта прогнозирования и большой заблаговременности не представляется возможным использовать различные критерии оправданности) на зависимом (1986 - 1991 г.г.) и независимом (1992 - 1995 г.г.) материале. При проверке волна

тепла (холода) считалась оправдавшейся, если наблюдалось повышение (понижение) средней суточной температуры воздуха не менее чем на 5° С и время осуществления экстремума волны либо совпадало с днем прогноза, либо сдвиг не превышал ±2 дня. Оправдавшимся считался прогноз, когда волна тепла (холода) осуществилась с допустимыми погрешностями. К неоправдавшимся прогнозам отнесены случаи, при которых либо прогнозируемая волна не осуществилась, либо не была спрогнозирована фактическая волна тепла (холода). В табл.3 приведена оправдываемость прогнозов волн тепла и холода по сезонам по показателю Q (общий процент оправдываемости). По сезонам предсказуемость волн примерно одинаковая, т.е. является довольно устойчивой (от 73 % до 67 % для теплых, от 71 % до 62 % для холодных волн). Следует отметить, что во все сезоны, кроме летнего, потепления оправдываются несколько лучше похолоданий.

Таблица 3

Оправдываемость (%) прогнозов волн тепла и холода по сезонам

Сезон	Оправдываемость (%)						Общее	
	волны тепла			волны холода			число	
	завис. ряд	независ. ряд	ср.	завис. ряд	независ. ряд	ср.	волны тепла	волны холод
Зима	74	72	73	67	61	64	98	93
Весна	71	64	67	62	61	62	74	68
Лето	66	71	69	77	65	71	96	102
Осень	72	67	70	75	63	69	108	100
Год	71	69	70	70	64	67	376	363

Оправдываемость метода составляет 69 % ($\rho=0.37$), что является довольно успешным, учитывая очень жесткий критерий оправдываемости волн.

К сожалению, из-за специфики объекта прогнозирования (волны тепла и холода, привязанные к дням осуществления их экстремумов) нельзя провести сравнение данного методического прогноза с климатическим из-за невозможности составления полных матриц сопряженности.

Что касается сравнения данного методического прогноза с инерцион-

ным, необходимо отметить следующее. Инерционные прогнозы на короткие и средние сроки (несколько дней) не лишены смысла и при устойчивой маломеняющейся макросиноптической ситуации могут иметь довольно высокую оправдаваемость. Инерционные прогнозы с большой заблаговременностью, как правило, имеют низкий уровень оправдаваемости и сравнение с ними методических прогнозов не проводится.

Изложенное показывает, что разработанный метод прогноза резких колебаний среднесуточной температуры воздуха позволяет составить их прогноз с месячной заблаговременностью, что может служить уточнением прогноза аномалий температуры воздуха Российского Гидрометцентра на конкретный месяц. Полученные результаты также позволяют считать полезным применение в оперативной практике предлагаемого способа прогноза изменений температуры воздуха внутри месяца.

В результате проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. На территории Саратовской области часты резкие потепления и похолодания, при которых среднесуточная температура воздуха может изменяться на 5° ... 10° С. В среднем в каждом месяце наблюдаются по два резких повышения и понижения температуры.

2. В годовом ходе волны тепла и холода распределяются крайне неравномерно. Максимальное число и теплых, и холодных волн отмечается зимой. Наименьшее число волн тепла приходится на осень, волн холода – на весну. Меньше всего холодных волн в апреле, теплых – в сентябре. Максимальное количество волн тепла приходится на февраль, холодных – на январь.

3. Потепления и похолодания распространяются по области за сутки. В Правобережье (Саратов) и Левобережье (Ершов) максимумы волн наблюдаются одновременно.

4. Изучена повторяемость волн различной интенсивности. Самые интенсивные волны наблюдаются зимой, наименее интенсивные ($\Delta t < 5^{\circ}$ С) – летом. Весной наибольшую интенсивность имеют волны тепла, осенью – волны холода.

5. Исследованы климатические закономерности осуществления волн. В каждом месяце выявлены временные отрезки, в которых преобладают либо волны тепла, либо волны холода. Но применять выявленную закономерность в долгосрочных прогнозах погоды следует с большой осторожностью.

