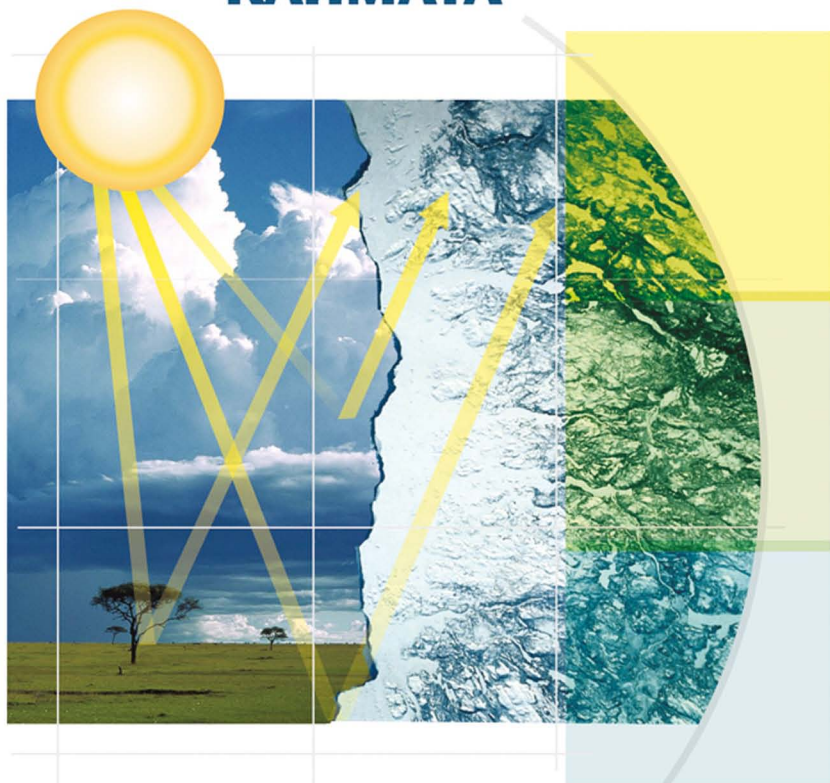




В. Ф. ЛОГИНОВ

РАДИАЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ И ДОКАЗАТЕЛЬНАЯ БАЗА СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА



НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК БЕЛАРУСИ
Институт природопользования

В. Ф. ЛОГИНОВ

**РАДИАЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ
И ДОКАЗАТЕЛЬНАЯ БАЗА
СОВРЕМЕННЫХ
ИЗМЕНЕНИЙ
КЛИМАТА**



Минск
«Беларуская навука»
2012

УДК 551.583:[551.52+504.7]

Логинов, В. Ф. Радиационные факторы и доказательная база современных изменений климата / В. Ф. Логинов. – Минск : Беларус. навука, 2012. – 266 с. – ISBN 978-985-08-1387-9.

В монографии рассмотрена доказательная база и проблемные вопросы интерпретации результатов исследований изменений климата в различных пространственно-временных масштабах. Приводятся аргументы и факты в пользу антропогенной природы современного изменения климата и рассматриваются особенности изменений климата, которые не укладываются в теорию их антропогенного происхождения. Произведена оценка вклада урбанизации в изменение климата. Разработаны индексы радиационного воздействия на климат.

Книга адресует широкому кругу климатологов, экологов, гелиогеофизиков, а также специалистов в других областях знаний, которые интересуются вопросами причин изменения и прогнозирования климата, а также возможностями учета изменений климата при осуществлении хозяйственной деятельности.

Табл. 54. Ил. 33. Библиогр. – 190 назв.

