

УДК 551.5:914/919

*Н.Ф. Харламова*

**Современные изменения климата  
внутриконтинентальных районов России\***

Проблема современных изменений климата и их влияния на различные компоненты природной среды и человеческое общество выдвинулась в ряд первостепенно важных. В настоящее время вопросами колебаний и изменений климата занимаются многочисленные отдельные исследователи и целые коллективы ученых, в том числе в рамках крупных международных проектов и национальных программ. Представление обзора результатов таких работ является самостоятельной, трудоемкой и почти неподъемной задачей [1].

На протяжении всей истории Земли климат испытывал изменения разного временного масштаба. Как обобщение всякого рода непостоянства климата в литературе наибольшее распространение получил термин «изменение климата» [2]. Однако достаточно четкая и согласованная терминология при изучении проблемы до сих пор отсутствует, поскольку до последнего времени (например, в Рамочной конвенции по проблеме изменений климата – РКИК) понятие «изменение климата» (climate change) определялось как антропогенно обусловленное изменение в отличие от изменчивости (variability) климата за счет природных факторов. В то же время, согласно терминологии Межправительственной группы экспертов по проблеме изменений климата МГЭИК, под изменениями климата, которые могут иметь природное происхождение или быть обусловленными антропогенными факторами, «понимаются статистически существенные вариации среднего состояния или его изменчивости, устойчивость которых сохраняется на протяжении длительного времени (десятилетий и более)» [3, с. 3]. Под изменчивостью климата в данном случае понимаются вариации среднего состояния при всех временных масштабах, выходящие за пределы отдельных событий погоды.

Зачастую изменения климата оцениваются на основании моделей, определенных по данным в узлах регулярной сетки различного разрешения. Наиболее достоверно изменения могут быть определены по данным инструментальных наблюдений на сети гидрометеорологических стан-

ций [4]. Особый интерес представляют наиболее длиннорядные станции, к которым относится одна из старейших в Азии – метеостанция Барнаул. Исследования подтвердили, что метеостанция может считаться репрезентативной для территории внутриконтинентальных районов не только России, но и Азии. Коэффициенты корреляции годовой температуры воздуха с метеостанциями Алтайского края составляют 0,86–0,98, годовых сумм осадков – 0,67–0,72 [5]. Корреляция годовых температур с Минусинском – 0,68, Урумчи и Алтай, Синьцзян (Китай) – 0,57 и 0,88 [6].

В распоряжении исследователей имеется известная база данных глобального поля аномалий температуры приземного воздуха и поверхности океана в узлах регулярной пятиградусной сетки с 1856 по 2002 г., рассчитанных от средних значений температуры за период 1961–1990 гг. [7]. Потепление на территории континентов относительно 60-х гг. XIX в. оценивается в 1,6 °C [8]. Выявлено, что наиболее полная и качественная информация характерна для периода не ранее 1900 г. Соответственно, преобладающая часть оценок климатических изменений приводится для XX в.: среднегодовая приземная температура воздуха Северного полушария повысилась примерно на 0,6±0,2 °C с 1901 по 2000 г. Указанная величина получена при использовании различных вариантов аппроксимации рядов температуры линейными полиномами по методу наименьших квадратов. Приземная температура воздуха вычисляется из температуры воздуха над континентами (на высоте 2 м) и температуры поверхности океана. Глобальное потепление климата достигло первого максимума в 1910–1945 гг., затем до середины 1960-х гг. наблюдалось некоторое снижение глобальной приземной температуры воздуха, которое с 1976 г. сменилось фазой наиболее интенсивного потепления. В Третьем Национальном сообщении Российской Федерации, подготовленном Межведомственной комиссией по проблемам изменения климата, отмечено, что для территории России потепление за столетие составило около 1 °C, при увеличении скорости за последние 50 лет. По-

\* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (проект №05-05-64815).

