

УДК 581.9

*А.В. Шумихина***ПОВТОРЯЕМОСТЬ И ДИНАМИКА ОТТЕПЕЛЕЙ В ИЖЕВСКЕ***

Рассмотрен климатический ряд ежедневных значений максимальных температур воздуха с 1933 г. по 2013 г. в городе Ижевске. Рассчитаны основные характеристики распределения этих температур, проведена типизация оттепелей, а также изучены взаимосвязи между оттепелями и синоптическими условиями, при которых они наблюдались. Выявилось, что в течение холодного периода наблюдается в среднем 30 дней с оттепелями, причем большая часть из них приходится на ноябрь и март, реже всего они наблюдаются в январе и феврале. Повторяемость оттепелей возрастает в основном за счет ноября и марта. Анализ синоптических условий возникновения оттепелей в Ижевске показал, что чаще всего они имеют место при юго-западных потоках на изобарической поверхности АТ-500 гПа. На возникновение оттепелей в январе и феврале оказывает влияние скандинавское колебание.

Ключевые слова: климат, изменения климата, температура воздуха, оттепели, синоптика, метеорология.

Отмеченное глобальное повышение средней годовой температуры воздуха имеет свои особенности в различных регионах и сезонах года [1-3]. Как правило, наблюдается более интенсивное увеличение зимней температуры, происходят изменения в переходные сезоны [4]. Важными характеристиками температурного режима в холодную половину года являются: продолжительность холодного периода; даты переходов температуры через 0 °С в сторону понижения; оттепели, наблюдаемые в зимний период; вариации температуры воздуха в течение различных периодов; режим максимальных и минимальных температур и др. [5]. Прикладное значение переходов температуры воздуха через 0 °С связано с физическими превращениями воды и их влиянием на природные и хозяйственные объекты [6].

Понятие «оттепель» трактуется неоднозначно. Согласно определению, используемому в России, оттепелью называется повышение температуры воздуха до положительных значений зимой на фоне отрицательных температур [7]. В некоторых случаях устанавливается минимальная длительность оттепели (2–3 дня). Это может быть оправдано, так как зимующие под снегом растения не сразу реагируют на положительные температуры воздуха [5]. Оттепели оказывают отрицательное влияние на условия перезимовки озимых культур, снижают прочность строительных сооружений, ухудшают условия работы транспорта и т. д. Длительные оттепели могут вызвать вскрытие рек среди зимы и даже паводки. Изменения в режиме оттепелей влияют на гидрологический режим почвы и водных объектов [6]. Интенсивные и длительные оттепели сильно снижают морозостойкость озимых культур, при которых у растений нарушается состояние зимнего покоя. Резкие понижения температуры почвы после оттепелей вызывают гибель растений при значительно более высоком уровне минимальной температуры почвы, чем при постепенном похолодании. В отрицательных формах рельефа при интенсивных оттепелях может скапливаться вода, которая, замерзая при последующем понижении температуры, образует корку. Растения при длительном пребывании под притертой к почве ледяной коркой, покрывающей всю их надземную массу, повреждаются, а иногда полностью погибают [8].

Краткая климатическая справка холодного периода в Удмуртской Республике и в Ижевске. Территория Удмуртской Республики характеризуется умеренно холодной зимой со значительным влиянием со стороны Атлантического океана, обеспечивающего регион теплом и осадками [9]. Средняя месячная температура воздуха Ижевска (1933–2013 гг.) в холодный период минимальна в январе, составляя –13,6 °С, в феврале она составляет –12,7 °С, в декабре –11,2 °С, в марте –6,1 °С, в ноябре –5,1 °С. Зимой и в целом в холодный период синоптические процессы проявляют себя активнее, чем в теплое время года, – происходит быстрое перемещение воздушных масс и атмосферных фронтов, что приводит к значительным изменениям метеорологических величин, в том числе температуры воздуха. Повторяемость изменений температуры воздуха на 5° и более максимальна в холодный период, наибольшее значение принадлежит январю – 32,3 %. Средняя межсуточная изменчивость зимой колеблется в пределах 2–5°, что больше, чем летом, а отдельные перепады в холодный период могут достигать 20°. В 70-х годах прошлого столетия, так же как и в целом по России, в Удмуртии и Ижевске произошел устойчивый переход аномалии температуры воздуха от отрицательных значений к положительным. Потепление в Ижевске формируется в основном за счет зимних месяцев.

* Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 15-05-06349).

Материалы и методы исследований

Материалами для исследования послужили ежедневные метеорологические наблюдения с 1933 г. по 2013 г. на станции Ижевск (80 лет). Анализировались климатические ряды максимальной температуры воздуха. Были рассчитаны повторяемость различных типов оттепелей, интенсивность, изучена динамика оттепелей, построены линейные тренды.

С помощью карт реанализа были изучены синоптические условия возникновения волн тепла с оттепелями продолжительностью не менее трех дней. Для этого были рассмотрены карты геопотенциала на изобарической поверхности АТ-500 гПа, приземное барическое поле, температура воздуха на изобарической поверхности АТ-850 гПа.

Результаты и их обсуждение

Устойчивое понижение среднесуточной температуры ниже 0 °С, обозначающее начало зимнего периода в Ижевске, наблюдается в конце октября; весной среднесуточная температура воздуха преодолевает отметку 0° в сторону повышения в начале апреля. Поэтому за период отрицательных температур, в течение которого могут наблюдаться оттепели, был взят период с ноября по март. В течение него в среднем наблюдается 30 дней с оттепелями, большая часть из них приходится на ноябрь и март (табл. 1). Реже всего дни с оттепелью встречаются в зимние месяцы – в среднем 1–3 дня в месяц.

Согласно табл. 1 наибольшая средняя повторяемость оттепелей в количестве 12 дней наблюдается в марте, рекордная максимальная повторяемость – 26 дней – принадлежит ноябрю 1971 г.

Таблица 1

Средняя и максимальная повторяемость оттепелей, дни

Параметры	Средняя повторяемость	Максимальная повторяемость	Год с максимальной повторяемостью оттепелей
Январь	2	13	2007
Февраль	2	16	2002
Март	12	24	1975
Ноябрь	11	26	1971
Декабрь	3	13	2006
Зимние месяцы	7	22	2002
Год	30	58	2002

Для изучения интенсивности оттепелей были рассчитаны средние многолетние значения максимальных температур воздуха при оттепелях по месяцам в период с 1933 по 2013 г. Наибольшая интенсивность оттепелей принадлежит ноябрю и марту, наименьшая – январю. Среднее годовое значение температур воздуха при оттепелях равно +1,7 °С, в календарные зимние месяцы оно ниже: +0,9 °С.

Таблица 2

Средняя интенсивность оттепелей, °С

Январь	Февраль	Март	Ноябрь	Декабрь	Зимние месяцы	Год
0,7	1,1	2,4	2,3	1,0	0,9	1,7

Динамика повторяемости оттепелей с 1944 по 2013 год положительная, количество дней с оттепелями увеличилось с 1944 г. в среднем на 9 дней (рис. 1).

В календарные зимние месяцы (декабрь, январь, февраль) межгодовые изменения количества оттепелей лучше описываются полиномиальной аппроксимацией 5 степени (рис. 2). Линейный тренд имеет меньший наклон, чем в случае с общей повторяемостью, а достоверность аппроксимации не значима. Тем не менее можно сделать вывод, что количество оттепелей в Ижевске увеличивается в большей степени за счет переходных сезонов.

Изменчивость интенсивности оттепелей в течение изучаемого периода, согласно полиномиальной аппроксимации, слабо уменьшается до 1990-х гг. и растет в последние десятилетия со скоростью 0,16°/10 лет (рис. 3).

