

---

---

ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ  
И ДИНАМИКА ГЕОСИСТЕМ

---

---

УДК 551.582+589.1

КЛИМАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕЖИМОВ  
УСТОЙЧИВОГО ПЕРЕХОДА ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ  
ОПРЕДЕЛЕННЫЕ ПРЕДЕЛЫ НА ЮГЕ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ\*

© 2015 г. Н.К. Барашкова, И.В. Кужевская, О.В. Носырева

Томский государственный университет, г. Томск  
E-mail: meteo@ggf.tst.ru; ivk@ggf.tsu.ru; ov\_nosyreva@mail.ru

Поступила в редакцию 14.03.2014 г.

В статье представлены методические приёмы и результаты оценки характеристик режимов устойчивых переходов среднесуточной температуры воздуха через 0, 5, 10, 15 °С на юге Западной Сибири. Показаны связи этих характеристик с макроциркуляционными условиями и с урожайностью зерновых культур.

**Ключевые слова:** агроклиматические показатели, циркуляционные процессы атмосферы, юг Западной Сибири, вегетационный период, среднесуточная температура, устойчивый переход температуры, классификация режимов перехода, многолетняя динамика показателей, урожайность.

**Введение.** Мониторинг термического режима атмосферы в условиях меняющегося климата постоянно находится в поле зрения отечественных и зарубежных климатологов [1, 3, 6 и др.]. Значительная часть территории России располагается в области максимального потепления – как наблюдаемого, так и прогнозируемого. Как правило, рассматриваются изменения температуры воздуха, осредненной за год или за длительные отрезки годового цикла (полугодие, сезон, месяц) в целом для Северного полушария или для крупных географических областей и экономических районов. Для территории Западной Сибири до настоящего времени детально не рассматривались изменения сроков устойчивого перехода среднесуточной температуры через заданные пределы – такие, как 0, 5, 10, 15 °С, а также длительность переходов (время от первого появления соответствующего значения температуры до даты ее устойчивого установления) и продолжительность периодов с указанными температурами. Среднесуточные температуры выше 0 °С являются границами теплового периода. В него входят подпериоды: веге-

тационный (среднесуточные температуры выше 5 °С), активной вегетации (выше 10 °С) и “жаркий” (выше 15 °С). Оценка указанных характеристик особенно актуальна для Западной Сибири, которая отличается развитыми топливно-энергетическим и аграрным секторами.

Целью данной работы является исследование дат устойчивого перехода температуры воздуха через 0, 5, 10, 15 °С и длительности периодов их установления, продолжительности периодов со среднесуточной температурой воздуха выше указанных значений. Это потребовало анализа сопутствующих циркуляционных процессов.

**Материалы и методика исследования.** Исходными данными послужили значения среднесуточной температуры воздуха и суточных сумм осадков на 4-х гидрометеорологических станциях Томской области и Алтайского края за период с 1935 по 2005 гг. [www.meteo.ru]. Циркуляционные условия переходных сезонов оценивались с привлечением характеристик Планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ), элементарных циркуляционных механизмов (ЭЦМ) по типизации Б.Л. Дзердзеевского.

Высотной фронтальной зоной (ВФЗ) называется переходная область между высотным теплым антициклоном (гребнем) и высотным холодным

---

\* Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России (№ 5.628.2014/К). This work was performed by order of the Ministry for education and science of the Russian Federation No. 5.628.2014/К.

**Таблица 1.** Среднегодовое значения дат перехода среднесуточной температуры воздуха через 0 °С и продолжительности теплого периода года

Станция		Характеристики		
		Дата перехода весной	Дата перехода осенью	Продолжительность периода, дни
Томск	$\bar{X}_{\min}$	30 марта	9 октября	177
	$\bar{X}$	12 апреля	20 октября	192
	$\bar{X}_{\max}$	26 апреля	31 октября	208
Колпашево	$\bar{X}_{\max}$	5 апреля	6 октября	165
	$\bar{X}$	18 апреля	17 октября	183
	$\bar{X}_{\max}$	4 мая	27 октября	200
Рубцовск	$\bar{X}_{\min}$	24 марта	21 октября	199
	$\bar{X}$	3 апреля	31 октября	212
	$\bar{X}_{\max}$	14 апреля	9 ноября	226
Барнаул	$\bar{X}_{\min}$	24 марта	18 октября	192
	$\bar{X}$	5 апреля	28 октября	207
	$\bar{X}_{\max}$	14 апреля	5 ноября	224

циклоном (ложбиной) в свободной атмосфере. Для ВФЗ характерны повышенные значения горизонтальных градиентов температуры и давления, поэтому на картах абсолютной и относительной топографии ВФЗ представляет собой область сгущения изогипс. В пределах некоторого широтного пояса возможно возникновение нескольких областей сходимости, которые могут слиться в единую ВФЗ, опоясывающую все полушарие или большую его часть. Такую систему ВФЗ принято называть Планетарной высотной фронтальной зоной [9, 13, 16].

Элементарные циркуляционные механизмы классифицируются по следующим признакам: зональность или меридиональность циркуляции; направленность и интенсивность арктических вторжений; взаимосвязь и взаимодействие их с процессами в южных широтах [10].

Данные об урожайности зерновых культур в рассматриваемых административных районах за период с 1970 по 2005 гг. заимствованы из статистических сборников Федеральной службы государственной статистики [<http://www.gks.ru>].

**Результаты климатического анализа режимов устойчивого перехода.** Для исследования температурного режима атмосферы рассчиты-

вались даты устойчивого перехода среднесуточной температуры через 0, 5, 10, 15 °С –  $D_0$ ,  $D_5$ ,  $D_{10}$ ,  $D_{15}$ , соответственно. Отметим, что важным критическим элементом проведения климатологических исследований подобного рода является выбор метода определения даты устойчивого перехода температуры через заданное пороговое значение. Наибольшее распространение получил метод Д.А. Педя, в котором даты устойчивого перехода определяются с помощью графиков хода среднесуточной температуры воздуха [15]. На его основе нами был создан и реализован алгоритм автоматического определения дат, приспособленный к данным сайта [www.meteo.ru](http://www.meteo.ru), и установлены даты устойчивого перехода температуры через 0, 5, 10, 15 °С весной и осенью для гидрометеорологических станций Томск, Колпашево, Рубцовск, Барнаул [2]. После определения дат рассчитывалась продолжительность периодов со среднесуточной температурой воздуха выше указанных значений.