вышение температуры более заметно зимой и весной, почти не наблюдаясь осенью, с максимумом интенсивности к востоку от Урала [4]. Последний вывод подтверждается результатами анализа 55 стационарных рядов приземной температуры воздуха (в том числе метеостанции Барнаул), выполненного с помощью разложения этих рядов по естественным ортогональным составляющим: в течение 1901–2000 гг. «наибольшее потепление имело место в Западной Сибири...» [1, с. 63]. Краткий обзор работ, посвященных региональным особенностям изменений климата в южных районах Западной и Средней Сибири, Алтае-Саянской горной области, которые можно объединить как внутриконтинентальные районы России, представлен Н.Ф. Харламовой [9]. Основные выводы: изменения годовой температуры воздуха для внутриконтинентальных районов значительно превышают среднеглобальный уровень [10]. Тенденция увеличения средней годовой приземной температуры воздуха разной интенсивности хорошо проявляется на всех метеостанциях в основном за счет потепления холодного периода года не только в пределах России, но и Северного Казахстана, сопредельных территорий Монголии. Отмечается смягчение континентальности климата за счет снижения годовой амплитуды среднемесячных температур [11]. Начиная с 80-х гг. XX в. процесс потепления усиливается [12], интенсивность потепления в горах Алтая достигает максимальных значений в межгорных котловинах Юго-Восточного Алтая [13].

Проведено восстановление однородности рядов наблюдений в связи с переносом мст. Барнаул из городской черты за город (25 км), заменой дождемера на осадкомер и введением поправки на смачивание. Поэтому наши расчеты несколько отличаются от данных, приводимых томскими учеными [14].

Повышение годовой температуры воздуха мст. Барнаул за 167 лет составляет 2,86 °С, или 1,8 °С за 100 лет (рис. 1, табл.).

Потепление проявляется большей частью зимой и весной. Средняя температура холодного периода (XI–III) увеличилась на 3,6 °С/167 лет,

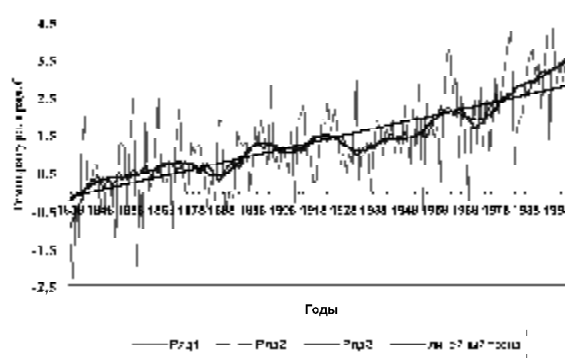


Рис. 1. Годовая температура воздуха (Барнаул). Ряд 1 – фактические значения, ряд 2 – сглаженные фильтром низких частот, ряд 3 – 11-летние скользящие средние и линейный тренд

или 2,3 °С/100 лет; теплого периода (IV–X) – на 2,4 °С или 1,4 °С соответственно. Особенно заметны изменения для января, марта и апреля. В июле, августе и сентябре повышение оказалось минимальным [15].

Кроме аппроксимации распределений метеорологических величин линейными или полиномиальными трендами, распространено представление результатов в виде отклонений (аномалий) ежегодных значений от среднемноголетней температуры за 30-летний период, рекомендованный ВМО. В настоящее время используется период 1961–1990 гг., в то же время появляются исследования, в которых приводится период 1971–2000 гг.

Осреднение с помощью 11-летних скользящих средних позволяет наглядно отметить начало периода наиболее значительного повышения температуры – с конца 80-х гг. XX в. (рис. 2). Темпы изменения заметно возрастают: с 1838 по 1958 г. средний градиент составлял 0,0147 °С/год, в 1959–2003 гг. – 0,0336 °С/год. Этот результат совпадает с данными Вакуленко и др. (2000), согласно которым в середине XX в. произошла относительно резкая смена сценария поведения глобальной климатической системы (цит. по: [7]). Величина повышения годовой температуры воз-

Оценки величин изменения температуры воздуха в Барнауле на основе линейных трендов

Период	Оценки изменений температуры, °С					
	1838 г.	2004 г.	$\Delta^\circ/167\text{лет}$	1901 г.	2000 г.	$\Delta^\circ/100\text{лет}$
Годовой	-0,15	2,86	3,0	0,99	2,79	1,8
Холодный	-14,86	-11,26	3,6	-13,48	-11,18	2,3
Теплый	10,43	12,79	2,4	11,33	12,74	1,4
Весна	4,92	8,67	3,8	6,34	8,58	2,2
Лето	17,35	19,04	1,7	18,0	19,0	1,0
Зима	-14,86	-11,26	3,6	-13,48	-11,18	2,3