6. Объективно определены эталонные поля давления интенсивных волн

тепла и холода. Правильность объективного способа распознавания эталонных полей подтверждается синоптическим анализом. Интенсивные потепления почти во все месяцы определяются теплыми секторами обширных полярнофронтальных депрессий. В мае сильные потепления определяются переходной зоной между юго-восточной периферией полярнофронтального циклона и северо-западной частью стационарного антициклона, в августе - антициклонами субтропического происхождения. Интенсивные похолодания определяются арктическими вторжениями в тылу циклонов, или же распространением уже оформившихся арктических антициклонов. Для определения эталонных полей использовались короткие ряды зависимого материала, что позволяет уловить флуктуации общей циркуляции атмосферы и оперативнее подходить к составлению долгосрочных прогнозов погоды.

7. На основе нового подхода к принципу аналогичности атмосферных процессов определены аналоги эталонным полям давления воздуха интенсивных волн тепла и холода. Аналоги теплых волн имеют южное смещение, аналоги холодных волн - северное.

8. С использованием аналоговых полей разработан способ прогноза резких изменений температуры воздуха в Саратовской области. Способ позволяет прогнозировать резкие колебания среднесуточной температуры с заблаговременностью один месяц.

9. Проверка успешности прогнозов на зависимом и независимом материале показала, что они имеют оправдываемость, вполне приемлемую для практического использования (по $Q=69\%$, по $\rho=0,37$). Поэтому можно считать полезным применение предлагаемой методики прогноза резких изменений температуры воздуха в течение месяца для уточнения официального месячного прогноза.

10. Созданная информационная база данных и программное обеспечение могут применяться при решении проблемы долгосрочного прогнозирования погоды в сопредельных регионах страны.

В заключение отметим, что для повышения оправдываемости прогнозов резких изменений среднесуточной температуры воздуха в каждом месяце можно определить несколько типов эталонных полей и для случаев потеплений и для случаев похолоданий, которые будут иметь разную вероятность осуществления и использовать для этого несколько критериев $(C(1, p), \rho)$. Пробные расчеты с использованием двух критериев и с определением нескольких типов эталонных полей показали, что это позволяет улучшить оправдываемость, но полученные результаты являются предвари-

тельными и на защиту не выносятся, так как требуют дополнительных исследований.

Основное содержание диссертации изложено в работах:

1. Полянская Е. А., Морозова С. В. Характеристика барического поля на АТ-500 в первом естественном синоптическом районе в 1971-1989 г. г. // География в ВУЗах России. С. -Пб. 1994. С. 86-88.

2. Морозова С. В. Исследование характера изменения барического поля в последнее 20-летие // Тезисы доклада на Международной конференции, посвященной 200-летию со дня рождения И. М. Симонова. Казань. 1994. С. 105-106.

3. Морозова С. В. Волны тепла и холода над Нижним Поволжьем. Деп. в ВИНТИ 20.02.96. №185-В95.

4. Морозова С. В., Пужлякова Г. А. Эталонные поля давления интенсивных волн тепла и холода в Саратовской области весной // Тезисы доклада на Всероссийской научной конференции "Современная география и окружающая среда". Казань. 1996. С. 88-89.

5. Морозова С. В. Использование аналоговых полей давления при прогнозе колебаний температуры воздуха внутри месяца // Тезисы доклада на Всероссийской научной конференции "Современная география и окружающая среда". Казань. 1996. С. 89-90.

6. Морозова С. В. Эталонные поля давления интенсивных волн тепла и холода летом и зимой в Саратовской области // Анализ и прогноз гидрометеорологических элементов. Вопросы охраны атмосферы. Пермь. 1997. С. 25-30.

Морозова Светлана Владимировна

Исследование волн тепла и холода
для долгосрочного прогноза резких изменений
температуры воздуха в течение месяца

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

Ответственный за выпуск:
доцент кафедры метеорологии и климатологии
кандидат географических наук Пужлякова Г. А.

Заказ N 207

Подписано к печати 5 октября 2001 г.

Тираж 100 экз.

Объем 1,3 п. л.

Издательство ГосУНЦ "Колледж"
410026, Саратов, Астраханская, 83