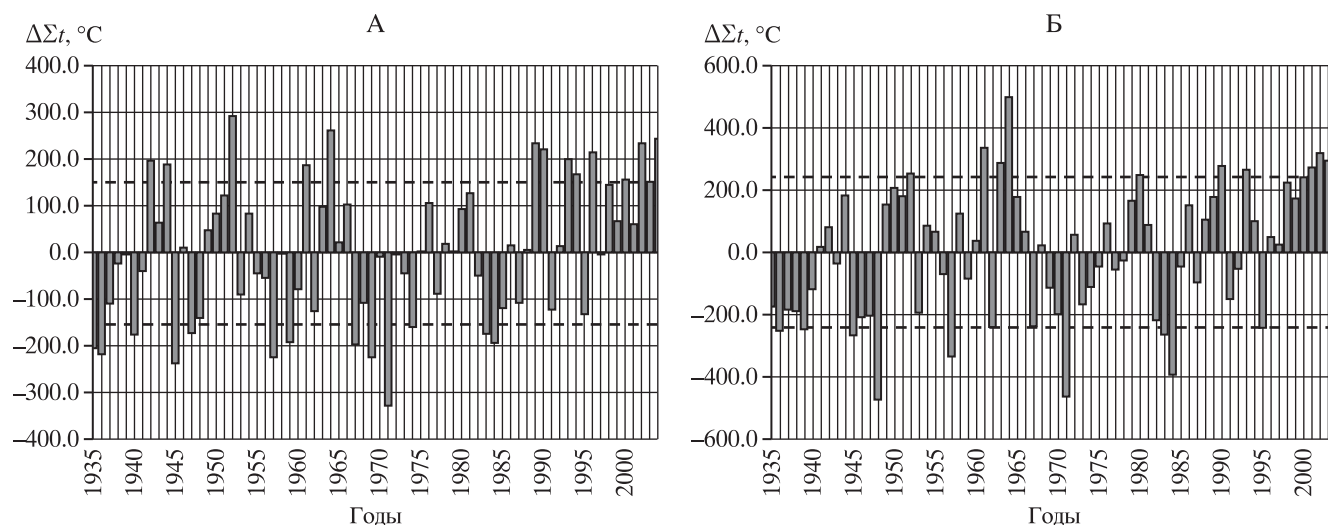
Были рассчитаны среднегодовые значения за исследуемый ряд лет значения характеристик теплого периода года. Привлекались даты наиболее раннего ( $\bar{X}_{\min}$ ), наиболее позднего ( $\bar{X}_{\max}$ ) и среднегодовых дат перехода ( $\bar{X}$ ) (табл. 1).

В агрометеорологии, кроме дат перехода и продолжительности периода с определенной температурой, привлекаются данные о суммах ( $\Sigma$ ) среднесуточных температур и осадков за период. Динамика отклонений ( $\Delta$ ) сумм среднесуточных температур от их средних многолетних значений ( $\Delta\Sigma t$ ) представлена на рис. 1.

В знаке отклонений (положительный или отрицательный) продолжительности периодов, сумм температур и осадков теплого периода от их средних наблюдается определенная периодичность (4–6 лет). В целом, значения анализируемых величин находятся в пределах нормы ( $\bar{X} \pm \sigma$ , где  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение), однако в отдельные годы наблюдаются значительные отклонения от нее (например, 1952, 1975 гг. на рис. 1а; 1948, 1964 гг. на рис. 1б). Для периода перехода температуры через 0 °С отклонения составляют: для сумм температур – до 171–202%, для сумм осадков – до 217–238% и для продолжительности периода – до 214–250%.

Для периода с температурой выше 5 °С наблюдается большая изменчивость величин, чем для теплого периода (для сумм температур – до 189–223%, сумм осадков – до 225–276%).

Изменчивость рассматриваемых величин в период с температурой выше 10 °С меньше, чем в вегетационный период (для сумм температур –



**Рис. 1.** Отклонение сумм температур от среднего за а) теплый период, б) период выше 10 °С в Томске (пунктирными линиями показано положение ±σ).

166–193%, сумм осадков – 182–218%, продолжительности периода – 321–346%). В период с температурой выше 15 °С периодичность смены знака отклонений исследуемых величин от среднего не прослеживается, отклонения от нормы достигают значений: для сумм температур – 121–159%, сумм осадков – 204–239%, продолжительности периода – 118–143%.

На рассматриваемой территории до настоящего времени теплый период года характеризуется положительными отклонениями величин от среднего, начавшимися для сумм температур в 1979 г., сумм осадков – в 1982–1986 гг., продолжительности периода – в 1986–1993 гг. Для вегетационного

периода положительная тенденция сумм температур и продолжительности периода наблюдается с 1989 г., причем, наиболее выражена она на станциях Алтайского края. Для сумм осадков такая тенденция характерна с 1990–1991 гг. только для Алтайского края.

Для периода активной вегетации положительная тенденция отмечается с конца 1980 – начала 1990 гг., для “жаркого” периода – с конца 1990 – начала 2000 гг.

Выявленные тенденции исследуемых характеристик в последние 20–30 лет подтверждаются и результатами их исследования по пятилетиям, а именно, наблюдается положительная динамика

**Таблица 2.** Средние значения характеристик теплого периода года по пятилетиям для ст. Томск

№	Годы	Сумма осадков, мм	Сумма температур воздуха, °С	Дата перехода через 0 °С весной	Дата перехода через 0 °С осенью	Продолжительность, дни	Длительность перехода весной, дни
1	1936–1940	330.4	2119.0	15 апр.	14 окт.	183	24
2	1941–1945	392.6	2278.3	10 апр.	20 окт.	194	12
3	1946–1950	415.6	2133.1	11 апр.	22 окт.	194	35
4	1951–1955	300.8	2329.7	14 апр.	23 окт.	193	22
5	1956–1960	331.9	2127.1	20 апр.	23 окт.	187	19
6	1961–1965	296.8	2300.1	14 апр.	18 окт.	188	24
7	1966–1970	338.8	2150.4	15 апр.	17 окт.	185	25
8	1971–1975	365.6	2122.5	5 апр.	18 окт.	197	16
9	1976–1980	320.5	2239.5	14 апр.	18 окт.	188	23
10	1981–1985	309.0	2192.2	15 апр.	16 окт.	185	24
11	1986–1990	352.1	2237.5	6 апр.	21 окт.	198	23
12	1991–1995	363.5	2328.2	6 апр.	27 окт.	205	22
13	1996–2000	338.7	2290.0	10 апр.	17 окт.	191	25
14	2001–2005	390.7	2401.0	7 апр.	26 окт.	203	34