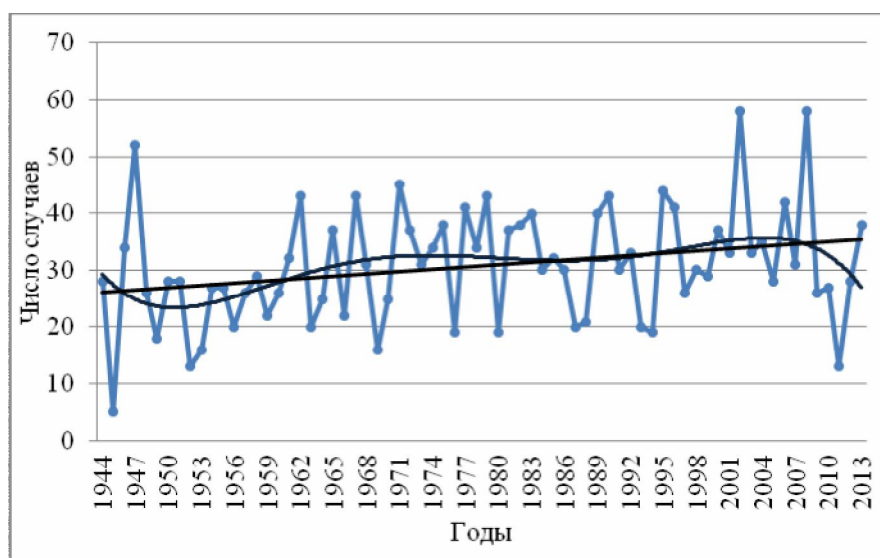


Рис. 1. Межгодовые изменения и линейный тренд повторяемости оттепелей

Примечание. уравнение линейного тренда: $y = 0,135x + 25,91$, достоверность аппроксимации $R^2 = 0,08$; уравнение полиномиального тренда $y = -8E-07x^5 + 0,000x^4 - 0,009x^3 + 0,265x^2 - 2,608x + 31,68$, достоверность аппроксимации $R^2 = 0,120$.

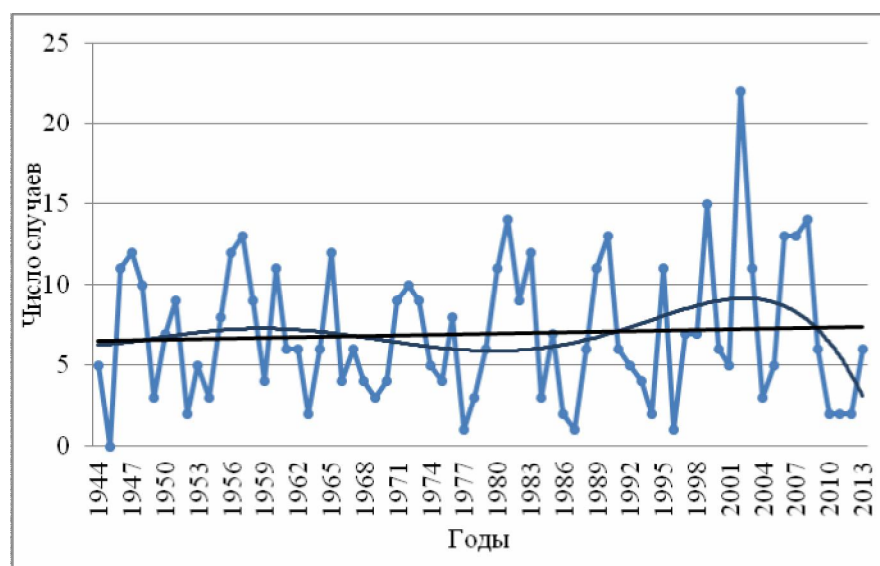


Рис. 2. Межгодовые изменения повторяемости оттепелей в зимние месяцы (с декабря по февраль)

Примечание. уравнение линейного тренда: $y = 0,012x + 6,539$, достоверность аппроксимации $R^2 = 0,003$; уравнение полиномиального тренда $y = -2E-07x^5 + 3E-05x^4 - 0,001x^3 + 0,018x^2 + 0,000x + 6,255$, достоверность аппроксимации $R^2 = 0,07$

Анализ продолжительности волн тепла, в период которых наблюдались оттепели, говорит об их увеличении в течение изучаемого периода. Рекордно длинные периоды с оттепелью были зафиксированы в декабре 2006 и 2008 годов: 10 и 9 дней соответственно.