Р е ц е н з е н т ы:

доктор физико-математических наук,
член-корреспондент А. П. Иванов
доктор географических наук, профессор А. А. Волчек

ISBN 978-985-08-1387-9

© Логинов, В. Ф., 2012

© Оформление. РУП «Издательский
дом «Беларуская навука», 2012

ВВЕДЕНИЕ

Математическое моделирование изменений климата достигло в настоящее время достаточно высокого уровня. В основе существующих прогнозов лежит концепция антропогенного характера глобального потепления, сценарии эмиссии источников и стоков парниковых газов и целая цепь допущений, положенных в основу разработанных моделей.

Однако до сих пор не решен фундаментальный вопрос климатологии — какова чувствительность климатической системы к малым внешним воздействиям углекислого газа? Чувствительность к концентрации углекислого газа многих современных совместных моделей общей циркуляции атмосферы и океана существенно завышена [29, 30, 131]. Это означает прогнозное завышение величины роста температуры атмосферного воздуха за последние десятилетия за счет антропогенных парниковых газов.

Большинство современных моделей не воспроизводят с необходимой степенью достоверности некоторые крупномасштабные моды климатических изменений. Удовлетворительно описывая трендовую составляющую в изменении климата, модели не могут предсказать быстрые, скачкообразные климатические изменения, в том числе и изменения в крупномасштабной термохалинной циркуляции Мирового океана. Они же не воспроизводят чередования эпох потепления и похолодания климата, которые имеют циклическую природу [26].

Не отрицая в принципе антропогенную природу современного потепления климата, следует обратить внимание на значительную неопределенность в оценках радиационного воздействия других внешних факторов на климат. Известно, что неопределенность оценок радиационного воздействия в несколько раз превышает величину воздействия на климат углекислого газа — главного парникового газа. Даже самые современные климатические модели имеют ряд недостатков. На это указывают также сами специалисты в области математического моделирования. Так, сложность протекающих в оболочках Земли процессов, неполнота сведений о физических факторах, определяющих изменения в климатической системе, делают принципиально невозможным точный прогноз климатических изменений. Существуют большие неопределенности сценариев изменений источников и стоков парниковых газов. Углеродный цикл в климатических моделях либо не учитывается вообще, либо учитывается грубо. Плохо учитываются обратные связи в климатической системе. Возникают большие сложности учета взаимодействия атмосферы, гидросферы, криосферы и биосферы, а также облачного покрова.

В существующих моделях плохо учитывается аэрозоль естественного (вулканогенного) и антропогенного происхождения, а также такие малые климатообразующие факторы, как солнечная активность и другие астрогеофизические факторы. Конечно, следует признать, что влияние этих астрогеофизических факторов на климат уступает влиянию уже учитываемых в моделях факторов. Можно надеяться, что климатические модели нового поколения, вероятно, продемонстрируют возможности учета таких малых сил. Учет влияния этих сил на погоду и климат можно осуществить путем создания суммарного радиационного индекса, который хотя бы грубо мог отражать радиационное воздействие на погоду и климат таких сил, как солнечная активность, аэрозоли естественного и антропогенного происхождения и углекислого газа — основного парникового газа, динамика

которого достаточно хорошо известна за последнее столетие. Идея о создании суммарного радиационного индекса для описания глобальных изменений климата была высказана и частично реализована в 1972 г. В это время возник крайне большой интерес научного сообщества к вопросу влияния солнечной активности на атмосферу Земли, погоду и климат. В качестве возможной причины изменения погоды и климата широко обсуждалась роль солнечной активности¹, описываемой различными индексами, изменение содержания вулканических аэрозолей и, естественно, динамика концентрации парниковых газов и в первую очередь углекислого газа.

Главная цель монографии – показать возможность расчета простых индексов радиационного воздействия на климат, оценить их связь с температурой различных широтных зон, Северного и Южного полушарий, Земного шара в разные сезоны и года в целом и в конечном счете возможность их использования в прогностической практике.