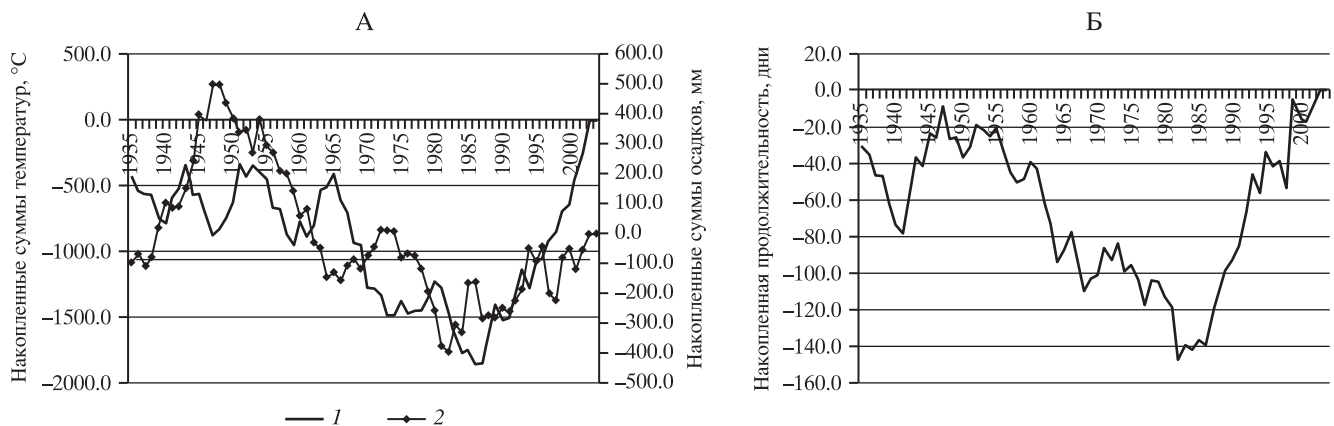


Рис. 2. Накопленные суммы отклонений от среднего а) сумм среднесуточных температур (1) и осадков (2), б) продолжительности теплого периода в Томске

средних по пятилетиям продолжительности и сумм температур теплого периода года в период с 1980–1990 гг. В табл. 2 представлена соответствующая информация для ст. Томск.

Средние величины являются значениями стационарными, и на графиках временного хода сложно выделить видимые колебания. Более выражены они на интегрально-разностных кривых, позволяющих установить продолжительность циклов (эпох). Под эпохами понимаются длительные периоды однонаправленной тенденции характеристики. Расстояние между экстремумами кривой определяет длительность эпохи. Метод широко используется в метеорологии для выявления, в частности, эпох циркуляции атмосферы. Длина временного ряда характеристик, используемых в данной работе, составляет 70 лет, что, по нашему мнению, позволяет использовать данный метод.

Интегрально-разностные кривые, построенные по данным ст. Томск (рис. 2), выявляют эпохи роста и убывания в динамике сумм температур и осадков, продолжительности периода с температурой выше  $0^{\circ}\text{C}$ . При этом завершенной является только эпоха убывания, приходящаяся на 1950–1980 гг., она составляет: для продолжительности – 20–30 лет, для ряда сумм температур – 25–30, осадков – 25–50 лет.

Это означает, что в указанный период времени на данной территории наблюдалось больше отрицательных отклонений от среднего. Эпоха роста, предшествующая эпохе убывания, не видна полностью на графиках из-за недостаточной длины рядов данных. Однако, можно предположить, что она составляет в среднем 30 лет, что характерно и для форм атмосферной циркуляции [5], и, очевидно, является частью квази-60-летнего цикла.

После эпохи убывания наметились признаки установления эпохи роста исследуемых характеристик, подтверждающей вывод о положительной динамике их в последние десятилетия.

Интегрально-разностные кривые сумм температур, осадков и продолжительности периода с температурой выше  $5^{\circ}\text{C}$  выявляют также наличие эпох. Эпоха убывания составляет в среднем по станциям 30 лет и приходится на начало 1950-х – конец 1980-х годов. С начала 1990 гг., соответственно, начинается эпоха роста.

Для периода перехода температуры через  $10^{\circ}\text{C}$  полностью завершенную эпоху убывания имеют только ряды сумм температур. Эта эпоха составляет в среднем по станциям 20–40 лет.

Интегрально-разностные кривые исследуемых величин для периода с температурой выше  $15^{\circ}\text{C}$  имеют наиболее сложную амплитуду выраженности эпох, что вполне закономерно, особенно для северных станций (Колпашево, Томск), поскольку вариабельность погодных условий для этого периода года очень велика.

Полученные выводы в целом согласуются с результатами работ, выполненных для территории России [7, 18, 19]. В частности, В.М. Мирвис и И.П. Гусева [11] выявили, что на юге региона в большей степени сохраняется относительно устойчивая тенденция увеличения продолжительности теплого периода. Вместе с тем, О.Д. Сиротенко и И.Г. Грингоф [17] в Западно-Сибирском экономическом районе не выявили масштабных проявлений засухливости климата. Это говорит о благоприятном влиянии современных изменений климата на аграрный сектор юга Западной Сибири.

**Влияние макроциркуляционных процессов атмосферы на режимы устойчивых переходов**

**температуры.** Для выявления факторов, вызывающих обнаруженные колебания характеристик режимов перехода температуры через 0 и 5 °С на станциях Томск, Колпашево и Барнаул, привлечены данные о состоянии ПВФЗ и циркуляционных процессов с использованием типизации Б.Л. Дзержевского за период с 1961 по 2005 гг. [www.atmospheric-circulation.ru].

Посредством статистического анализа [4, 12] проведена предварительная классификация дат (Д) и периодов (П), методически приближенная к классификации, применяемой в долгосрочных прогнозах погоды (табл. 3).

Аномальность определяется как  $норма \pm \sigma$ , а экстремальность как  $норма \pm 1.25\sigma$ .