Повторяемость оттепелей адвективного и радиационного типа. Атмосферные оттепели можно разделить на три типа: адвективные, радиационные и радиационно-адвективные (смешанные). Зимой (декабрь–февраль) оттепели носят в основном адвективный характер. Оттепели второго рода, возникающие под действием солнечной радиации, возможны днем на короткое время, когда и при наличии снежного покрова нижний слой воздуха нагревается до положительных температур. В холодное время года в теплой воздушной массе при кратковременных прояснениях оттепели могут носить смешанный характер. В таком случае вначале температура повышается за счет адвекции теплой воздушной массы, затем под действием солнечной радиации оттепель усиливается [10].

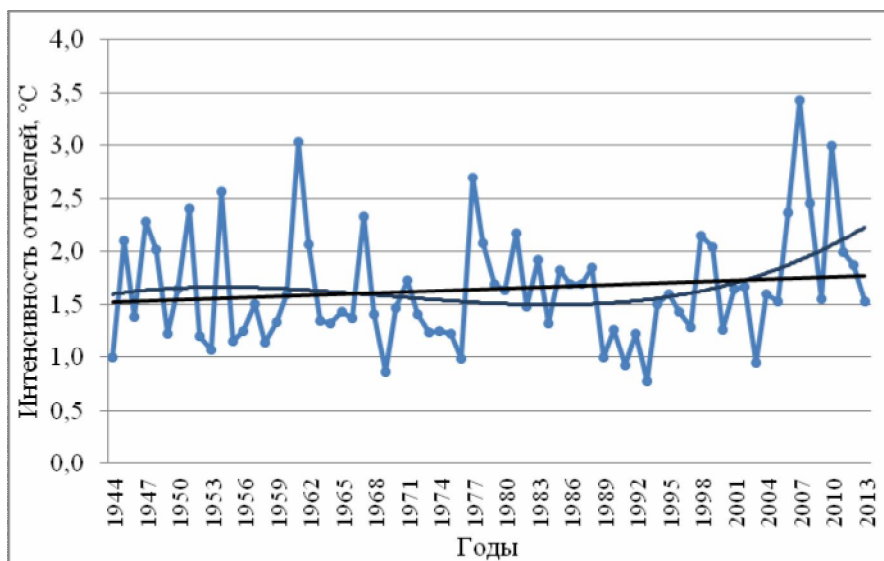


Рис. 3. Межгодовые изменения интенсивности оттепелей

Примечание. Уравнение линейного тренда: $y = 0,003x + 1,518$, достоверность аппроксимации $R^2 = 0,02$; уравнение полиномиального тренда $y = 1E-05x^3 - 0,001x^2 + 0,016x + 1,582$, достоверность аппроксимации $R^2 = 0,09$

Амплитуда температуры воздуха является комплексной характеристикой, тесно связанной с погодными условиями и радиационным режимом, зависящей от количества облачности нижнего и среднего ярусов и от высоты Солнца. В результате анализа суточных амплитуд температуры воздуха при оттепелях в различных районах было установлено, что во время адвективных оттепелей амплитуда температуры меньше средней месячной (не больше $6\text{ }^{\circ}\text{C}$), а во время радиационных – $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и более [10]. К смешанному типу в данной работе были отнесены оттепели с амплитудой от 6 до $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Анализ синоптических карт показал, что данные критерии хорошо характеризуют тип оттепелей.

Оттепели, обусловленные адвекцией тепла, наблюдаются в Ижевске наиболее часто – в 61 % от общего количества случаев. В начале холодного периода, в ноябре, они составляют 79 % от общего количества, к концу холодного периода их вклад в общее количество уменьшается до 43 % в марте (табл. 3). Среднее значение амплитуды при адвективных оттепелях – $3,1\text{ }^{\circ}\text{C}$, амплитуда минимальна в ноябре и декабре ($2,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ и $2,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ соответственно), максимальна в марте – $3,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ (табл. 4).