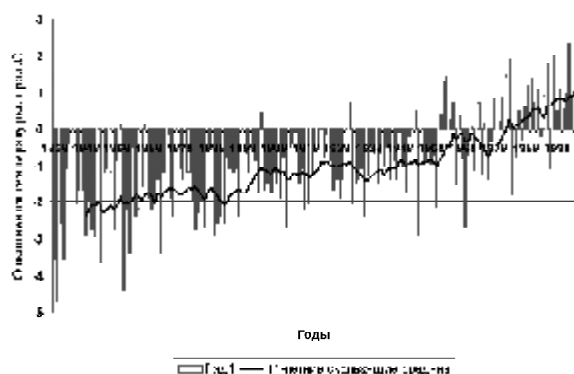


Рис. 2. Отклонения годовой температуры воздуха от средней за 1961–1990 гг., сглаженные 11-летним скользящим фильтром

духа в 2025 г. по сравнению с 2000 г. может составить от 0,5 °С (расчеты на основе линейного тренда) до 1 °С (расчеты с использованием полиномиального тренда).

По оценкам Всемирной метеорологической организации, можно выделить пять самых теплых лет (в порядке убывания): 1998, 2002, 2003, 2001 и 1995 гг. [16]. Серия самых теплых лет в Барнауле отличается и распределяется следующим образом: 2002, 1997, 1983, 1995 и 1963 гг. Изменения годовой температуры воздуха имеют волновой характер: периоды потеплений чередуются с периодами похолоданий, временные границы и продолжительность которых несколько отличаются от данных для Северного полушария в целом. Подобное несоответствие не является исключением и характерно, например, для территории Татарстана [17].

Как правило, не отмечается синхронности колебаний температуры зимы (XI–III) и лета (VI–VIII), более характерна асинхронная периодичность (рис. 3). Однако с начала 60-х гг. XX в. наблюдалась достаточно выраженная синхронность колебаний, нарушение которой проявилось в конце 1980-х гг.

Таким образом, долговременная тенденция увеличения годовой температуры воздуха во внутриконтинентальных районах формируется за счет более значительного потепления зимы и весны. Повышение температуры летних месяцев незначительно. Долговременные тренды отмечаются на фоне мелкомасштабных отклонений положительного и отрицательного знака, которые носят циклический (ритмический) характер.

В то же время глобальное потепление не сопровождается значительным увеличением продолжительности теплого или вегетационного периодов, о котором сообщается в отдельных исследованиях. Например, дата устойчивого пе-

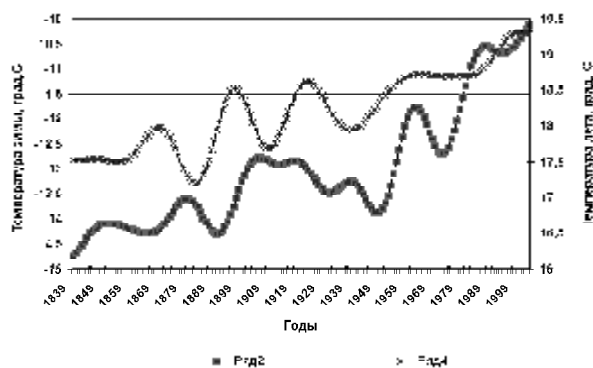


Рис. 3. Сглаженные низкочастотным фильтром средние температуры зимы (ряд 2) и лета (ряд 4)

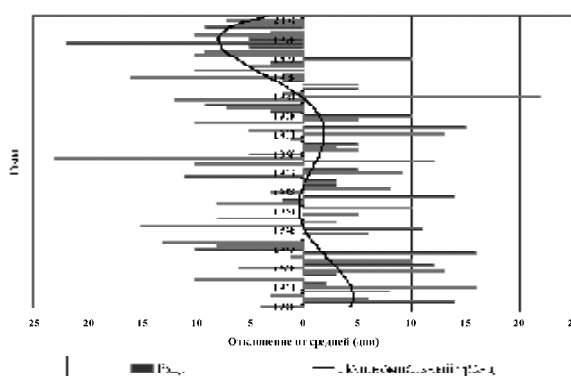


Рис. 4. Отклонения дат устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через +10 °С весной от среднемноголетней (1928–2004 гг.)

рехода среднесуточной температуры воздуха через +10 °С весной при сравнении периодов 1881–1960 и 1928–2004 гг. стала отмечаться всего на 1 день раньше [18]. Сохраняется возможность ранних осенних заморозков, прерывающих вегетацию некоторых теплолюбивых культур. Особенно неожиданным был снегопад 26–27 сентября 2004 г., сопровождавшийся понижением температуры в Барнауле ниже –4 °С и формированием снежного покрова высотой 21 см.