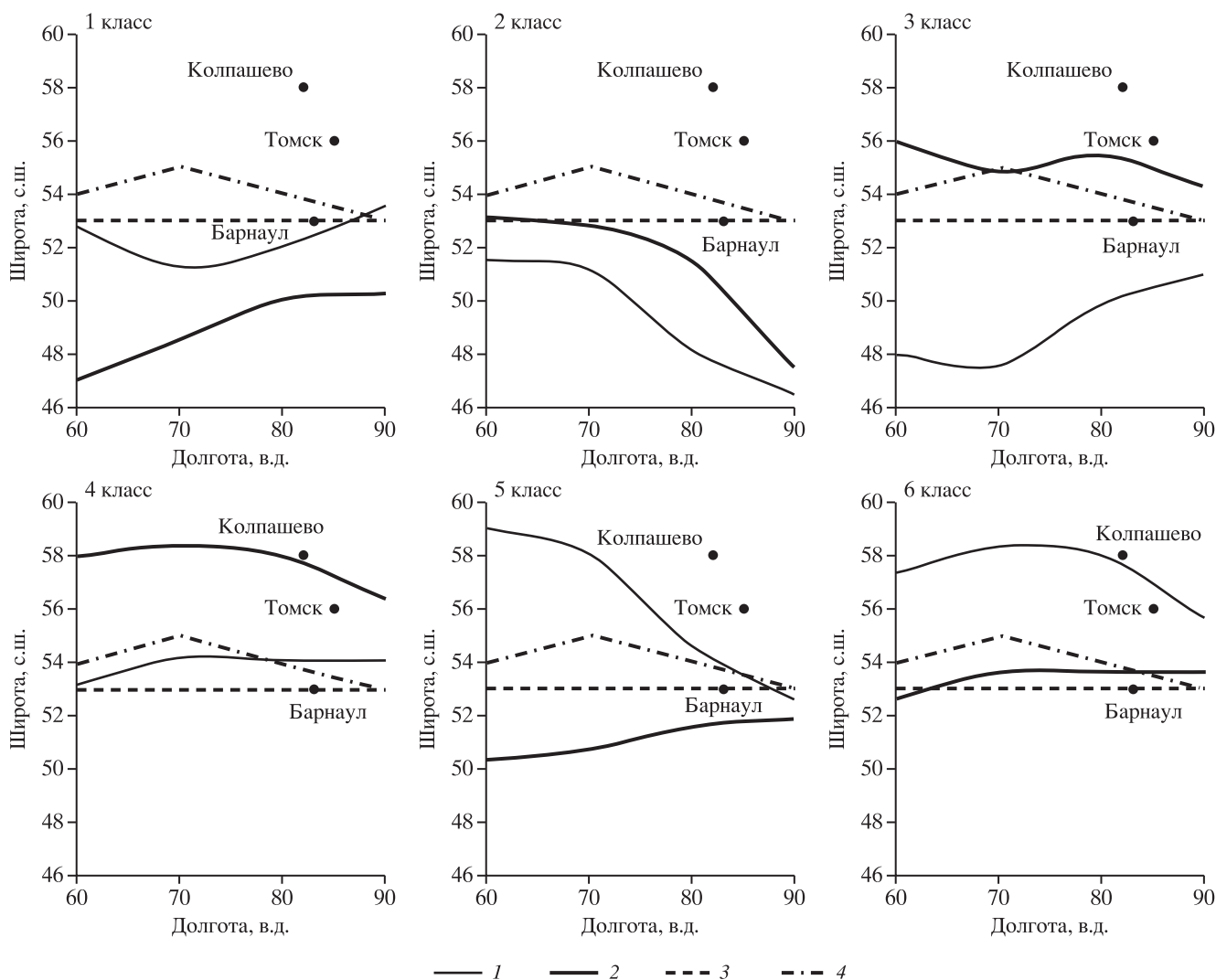
Принятое признаковое множество, в которое входили данные о  $D_0, P_0, D_5, P_5$  и положение

**Таблица 3.** Классификация характеристик периодов перехода температуры через 0 и 5 °С

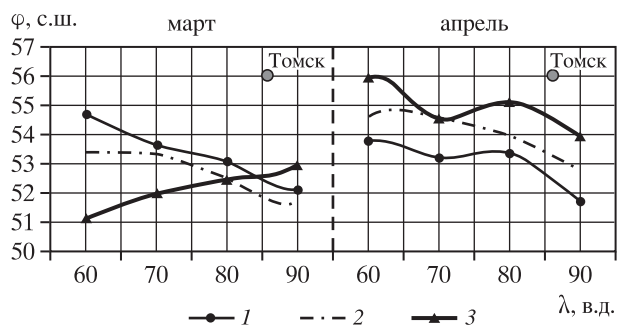
Класс характеристики	Обозначение
норма ( $\bar{X} \pm 0.5\sigma$ )	<i>н</i>
аномально ( $\bar{X} \pm \sigma$ ) ранняя/поздняя	<i>арД/апД</i>
экстремально ( $\bar{X} \pm 1.25\sigma$ ) ранняя/поздняя	<i>эрД/энД</i>
аномально быстрый/долгий	<i>абП/адП</i>
экстремально быстрый/долгий	<i>эбП/эдП</i>

ПВФЗ на меридианах с 60, 70, 80, 90° в.д. за март и апрель (12 признаков), разделилось на 6 оптимальных устойчивых классов (рис. 3).

Это позволило описать классы по таким признакам ПВФЗ, как:



**Рис. 3.** Географическое положение ПВФЗ, осредненное внутри классов: 1 – положение ПВФЗ в марте; 2 – то же, в апреле; 3 – среднегодовое положение ПВФЗ в марте; 4 – то же, в апреле



**Рис. 4.** Положение ПВФЗ по группам перехода  $P_5$ : 1 – группа быстрого перехода; 2 – группа нормального перехода; 3 – группа медленного перехода

1 – пространственное расположение ПВФЗ относительно рассматриваемых станций; 2 – временная изменчивость ПВФЗ; 3 – степень извилистости (зональный или меридиональный тип конфигурации).

По *первому* признаку выявлено, что в 1, 2, 3 классах ПВФЗ расположена южнее территории исследования; 4, 5, 6 классы характеризуют расположение ПВФЗ непосредственно над территорией исследования.

По *второму* признаку – в 1, 5, 6 классах ПВФЗ от марта к апрелю продолжала смещаться на юг (задержка зимних процессов); 2, 3, 4 классы характеризуются противоположным направлением смещения ПВФЗ, а именно от марта к апрелю отмечалось ее перемещение на север, т.е. активное наступление весны. Классы 3 и 5 характеризуются противоположной динамикой от марта к апрелю.

По *третьему* признаку – в 4 и 6 классах отмечается преобладание зональных процессов над югом Западной Сибири; 2 класс характеризуется наличием гребня, ориентированного с юга на север (ярко выраженная меридиональность процессов). Классы 1, 3, 5 включают случаи с преимущественно меридиональным типом ПВФЗ.

Таким образом, подтверждается возможность привлечения ПВФЗ в качестве дополнительного признака при классификации исследуемых характеристик.

На следующем этапе исследования было использовано деление данных о  $P_5$  на 3 группы по скорости осуществления переходов: 1 – быстро, 2 – норма, 3 – медленно. На рис. 4 представлено положение ПВФЗ по выделенным трем группам.