Таблица 3

Повторяемость (%) оттепелей различного типа

Параметры	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Год
Адвективный тип	79	69	64	59	43	61
Радиационный тип	4	13	18	21	26	16
Смешанный тип	17	18	18	20	31	23

Таблица 4

Средние суточные амплитуды температуры ($^{\circ}\text{C}$) во время оттепелей

Параметры	Ноябрь	Декабрь	Январь	Февраль	Март	Год
Адвективный тип	2,9	2,8	3,1	3,2	3,6	3,1
Радиационный тип	12,7	14,6	14,0	13,4	13,2	13,3
Смешанный тип	7,4	7,8	7,8	7,5	7,9	7,8
Общее	4,1	5,2	5,9	6,2	7,4	5,8

Радиационные оттепели наблюдаются в 16 % случаев от общего количества. В ноябре они редки, их повторяемость составляет 4 %. В период с ноября по февраль их продолжительность не превышает одного–трех дней. К концу холодного периода, вместе с резким возрастанием числа часов

с солнечным сиянием в марте, повторяемость радиационных оттепелей увеличивается до 26 %. Вместе с тем в марте увеличивается и их продолжительность. Наиболее продолжительный оттепельный период, наблюдавшийся под влиянием западной периферии антициклона, отмечен в марте 1988 г. – 12 дней (с 20 по 31 марта).

Повторяемость оттепелей смешанного типа испытывает меньшие колебания в течение холодного периода и изменяется от 17 до 31 %. В начале холодного периода вклад оттепелей смешанного типа, так же как и радиационных, меньше, чем в его конце.

Суточная амплитуда при оттепелях наибольшая в декабре и январе. Абсолютный максимум амплитуды при оттепелях был отмечен в Ижевске 9 декабря 1941 года и составил 29 °С (минимальная температура –28,1 °С, максимальная +0,9 °С), оттепель наблюдалась в западной периферии сибирского антициклона в условиях адвекции тепла примыкающего с запада высотного циклона.

Синоптические условия возникновения оттепелей. В ранее выполненных работах XX в. для европейской территории СССР было выделено три типа оттепелей, связанных с направлением вторжения воздушных масс: западный, южный и юго-западный. В работе С.Ф. Никитенко и др. (1965) добавлен еще один тип оттепели – северо-западный. Наименее интенсивны оттепели согласно результатам расчетов этих авторов северо-западного типа. Наиболее повторяющийся тип – западный (35 % всех случаев). Самые интенсивные (4 °С и выше) оттепели – юго-западного типа, вызванные перемещением циклонов с Балканского полуострова [10].

В Ижевске за рассматриваемый период волны тепла наблюдались при температурах на изобарической поверхности 850 гПа от +8 до –10 °С. Давление приведенное к уровню моря при этом изменялось в широком диапазоне: от 990 до 1040 гПа. Геопотенциал на поверхности АТ-500 колебался от 506 до 568 гп. дам.

В приземном поле при оттепелях наблюдались разные формы циркуляции, причем доля циклонического типа циркуляции от общего количества случаев составила 52 %, антициклонического – 30 % (рис. 4). В 18 случаях из 100 оттепели наблюдались при промежуточных формах циркуляции – на периферии циклонов и антициклонов и в седловинах.



Рис. 4. Формы циркуляций при оттепелях

На рис. 5 показано распределение циклонических форм циркуляции в случаях с оттепелями. Чаще всего – в 43 % случаев – оттепели наблюдались под влиянием ложбины обширного циклона, в его теплом секторе. Значительна повторяемость оттепелей и при выходе южных циклонов.

На высотных картах при оттепелях чаще всего наблюдается гребень тепла. Явление заканчивается, как правило, с ослаблением высотного гребня и распространением ложбины холода с запада на восток.