Автор стремился привести аргументы и факты, которые не всегда укладываются в существующие представления о влиянии малых сил (солнечной активности, вулканического и антропогенного аэрозоля) на климат. В ряде случаев сознательно обострял существующие проблемные вопросы, чтобы обратить внимание читателя на их существование и побудить его либо подтвердить, либо опровергнуть представленные в работе результаты. Автор заранее осознавал, что какая-то часть результатов оценки влияния малых сил на климат не выдержит проверку временем и окажется несостоятельной. И так было всегда, когда исследователь брался за решение проблемы, которая является предметом острых дискуссий уже не одну сотню лет, и, вероятно, на-

¹ Это, вероятно, было связано с формированием в 60–70-е годы прошлого столетия большого количества экстремальных климатических явлений, в особенности засух (сахальские засухи, засухи в СССР 1972, 1975, 1981 гг.). Они сильно подорвали экономику стран сахальской зоны, СССР и других стран.

чиналось с письма Баллиани Галилею, где отмечалось, что после появления большого числа пятен на Солнце следует ожидать понижения температуры воздуха на Земле. Это было, очевидно, первое указание о влиянии малых сил на климат.

Исследование изменений газового и аэрозольного состава атмосферы на климат началось позже и включает период времени начиная со второй половины XIX столетия (Тиндел, 1861; Аррениус, 1896, 1903; Чемберлен, 1897, 1898, 1899; Календер, 1938). В понимании этой проблемы ясности существенно больше, чем по вопросу влияния солнечной активности на климат, но спорных моментов здесь остается еще много.

Автор решился написать такую монографию, отчетливо понимая, что она будет содержать ряд результатов постановочного характера, требующих дальнейшего уточнения и развития. С этой целью в приложениях к работе помещены исходные значения индексов радиационного воздействия на климат и другие материалы.

Часть полученных результатов носит дискуссионный характер, а некоторые из них могут даже противоречить привычным представлениям, существующим в климатологии и гелиогеофизике. Однако именно в этом нам хотелось бы видеть главное достоинство книги. Наличие разных точек зрения на большое количество вопросов этой дискуссионной проблемы может послужить движущей силой ее развития.

Автор выражает глубокую признательность своим коллегам по работе В. С. Микуцкому и В. В. Коляде, которые принимали участие в выполнении отдельных разделов монографии (1.2.6 и 3.3) и обсуждении результатов.

**ДОКАЗАТЕЛЬНАЯ БАЗА
И ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ ИНТЕРПРЕТАЦИИ
РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ
И МОДЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА**

В последние два года в мире усилилось скептическое отношение к достоверности полученных результатов об изменениях климата и климата будущего. Отмечается некая эрозия веры в глобальное потепление. Число американцев, которые верят в глобальное потепление, сократилось с 71 % в 2008 г. до 57 % в 2010 г. Опросы общественного мнения в США и Англии свидетельствуют об уменьшении числа жителей США и Англии, считающих, что глобальное потепление связано с человеческой деятельностью. Так, в Англии исследование BBC показало, что количество людей, считающих, что глобальное потепление, связанное с человеческой деятельностью, снизилось с 41 % в ноябре 2008 г. до 26 % в феврале 2009 г. [189]. Скептицизм населения, как правило, особенно усиливается после суровых зим. Безусловно, результаты опросов общественного мнения базируются в основном на мнении непрофессионалов и могут расходиться с мнением ученых-климатологов.

Начались нападки на Межправительственную группу по изменению климата, когда обнаружили некоторые ошибки в их прогнозах таяния Гималайских ледников и в других оценках. Большие сомнения возникли относительно достоверности изменений климата в последнем тысячелетии, восстановленных Майклом Манном по косвенным данным (так называемая «хоккейная клюшка Манна»), а также информации об изменениях климата, полученной учеными Университета Восточной Англии (Норвич) [189]. Естественно, в процессах педалирования глобального потепления есть

значительная политическая составляющая, связанная с продвижением интересов фирм развитых стран, занятых выпуском экологической техники и экологически чистых продуктов, а также уменьшением зависимости многих стран от углеводородных источников. Безусловно, очевидна и положительная сторона международного сотрудничества по защите климата, хотя оно требует политической воли стран и огромных инвестиций в проект по охране глобального климата. Последнее могут позволить себе только развитые страны.