Видно, что и в марте, и в апреле ПВФЗ расположена южнее Томска, на юге Западной Сибири и в предгорьях Алтая. При этом от марта к апрелю отмечается ее перемещение в северном

направлении на расстояние примерно  $2^\circ$  долготы. Для выделенных 3 групп в положении ПВФЗ удастся выявить некоторые различия. Так, ПВФЗ занимает наиболее северное положение в группе “медленного перехода”. В этой ситуации Томская область находится под влиянием процессов активной циклонической деятельности с затоками холодных воздушных масс в тыловых частях циклонов и прохождения фронтальных разделов. Такие условия погоды не способствуют активному прогреванию подстилающей поверхности и, соответственно, приземного слоя воздуха. При “быстром переходе” (группа 1), наоборот, наблюдается максимально южное положение ПВФЗ. В этой ситуации прогрев приземного слоя связан с особенностями преобладающих над рассматриваемой территорией антициклональных процессов.

В связи с тем, что еще осталась некоторая неопределенность в отнесении отдельных весен к определенному классу, необходимо, очевидно, расширение признакового пространства классификации за счет дополнительных характеристик циркуляции и состояния атмосферы в периоды установления устойчивых положительных температур.

С этой целью были рассмотрены элементарные циркуляционные механизмы (ЭЦМ) по типизации Б.Л. Дзержеевского и рассчитана их повторяемость по группам перехода  $P_0$  и  $P_5$  (табл. 4).

Группа “норма” характеризуется наибольшей повторяемостью 8-го и 12-го типов ЭЦМ. Тип 8 представлен 8а, 8бл, 8вл, 8вз, 8гл, 8гз ЭЦМ, но наиболее часто встречается ЭЦМ 8а (рис. 5), при котором отмечается выход южных циклонов. Он характеризуется максимальной продолжительностью в апреле–мае, т.е. в месяцы анализируемых режимов устойчивого перехода температуры. Тип 12 представлен ЭЦМ 12а, 12бл, 12бз, 12вл, 12вз, 12г. Но наиболее часто переходы происходят при ЭЦМ 12а и 12бл. При ЭЦМ 12а одно из четырех арктических вторжений осуществляется на Азию, от Новой Земли на бассейн Енисея. Западная Сибирь находится под влиянием антициклонального барического поля.

При ЭЦМ 12бл вторжение на Азию смещено на запад (по сравнению с 12а) и осуществляется через полуостров Таймыр на бассейн Оби и Урал (рис. 5). Нередко создается блокировка западного переноса смыканием Арктического антициклона с гребнем Сибирского. Наименьшую повторяемость в этой группе имеют процессы типов с 1 по 7.

Таблица 4. Повторяемость (%) ЭЦМ по группам перехода

Группа перехода Π <sub>0</sub> и Π <sub>5</sub>	ЭЦМ																				
	1а	1б	2а	2б	2в	3	4а	4б	4в	5а	5в	5г	6	7аз	7ал	7бз	7бл	8а	8бл	8вз	
быстро	0	0	5	2	0	3	0	2	3	0	0	0	0	2	10	0	2	5	2	2	
норма	2	1	3	1	1	3	2	3	2	2	1	0	3	1	2	1	2	8	3	1	
медленно	1	1	3	0	0	0	1	3	3	0	0	1	1	3	4	0	1	4	1	0	
Итого	0		7			3		5			0			0		14					
	3		5			3		7			3			3		6					
	2		3			0		7			1			1		8					

Группа перехода Π <sub>0</sub> и Π <sub>5</sub>	ЭЦМ																		
	8вл	8гл	8гз	9а	9б	10а	10б	11а	11б	11в	11г	12а	12бл	12бз	12вл	12вз	12г	13л	13з
быстро	0	2	2	11	2	2	2	0	2	0	0	11	8	0	3	7	2	10	2
норма	1	2	2	5	5	5	4	1	2	0	3	10	6	1	5	1	2	6	4
медленно	4	0	1	7	3	4	4	3	1	1	3	6	7	3	4	1	1	6	6
Итого	9		13			4		2			31			12					
	12		10			9		5			23			10					
	5		10			8		8			12			12					

Группа “быстро” характеризуется полным отсутствием типов 1, 5 и 6 и наибольшей повторяемостью типов 7, 8, 9, 12 и 13. Максимальная повторяемость у 12 типа (12а, 12бл, 12вз). В 7 типе выделяется ЭЦМ 7ал, при котором территория исследования находится в циклоническом

поле. В 9 типе – ЭЦМ 9а: барическое поле над Сибирью характеризуется как деформационное, с нахождением юга региона в циклонической части поля. При ЭЦМ 13л район исследования является частью обширной области пониженного давления, которая охватывает внетропические широ-

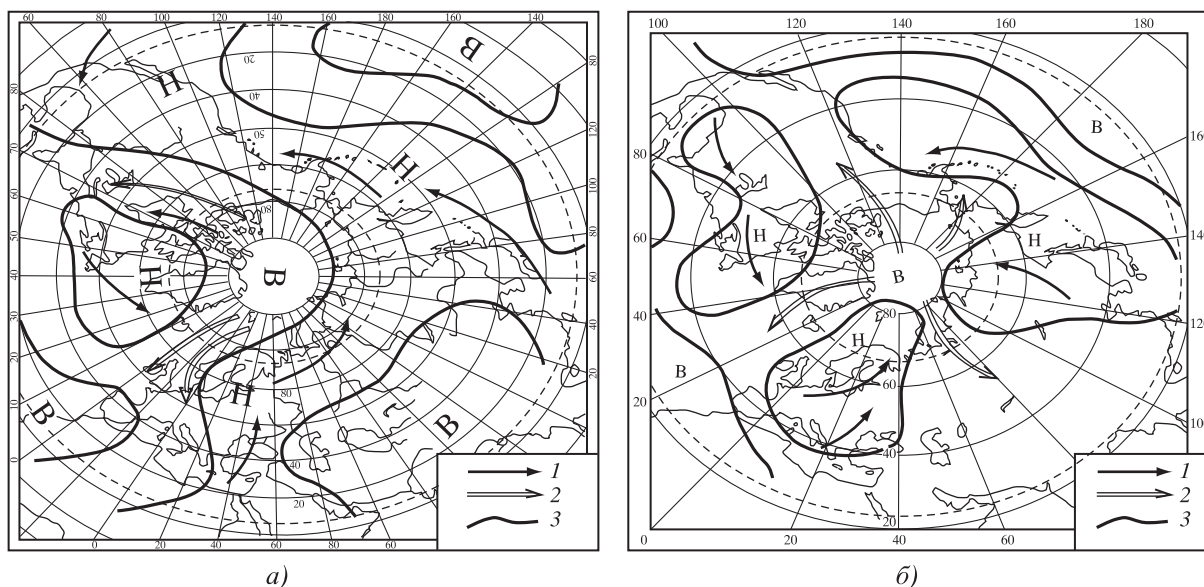


Рис. 5. Динамические схемы подтипа ЭЦМ: а) 8а, б) 12бл:

1 – генерализованные траектории циклонов; 2 – то же, антициклонов; 3 – демаркационные линии, разделяющие поля циклонической и антициклонической деятельности [8]

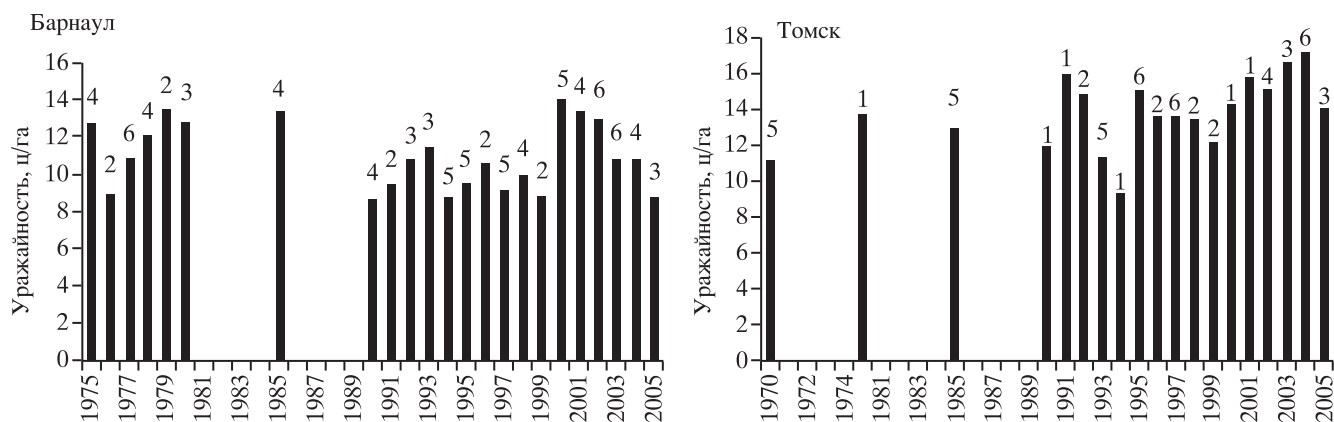


Рис. 6. Классы дат переходов температуры через 0, 5 °С и урожайность зерновых культур (цифрами обозначены номера классов)

ты северного полушария. В группе “быстро”, по сравнению с группами “норма” и “медленно”, значительно ослаблены процессы 10 и 11.

Группа “медленно” имеет равномерную повторяемость с 7 по 13 тип, но, по сравнению с группой “быстро”, увеличивается повторяемость типов 10 и 11 и значительно уменьшается тип 12.

При осуществлении типа 10 рассматриваемая территория находится в области пониженного давления, в то время как блокирующий гребень располагается над Восточной Европой, что согласуется с выявленным выше положением ПВФЗ для медленного перехода (ПВФЗ занимает наиболее северное положение).

**Анализ влияния режимов устойчивого перехода на урожайность зерновых культур.** Полученные в результате объективной классификации с привлечением параметров ПВФЗ классы дат перехода были сопоставлены с данными об урожайности, которая сильно изменяется от года к году (рис. 6 и табл. 5).

Эта изменчивость во многом определяется изменчивостью агрометеорологических условий, поскольку биологические факторы урожайности (биологические особенности сорта, почвенное плодородие) более или менее стабильны.

Выявлено, что между классами и урожайностью нет полного соответствия. Одна из причин этого – неполный учет погодных условий весной.

В Барнауле высокий уровень урожайности отмечается в классах 1 и 6 (12.6 и 11.5 ц/га соответственно). Класс 1 характеризуется ранними датами установления 0 °С и длительностью этих переходов в пределах нормы. В этом случае наблюдается стремительное установление благоприятных условий по термическому режиму.

Класс 6 отличается долгим и поздним переходом к 0 °С и нормальным установлением вегетационного периода. Низкая урожайность наблюдается в классах 2 и 5 (10.2 и 10.4 ц/га соответственно). Для класса 2 характерно позднее и быстрое установление 0 °С и нормальный переход к 5 °С, для класса 5 – раннее и быстрое установление 0 °С и раннее по дате, но нормальное по длительности перехода установление вегетационного периода.

В Томске высокая урожайность наблюдается в классах 3, 4 и 6 (15.4, 15.2 и 15.3 ц/га соответственно). В классе 3 погодные условия весеннего перехода соответствуют нормальному установлению 0 °С и раннему и быстрому установлению 5 °С. Класс 4 характеризуется поздним и долгим переходом к положительным температурам, нормальным по дате перехода, но быстрым по длительности этого перехода установлением вегетационного периода. В классе 6 отмечается раннее и быстрое установление 0 °С и нормальное по дате, но долгое по длительности перехода установление 5 °С. В этом случае наблюдаются благоприятные условия для сохранения зимних влагозапасов в почве. Устойчивый переход к положительным температурам в пределах нормы и позднее и долгое установление вегетационного периода соответствует классу 5, который характеризуется низкой урожайностью зерновых культур (11.8 ц/га).

Климатообусловленное повышение урожайности яровых зерновых культур в Западной Сибири за последние десятилетия составило 6 % за 10 лет, что свидетельствует о возможном значительном росте продуктивности зернового хозяйства региона за счет более эффективного использования почвенно-климатических ресурсов [14].