На рис. 6 представлено распределение повторяемости направлений ветра на АТ-500 при оттепелях, из которого видно, что оттепели продолжительностью три дня и более в Ижевске никогда не наблюдались при северных и северо-восточных направлениях. Направления восточной четверти при оттепелях также не характерны. Наиболее повторяющиеся направления смещения воздушных масс при оттепелях в Ижевске, в отличие от результатов расчетов середины прошлого века, юго-западные.

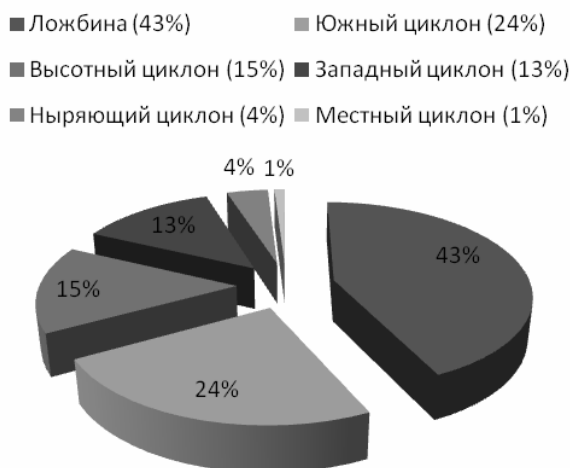


Рис. 5. Циклонические формы циркуляции при оттепелях

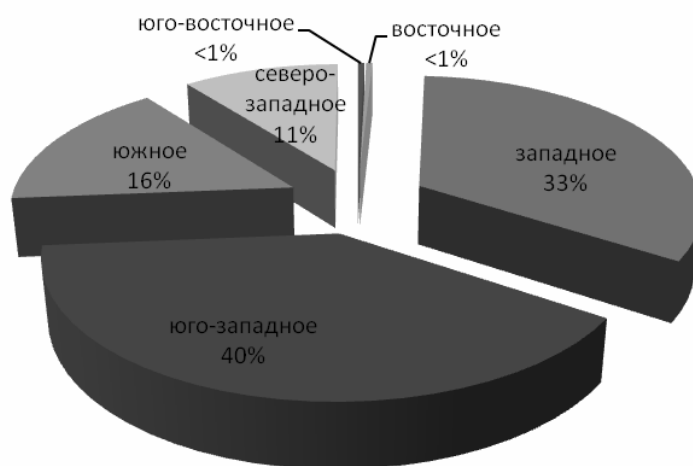


Рис. 6. Повторяемость направлений ветра на изобарической поверхности АТ-500

В работе было изучено влияние основных пространственно-временных мод в системе «океан–атмосфера» Северного полушария (северо-атлантическое NAO, восточно-атлантическое EA, восточно-атлантическое/западно-российское EA-WR, скандинавское SCAND колебания, арктическая осцилляция AO) на повторяемость оттепелей в Ижевске. Наиболее тесные корреляционные связи обнаружались между индексом SCAND, характеризующим условия антициклонического блокирования на севере Европы, и повторяемостью оттепелей в январе и феврале: $r = 0,51$ и $r = 0,59$ соответственно. Результаты согласуются с исследованиями авторов [11], заключивших, что влияние SCAND на отдельные регионы максимально в январе и феврале. В январе на повторяемость оттепелей в Ижевске также оказывает влияние индекс EA и AO: $r = 0,37$. В марте установлена связь между NAO и оттепелями с коэффициентом 0,34. В ноябре и декабре зависимостей между циркуляцией атмосферы и количеством оттепелей не выявлено.

Выводы

1. В среднем в Ижевске наблюдается 30 дней с оттепелями, большая часть приходится на ноябрь и март. В зимние календарные месяцы количество дней с оттепелями гораздо меньше: 7 в году. Интенсивность оттепелей максимальна в ноябре и марте и минимальна в январе.