Определенное значение в выполнении этого проекта имеют политические пристрастия партий, например республиканцы в США, в большинстве своем отрицательно относятся к идее снижения эмиссии парниковых газов.

В связи с этим возникла необходимость в анализе полученных к настоящему времени результатов исследований изменений климата с разных позиций. При этом было важно обратить особое внимание на проблемные вопросы, а в отдельных случаях заблуждения, связанные с оценками и прогнозами изменений климата под влиянием естественных и антропогенных факторов, включая оценку роли термического и динамического режима Атлантического океана в формировании современных изменений климата Северного полушария и, в особенности, климата Европы. Рассмотрим ряд аспектов этой сложной и дискуссионной проблемы. При этом используем ряд графических материалов МГЭИК [151, 152], обратив внимание на те особенности глобальных и региональных изменений климата, которые редко обсуждаются в известных отчетах МГЭИК.

1.1. Аргументы и факты в пользу современного антропогенного изменения климата

1. Глобальное современное потепление климата оказалось самым мощным за историю инструментальных наблюдений: в Северном полушарии рост температуры составил около 0,9, а в Южном – около 0,6 °C (рис. 1.1). Ошибки вышеуказанных оценок составляют $\pm 0,2$ °C [152].

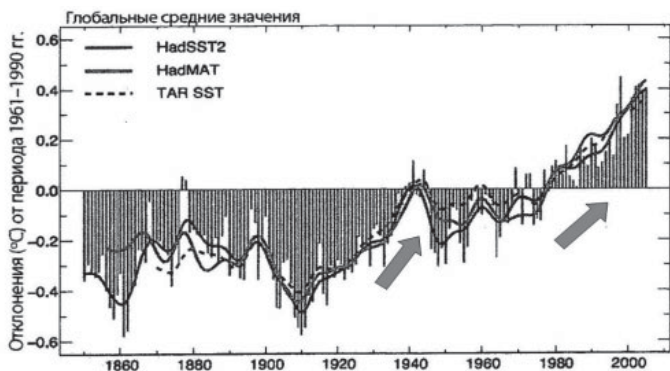


Рис. 1.2. Аномалии средней глобальной температуры поверхностного слоя океана с 1855 г. до настоящего времени по разным источникам [112]

2. Скорость роста глобальной температуры в последние три десятилетия оказалась самой высокой за историю инструментальных наблюдений. Однако рост температуры поверхностного слоя Мирового океана в период с 1910 по 1945 г. был близким к современному и составил около $0,5^{\circ}\text{C}$ (рис. 1.2).

3. Подавляющее число самых крупных среднегодовых аномалий температуры приходится на последний 30-летний период, 11 самых теплых лет отмечались после 1990 г. Согласно данным наблюдений, самыми теплыми годами после 1860-го были 1998, 2005, 2007 и 2010 гг. С 1976 г. средняя глобальная температура росла примерно в три раза быстрее, чем за последние 100 лет [152].

4. Максимальный рост температуры отмечается в континентальных районах, что согласуется с теорией парникового потепления климата. На материках создаются более благоприятные условия для усвоения длинноволновой радиации по сравнению с коротковолновой, поэтому потепление должно быть более интенсивным в центре материка, особенно зимой и ночью, когда ослабляется вертикальная конвекция. На океанах поглощение прямой солнечной радиации происходит в поверхностном слое воды днем, а длинноволновой в поверхностной пленке, что стимулирует рост

испарения и, следовательно, снижение температуры воды поверхности океана.

5. Ледовитость Северного Ледовитого океана и масса ледников сильно уменьшились за последние два десятилетия [14, 152].