Хронологические исследования начала и продолжительности фаз сезонов года в Барнауле показали, что начальная и конечная фазы зимы равнозначны по продолжительности и длиннее аналогичных фаз летнего сезона. Следовательно, нарастание сумм тепла, как и сокращение теплообеспеченности летом, происходит быстрее и энергичнее, чем остывание и прогревание зимой. Поэтому так важна роль нормальной влагообеспеченности развивающейся растительности в фазы «предлетье» и «умеренно-прохладное лето». Увлажненность конца весны–начала лета в лесостепных и степных районах внутриконтинентальной территории России не соответ-

ствуует интенсивности прироста тепла, что создает напряженность функционирования биотического компонента геосистем, особенно с учетом значительной межгодовой изменчивости осадков. Ярким примером является поздняя весна 2006 г., когда даты начала периодов с температурами выше  $+5$  и  $+10$  °С существенно сдвинулись на более поздние, а переход через  $+15$  °С наблюдался в обычные сроки. Значительный недостаток осадков именно в это время определил чрезмерную засушливость. В некоторых районах Кулунды сельские специалисты отказывались проводить сев зерновых культур.

Наибольшей изменчивостью характеризуется продолжительность центральной фазы зимы – «значительно морозной» – от 4 до 129 дней, при этом однонаправленного сокращения продолжительности не наблюдается. Еще большая неустойчивость характерна для сумм морозных температур. При аппроксимировании линейным трендом величина сокращения  $\sum t < -10$  °С за 34 зимних сезона (1970–2004 гг.) составила 385 °С, но при этом сохраняется возможность соседства очень теплой зимы и очень суровой: 1992/93 г. ( $-994,1$  °С) и 1993/94 ( $-2012,6$  °С); 2001/02 г. ( $-549,7$ ) и 2002/03 г. ( $-1581,6$  °С). Увеличение сумм активных температур  $\sum t > +10$  °С за 35 лет составило 330 °С. Динамика более устойчива. Таким образом, отмечается увеличение межгодовой изменчивости (контрастности) сезонов, ограничивающее возможности планирования, например, сельскохозяйственных работ [19].

Результаты совместного анализа динамики режимов тепло-, влагообеспеченности и солнечной активности (по числам Вольфа) методом «наложения эпох» представлены в графической форме последовательно для каждого года внутри 11-летнего цикла (рис. 5, 6).

С началом каждого нового 11-летнего солнечного цикла в распределении годовой температуры воздуха в Барнауле наблюдается постепенное снижение, наиболее холодные годы отмечаются в годы максимума. При уменьшении активности солнца на нисходящей ветви цикла годовая температура воздуха повышается, достигая наибольших значений на 4-м и 6-м году после максимума цикла (рис. 5).

Эти выводы подтверждают отрицательную корреляцию средних глобальных температур, обнаруженную Ф. Кеппеном на основе исторических данных за период с 1804 по 1919 г. и совпадают с ходом средних годовых значений температуры для Северного полушария в 1880–1968 гг., сопоставленным с 11-летним солнечным циклом [20]. Таким образом, преобладающая

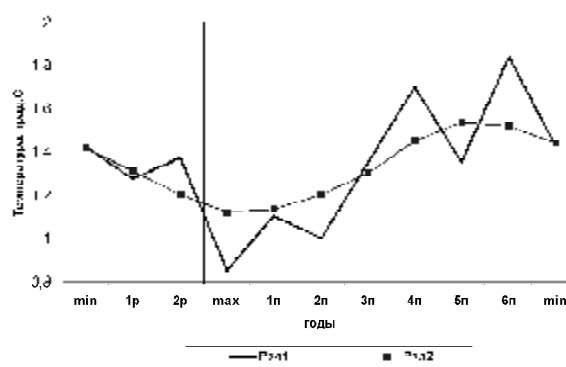


Рис. 5. Распределение годовой температуры воздуха м. Барнаул внутри 11-летнего солнечного цикла. Ряд 1 – средняя годовая температура; ряд 2 – 5-летние скользящие средние

в умеренных широтах Северного полушария отрицательная корреляция годовой температуры воздуха с 11-летним циклом, при которой минимумы температуры приблизительно соответствуют максимумам солнечной активности и наоборот, четко проявляется по данным м. Барнаул. Флуктуации средних годовых температур в Барнауле между последовательными фазами максимума и минимума солнечных пятен составляют около  $0,6$  °С.