**Заключение.** Предложенный методический подход к использованию климатической инфор-



**Таблица 5.** Средние характеристики классов дат переходов температуры через 0.5 °С и средняя урожайность зерновых культур (в ц/га) для станций Барнаул и Томск

Барнаул				Томск					
Класс	Средние характеристики класса			Средняя урожайность	Класс	Средние характеристики класса			Средняя урожайность
	I	II	III			I	II	III	
1	D <sub>0</sub>	29.3	рано	12.6	1	D <sub>0</sub>	9.4	норма	13.5
	P <sub>0</sub>	17	норма			P <sub>0</sub>	22	норма	
	D <sub>5</sub>	15.4	рано			D <sub>5</sub>	2.5	норма	
	P <sub>5</sub>	17	норма			P <sub>5</sub>	23	норма	
2	D <sub>0</sub>	9.4	поздно	10.2	2	D <sub>0</sub>	27.4	поздно	13.5
	P <sub>0</sub>	6	быстро			P <sub>0</sub>	24	норма	
	D <sub>5</sub>	25.4	норма			D <sub>5</sub>	1.5	норма	
	P <sub>5</sub>	16	норма			P <sub>5</sub>	4	быстро	
3	D <sub>0</sub>	9.4	поздно	11.1	3	D <sub>0</sub>	11.4	норма	15.4
	P <sub>0</sub>	16	норма			P <sub>0</sub>	22	норма	
	D <sub>5</sub>	14.4	рано			D <sub>5</sub>	19.4	рано	
	P <sub>5</sub>	4	быстро			P <sub>5</sub>	8	быстро	
4	D <sub>0</sub>	27.3	рано	11.1	4	D <sub>0</sub>	24.4	поздно	15.2
	P <sub>0</sub>	3	быстро			P <sub>0</sub>	49	медленно	
	D <sub>5</sub>	30.4	поздно			D <sub>5</sub>	3.5	норма	
	P <sub>5</sub>	34	медленно			P <sub>5</sub>	9	быстро	
5	D <sub>0</sub>	25.3	рано	10.4	5	D <sub>0</sub>	15.4	норма	11.8
	P <sub>0</sub>	3	быстро			P <sub>0</sub>	16	норма	
	D <sub>5</sub>	9.4	рано			D <sub>5</sub>	17.5	поздно	
	P <sub>5</sub>	16	норма			P <sub>5</sub>	31	медленно	
6	D <sub>0</sub>	11.4	поздно	11.5	6	D <sub>0</sub>	30.3	рано	15.3
	P <sub>0</sub>	33	медленно			P <sub>0</sub>	2	быстро	
	D <sub>5</sub>	24.4	норма			D <sub>5</sub>	29.4	норма	
	P <sub>5</sub>	13	норма			P <sub>5</sub>	30	медленно	

Обозначения: I — Даты устойчивого перехода среднесуточной температуры через 0 и 5 °С (Д) и длительность этих периодов перехода (П); II – соответствующие значения Д и П; III – классификация дат и длительности периода перехода.

мации (циркуляция атмосферы, статистические характеристики режимов перехода температуры через определенные значения) может быть применен как при разработке прогнозов погоды на соответствующий период, так и для оценки возможной урожайности зерновых культур в рассматриваемом регионе.

Своевременная оценка режимов формирования погодных условий в весенний период может быть важным корректирующим фактором в процессе принятия решений потребителем метеорологической информации, в частности, для выработки агрономической политики на полевой сезон.

Исходя из результатов данного исследования и предварительных оценок за последние 5 лет, на рассматриваемой территории наблюдались благоприятные климатические условия для многих отраслей народного хозяйства. В сельском хозяй-

стве эти условия были более чем оптимальными, в первую очередь, для выращивания яровых культур. В предстоящие годы возможно достижение пика выявленной 30-летней цикличности проанализированных характеристик и, соответственно, возможна динамика характеристик теплого периода года, обратная наблюдавшейся.

*Авторы выражают благодарность Н.К. Кононовой, к.г.н., инженеру-исследователю лаборатории климатологии Института географии РАН, за ознакомление с данной работой и конструктивные методические советы.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов О.А., Белолуцкая М.А., Лобанов В.А. Современные изменения климата в области высоких

- широт северного полушария // *Метеорология и гидрология*. 2003. № 1. С. 18–30.
2. *Барашкова Н.К., Кужевской И.В., Носыревой О.В.* Состояние и климатические тенденции временных показателей теплого периода года на юге Западной Сибири // *Оптика атмосферы и океана*. 2011. Т. 24. № 2. С. 119–123.
  3. *Будыко М.И., Винников К.Я.* Глобальное потепление // *Метеорология и гидрология*. 1976. № 7. С. 16–26.
  4. *Гандин Л.С., Каган Р.Л.* Статистические методы интерпретации метеорологических данных. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 359 с.
  5. *Гирс А.А., Кондратович К.В.* Методы долгосрочных прогнозов погоды. Л.: Гидрометеиздат, 1978. 344 с.
  6. *Груза Г.В., Ранькова Э.Я.* Колебания и изменения климата на территории России // *Изв. РАН. Физика атмосферы и океана*. 2003. Т. 39. № 2. С. 66–185.
  7. *Груза Г.В., Ранькова Э.Я.* Оценка предстоящих изменений климата на территории Российской Федерации // *Метеорология и гидрология*, 2009. № 11. С. 15–29.
  8. *Дзердзеевский Б.Л.* Циркуляционные схемы сезонов года в Северном полушарии // *Изв. АН СССР. Сер. геогр.* 1957. № 1. С. 36–42.
  9. Каталог параметров атмосферной циркуляции. Северное полушарие. Обнинск, 1988. 420 с.
  10. *Кононова Н.К.* Классификация циркуляционных механизмов Северного полушария по Б.Л. Дзердзеевскому / Под ред. Кононовой Н.К. М.: Воентехиниздат, 2009. 372 с.
  11. *Мирвис В.М., Гусева И.П.* Оценка изменения продолжительности безморозного периода вегетации на территории России и сопредельных государств в XX веке // *Метеорология и гидрология*, 2006. № 1. С. 106–113.
  12. Многомерный статистический анализ / Под ред. Сошникова Л.А. и др.. М.: ЮНИТИ, 1999. 482 с.
  13. Мониторинг общей циркуляции атмосферы. Северное полушарие // *Бюллетень* 1986–1990, 1991–1995, 1996–2000 гг. Обнинск 1992, 1997, 2002. С. 112–134.
  14. Оценка макроэкономических последствий изменения климата на территории Российской Федерации на период до 2030 г. и дальнейшую перспективу / Под ред. Катцова В.М., Порфирьева Б.Н. Москва: Д’АРТ: Главная геофизическая обсерватория, 2011. 252 с.
  15. *Педь Д.А.* Об определении дат устойчивого перехода температуры воздуха через определенные значения // *Метеорология и гидрология*, 1951. № 10. С. 38–39.
  16. Синоптический бюллетень Северного полушария. Ч. 1 (электронная версия). М.: Издание Гидрометцентра России, 1997–2005 гг.
  17. *Сиротенко О.Д., Грингоф И.Г.* Оценки влияния ожидаемых изменений климата на сельское хозяйство Российской Федерации // *Метеорология и гидрология*, 2006. № 8. С. 92–101.
  18. *Michelle D., Monahan A., Jonathan N. Wiley.* Implications of climate change on Russia // Ed. New York, 2011. Ser. Russian Political, Economic, And Security Issues.
  19. *Sharmina M., Anderson K., Bows-Larkin A.* Climate change regional review: Russia // *Wires Climate Change*, 2013. Т. 4. № 5. С. 373–396.
  20. [www.meteo.ru](http://www.meteo.ru).
  21. <http://www.gks.ru>.
  22. [www.atmospheric-circulation.ru](http://www.atmospheric-circulation.ru).