2. В целом повторяемость оттепелей возрастает со временем. Большой вклад в увеличение повторяемости явления вносят ноябрь и март. На фоне общего роста, в начале XX века наблюдается уменьшение повторяемости оттепелей. В то же время интенсивность оттепелей слабо уменьшается до 1990-х гг. и растет в последние десятилетия со скоростью $0,16^\circ/10$ лет.

3. В Ижевске оттепели носят в основном адвективный характер. Вклад адвективного типа в общую повторяемость оттепелей максимален в ноябре. По мере приближения к концу холодного периода увеличивается повторяемость оттепелей радиационного типа.

4. Чаще всего оттепели наблюдаются при юго-западных потоках на изобарической поверхности АТ-500 гПа, у земли при этом могут наблюдаться как циклонические, так и антициклонические и периферийные формы циркуляции.

5. На возникновение оттепелей в январе и феврале оказывает влияние скандинавское колебание.

Работа выполнена при поддержке Российского Фонда Фундаментальных исследований (проект № 15-05-06349).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Переведенцев Ю.П., Верещагин М.А., Наумов Э.П., Шанталинский К.М., Николаев А.А. Региональные проявления современного потепления климата в тропо-стратосфере Северного полушария // Изв. РАН. Сер. Геогр. 2005. №6. С. 5-17
2. Переведенцев Ю.П. Теория климата. Казань: Изд-во КГУ. 2009. 504 с.
3. Переведенцев Ю.П., Соколов В.В., Наумов Э.П. Климат и окружающая среда Приволжского федерального округа. Казань: Казанский ун-т, 2013. 274 с.
4. Шерстюков Б.Г. Современные изменения климата: пространственно-временные особенности и основные причины // Окружающая среда и устойчивое развитие регионов: новые методы и технологии исследований: тр. Всерос. науч. конф. с междунар. участием. Казань: Казан. гос. ун-т, 2009. Т. 2. С. 239-242.
5. Шкляев В.А., Ермакова Л.Н., Шкляева Л.С. Статистические характеристики температуры воздуха холодного периода в г. Перми и их временные изменения // Географический вестник. 2011. № 2 (17). С. 44-48.
6. Мирвис В.М., Гусева И.П. Изменения в режиме оттепелей на территории России // Тр. Главной геофизической обсерватории им. А.И. Воейкова. 2007. Вып. 556. С. 101-115.
7. Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1974. 568 с.
8. Переведенцев Ю.П., Наумов Э.П., Шанталинский К.М. Климатические условия и ресурсы Республики Удмуртия. Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2009. 96 с.
9. Климат Ижевска / под ред. Ц.А. Швер. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 136 с.
10. Хайруллин К.Ш. Оттепели на территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1969. 88 с.
11. Полонский А.Б., Кибальчич И.А. Циркуляционные индексы и температурный режим Восточной Европы в зимний период // Метеорология и гидрология. 2015. № 1. С. 5-17.

Поступила в редакцию 13.08.15

A. V. Shumikhina

REPEATABILITY AND DYNAMICS OF THAWS IN IZHEVSK

The paper considers a climatic series of daily values of maximum air temperature from 1933 to 2013 in the city of Izhevsk. The basic characteristics of the distribution of temperature are calculated and the relationship between thaws and the synoptic conditions in which they were observed are examined. The data shows that thaws are observed for about thirty days during the cold period, most occurring in November and March and least occurring in January and February. The repeatability of thaws increases primarily in November and March. Analysis of the synoptic conditions for the occurrence of thaws in Izhevsk has shown that they often occur provided southwestern flows at a pressure level of АТ-500 hPa. Scandinavian oscillation influences the occurrence of thaws in January and February.

Keywords: climate, climate change, air temperature, thaw, synoptics, meteorology.

Шумихина Алла Валерьевна,
руководитель группы метеопрогнозов
ФГБУ «Удмуртский ЦГМС»
426068, Россия, г. Ижевск, ул. Сабурова, 25
E-mail: kamb2442@gmail.com

Shumikhina A. V.,
Head of weather forecasts
Udmurt CGMS
Saburova st., 25, Izhevsk, Russia, 426068
E-mail: kamb2442@gmail.com