В распределении годовых осадков с началом каждого нового цикла наблюдается постепенное увеличение их количества. На следующий год и в особенности на третий год после максимума солнечной активности вероятно наиболее значительное увлажнение. Минимальные годовые суммы осадков, как правило, характерны за год до наступления очередного цикла или в годы минимумов (рис. 6). Разница в увлажнении территории составляет в среднем 40–50 мм.

Сопоставление годовой температуры воздуха и годовой суммы осадков в годы низкой и высокой активности Солнца подтверждает закономерность, отмеченную Л.А. Вительсом [21], согласно которой в ходе метеорологических явлений на протяжении 11-летнего цикла во многих случаях наблюдается не один, а два максимума и два минимума, а двугорбые кривые более характерны, чем одnogорбые.

Оценка величин изменения атмосферных осадков при использовании линейного тренда отражает увеличение их количества на 200,8 мм с 1838 по 2004 г. Соответственно прирост осадков составляет 66,7 мм на  $1$  °С температуры. Однако распределение осадков имеет ритмический характер: выделяется вековой цикл (1862–1978 гг.) продолжительностью 116 лет, с максимумом в 1908–1910 гг. (рис. 7). В середине XIX в. было зафиксировано минимальное количество осад-

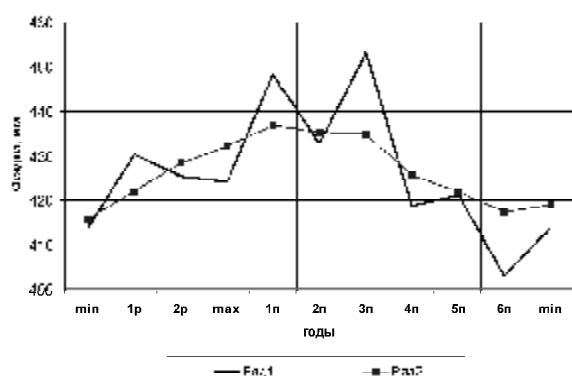


Рис. 6. Распределение годового количества осадков мст. Барнаул внутри 11-летнего солнечного цикла. Ряд 1 – средние годовые значения; ряд 2 – 5-летние скользящие средние

ков. Эти результаты совпадают с выводами Е. Максимова о том, что «самый сухой момент последней реализации 1850-летнего ритма» приурочен к середине XIX в. [22, с. 74]. В 1979 г. началась восходящая ветвь нового векового цикла, на фоне которой выделен влажный период 1986–2002 гг. В настоящее время развивается внутривековой цикл пониженного увлажнения, уменьшается и снежность зим.

Особенностью отмечаемых климатических изменений начиная с середины XIX в. является изменение соотношения тепло- и влагообеспеченности на фоне глобального потепления. Рав-

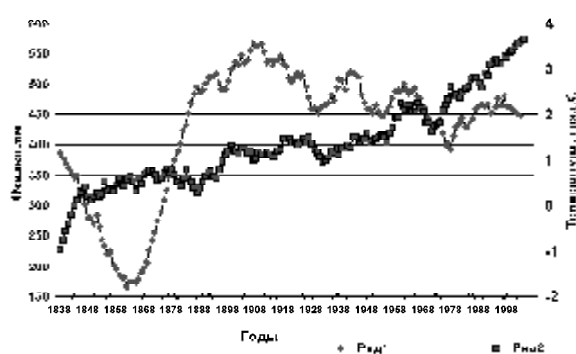


Рис. 7. 11-летние скользящие значения годового количества осадков (ряд 1) и годовой температуры воздуха (ряд 2), Барнаул

ноценное количество осадков в начале и в конце XX столетия обеспечивало разную увлажненность: при более высоком уровне температур увлажнение уменьшалось (рис. 7). И если темпы потепления сохранятся в ближайшие годы, уровень увеличения осадков будет недостаточным для повышения общей увлажненности.

Происходящие климатические изменения будут способствовать сохранению прогрессивно развивающегося термоаридного тренда во внутриконтинентальных районах России, увеличению повторяемости экстремальных климатических явлений (засухи, пыльные бури, наводнения), изменению границ природных зон, уменьшению площади оледенения и др.