## REFERENCES

1. Anisimov O.A., Beloluckaja M.A., and Lobanov V.A. The modern climate changes in the area of high latitudes of the northern hemisphere, *Meteorologiya i gidrologiya*, 2003, no. 1, pp. 18–30. (In Russ.)
2. Barashkova N.K., Kuzhevskaja I.V., and Nosyreva O.V. State and climatic tendencies of temporal indices of warm season on south of Western Siberia, *Optika atmosfery i okeana*, 2011, V. 24, no. 2, pp. 119–123. (In Russ.)
3. Budyko M.I., Vinnikov K.Ya. Global warming, *Meteorologiya i gidrologiya*, 1976, no. 7, pp. 16–26. (In Russ.)
4. Gandin L.S. and Kagan R.L. *Statisticheskie metody interpretacii meteorologicheskikh dannyh* (Statistical Methods of the Interpretation of Meteorological Data), Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1976, 359 p.
5. Girs A.A. and Kondratovich K.V. *Metody dolgosrochnyh prognozov pogody* (Methods of Long-Term Weather Forecasts), Leningrad: Gidrometeoizdat Publ., 1978, 344 p.
6. Gruza G.V. and Ran'kova E.Ya. Fluctuation and changes of climate on the territory of Russian Federation, *Izv. Ross. Akad. Nauk, Fizika atmosfery i okeana*, 2003. V. 39, no. 2, pp. 66–185. (In Russ.)
7. Gruza G.V. and Ran'kova E.Ya. Evaluation of the upcoming climate change on the territory of the Russian Federation, *Meteorologiya i gidrologiya*, 2009, no. 11, pp. 15–29. (In Russ.)
8. Dzerdzeevskii B.L. Circulating schemes of the seasons in northern hemisphere, *Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Geogr.*, 1957, no. 1, pp. 36–42. (In Russ.)
9. *Katalog parametrov atmosfernoï cirkuljacii. Severnoe polusharie* (Catalogue of Characteristics of

- Atmospheric Circulation. Northern Hemisphere), Obninsk, 1988, 420 p.
10. Kononova N.K. *Klassifikatsiya tsirkulyatsionnykh mekhanizmov Severnogo polushariya po B.L. Dzerdzhevskomu* (Classification of Circulating Mechanisms of Northern Hemisphere according to B.L. Dzerdzhevsky), Moscow: Voentehinizdat Publ., 2009, 372 p.
  11. Mirvis V.M. and Guseva I.P. Assessment of the duration changes of frost-free period of vegetation on the territory of Russia and neighbouring states in the 20th century, *Meteorologiya i gidrologiya*, 2006, no. 1, pp. 106–113. (In Russ.)
  12. *Mnogomernyi statisticheskii analiz v ekonomike* (Multidimensional Statistical Analysis in Economics), Tamashevich V.N., Ed., Moscow: JuNITI Publ., 1999, 598 p.
  13. *Monitoring obshchei tsirkulyatsii atmosfery. Severnoe polusharie. Bjulleten' 1986–1990, 1991–1995, 1996–2000* (Monitoring of General Atmospheric Circulation. Northern Hemisphere. Newsletter 1986–1990, 1991–1995, 1996–2000.), Obninsk, 1992, 1997, 2002, pp. 112–134.
  14. *Ocenka makroekonomicheskikh posledstviy izmeneniya klimata na territorii Rossiiskoi Federatsii na period do 2030 goda i dal'neishuyu perspektivu* (Assessment of macro economical aftereffects of climate changes on the territory of the Russian Federation for the period till 2030 and further perspective), Katcov V.M., Porfir'ev B.N., Eds., Moscow: Main Geophysical Observatory: D'ART Publ., 2011, 252 p.
  15. Ped' D.A. About the detection of the dates of stable air temperature transition over the definite magnitudes *Meteorologiya i gidrologiya*, 1951, no. 10, pp. 33–39. (In Russ.)
  16. *Sinopticheskii bjulleten' Severnogo polushariya. Ch. 1 (elektronnaya versiya)* (Synoptic report of northern hemisphere. P. 1 (electronic version)). Moscow: Gidrometcentr Rossii Publ., 1997–2005.
  17. Sirotenko O.D. and Gringof I.G. Impact evaluation of the expected climate changes on the agriculture of the Russian Federation, *Meteorologiya i gidrologiya*, 2006, no. 8, pp. 92–101. (In Russ.)
  18. Michelle D., Monahan A., and Jonathan N. Wiley. Implications of climate change on Russia. New York, Ser. Russian Political, Economic, and Security Issues, 2011.
  19. Sharmina M., Anderson K., and Bows-Larkin A. Climate change regional review: Russia. *Wires Climate Change*, 2013, V. 4, no. 5, pp. 373–396.
  20. [www.meteo.ru](http://www.meteo.ru).
  21. <http://www.gks.ru>.
  22. [www.atmospheric-circulation.ru](http://www.atmospheric-circulation.ru).

## Climatic Characteristics of Modes of the Stable Transition of Air Temperature Through Key Bounds in the South of Western Siberia

N.K. Barashkova, I.V. Kuzhevskaya, O.V. Nosyreva

*Tomsk State University, Tomsk, Russia*  
*e-mail: meteo@ggf.tst.ru; ivk@ggf.tsu.ru; ov\_nosyreva@mail.ru*

The article presents the methodological approaches and results of the assessment of characteristics of modes of stable transition of average daily temperature through 0, 5, 10, 15°C in the south of Western Siberia. Correlations of these characteristics with macrocirculation conditions and with productivity of cereal crops are shown. The estimation of tendencies of variability of the specified characteristics is carried out. Study is important due to evident climate change in the territory, as well as due to lack of available accurate methods of prediction of the consequences of these changes for economy and human activities. Our methods of evaluating climatic conditions (analysis of atmosphere circulation, statistics of transition of air temperature through key bounds) can be applied to weather forecast as well as to estimation of expected crop yields in the region. Early evaluation of weather trends in spring must be used in decision making while developing the agronomic strategy for the growing season.

**Keywords:** agro-climatic indices, macrocirculation processes, south of Western Siberia, growing season, average daily temperature, stable transition of temperature, classification of modes of the transition, long-term dynamic of indices, productivity.