## Литература

1. Монин А.С. Колебания климата по данным наблюдений: тройной солнечный и другие циклы / А.С. Монин, Д.М. Сонечкин. М., 2005.
2. Изменения климата Беларуси и их последствия / В.Ф. Логинов и др. Минск, 2003.
3. Кондратьев К.Я. Приоритеты глобальной климатологии (к итогам Всемирной конференции по изменению климата. Москва, 29 сентября–3 октября 2003 г.) // Изв. РГО. 2004. Вып. 2.
4. Третье Национальное сообщение Российской Федерации, представленное в соответствии со статьями 4 и 12 Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата / Межведомственная комиссия Российской Федерации по проблемам изменения климата. М., 2002.
5. Барышникова О.Н. Предпосылки изменения ландшафтной структуры территории Алтайского края / О.Н. Барышникова, Н.Ф. Харламова // Известия АлтГУ. 2002. №3(25).
6. Чистяков К.В. Региональная экология малоизмененных ландшафтов: северо-запад Внутренней Азии / К.В. Чистяков, Ю.П. Селиверстов. СПб., 1999.
7. Бышев В.И. Роль океана в современном потеплении климата / В.И. Бышев, В.Г. Нейман, Ю.А. Рома-

- нов // Мировой океан, водоемы суши и климат: Тр. XII съезда Русского геогр. об-ва. СПб., 2005. Т. 5.
8. Глобальные изменения природной среды (климат и водный режим). М., 2000.
9. Харламова Н.Ф. Региональные особенности динамики климата Центральной Азии // Геоэкология Алтае-Саянской горной страны: Ежегодный междунар. сб. науч. ст. Горно-Алтайск, 2005. Вып. 2.
10. Kharlamova N.F. Regional climate and environmental change in Central Asia / N.F. Kharlamova, V.S. Revyakin // H. Vogtmann and N. Dobretsov (eds). Environmental Security and Sustainable Land Use – with special reference to Central Asia. Springer. Printed in the Netherlands. 2006.
11. Паромов В.В. Изменение приземной температуры воздуха во второй половине XX в. в предгорных и горных областях юга Западной Сибири // Экология пойм сибирских рек и Арктики: Тез. докл. II совещ. Томск, 2000.
12. Модина Т.Д. Тенденции современных изменений климата на Алтае / Т.Д. Модина, М.Г. Сухова // Сохранение этнокультурного и биологического разнообразия горных территорий. Горно-Алтайск, 2003.
13. Яськов М.И. Опустынивание Чуйской котловины (Горный Алтай): Монография. Бийск, 1999.

14. Барашкова Н.К. Современные тенденции климатических изменений в южной части Западной Сибири / Н.К. Барашкова, Г.О. Задде, М.В. Кабанов, В.В. Севастьянов // География и природные ресурсы. 2000. №2.

15. Харламова Н.Ф. Динамика и структура температурного режима мст. Барнаул // Климат, мониторинг окружающей среды, гидрометеорологическое прогнозирование и обслуживание: Тез. докл. Всерос. науч. конф. Казань, 2000.

16. Переведенцев Ю.П. Изменения температуры в тропо-стратосфере Северного полушария во второй половине XX столетия / Ю.П. Переведенцев, М.А. Верещагин и др. // Мировой океан, водоемы суши и климат: Тр. XII съезда Русского геогр. об-ва. СПб., 2005. Т. 5.

17. Переведенцев Ю.П. Изменения основных показателей климата Татарстана в XX столетии / Ю.П. Переведенцев и др. // Мировой океан, водоемы суши и климат: Тр. XII съезда Русского геогр. об-ва. СПб., 2005. Т. 5.

18. Харламова Н.Ф. Климат и сезонная ритмика природы Барнаула / Н.Ф. Харламова, В.С. Ревякин, Б.А. Леконцев: Монография. Барнаул, 2005.

19. Харламова Н.Ф. Сезонная ритмика годового цикла г. Барнаул // Известия Бийского отделения Русского геогр. об-ва. Бийск, 2005. Вып. 25.

20. Герман Дж. Р. Солнце, погода и климат / Дж. Р. Герман, Р.А. Голдберг. Л., 1981.

21. Вительс Л.А. Синоптическая метеорология и гелиогеофизика // Избранные труды. Л., 1977.

22. Максимов Е.В. Ритмы на Земле и в Космосе. Тюмень, 2005.