6. Модельные расчеты показывают, что при повышении содержания парниковых газов в атмосфере вертикальные температурные профили должны меняться таким образом, что потепление должно быть более выраженным в нижней части тропосферы, а выхолаживание – в стратосфере. Экспериментальные данные подтверждают это.

7. В последние три десятилетия отмечается интенсивный рост содержания парниковых газов в атмосфере. Наиболее полные экспериментальные и модельные оценки, представленные в докладах МГЭИК, свидетельствуют, что парниковые газы являются важнейшим фактором современного потепления климата.

Таким образом, вышеизложенное позволяет считать, что парниковые газы, безусловно, являются важным фактором изменения климата. В последние три десятилетия наблюдается беспрецедентный рост их содержания в атмосфере за счет сжигания органического топлива и других причин, что не могло не отразиться на росте температуры на Земном шаре.

1.2. Особенности изменений климата, которые трудно объяснить влиянием парниковых газов

В качестве примера современного изменения климата рассмотрим изменения климата высоких широт (60–90° с. ш.), где собственно парниковая природа потепления климата должна быть выражена наиболее ярко. Из рис. 1.3 хорошо виден циклический ход изменения температуры воздуха в высоких широтах на фоне небольшого положительного тренда. Средняя длительность цикла составляет 60–70 лет.

Интенсивный рост температуры в высоких широтах Северного полушария в период с 1910–1915 до 1940–1945 гг.,

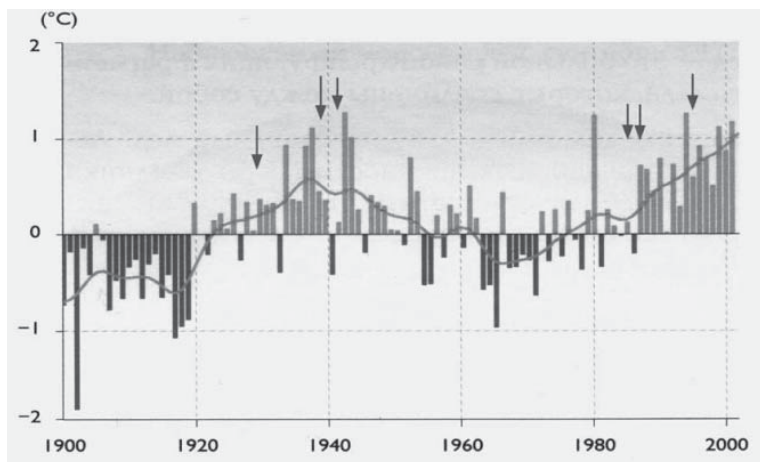


Рис. 1.3. Многолетний ход температуры воздуха в Арктике (60–90° с. ш.) [14].
Стрелками показаны годы суровых зим на территории Беларуси [60]

известный как потепление Арктики, сменился падением температуры до середины 70-х годов прошлого столетия и последующим самым интенсивным ростом температуры за период инструментальных наблюдений. Именно в высоких широтах положительный тренд температуры, связанный с ростом парниковых газов, должен быть наиболее заметен, хотя данные, приведенные на рис. 1.3, не столь показательны в этом отношении, если сравнить их с данными на рис. 1.1 и 1.2.

Большой рост температуры в высоких широтах должен быть обусловлен существенным вкладом альбедной обратной связи и воздействием сильной гравитационной устойчивости, создаваемой выхолаживанием воздуха вблизи земной поверхности, которая подавляет конвекцию и перенос длинноволнового излучения, приводя к концентрации нагревания в тонком приповерхностном слое воздуха.

Не вызывает сомнения возрастание экономических потерь в мировой экономике от неблагоприятных погодных и климатических явлений. Это может быть связано в первую

очередь с ростом в последние несколько десятилетий национального богатства, населения и урбанизации территорий, информационных возможностей стран, а не только увеличением повторяемости погодных и климатических явлений.

Серьезная дискуссия идет по вопросу изменения повторяемости засух, наводнений, суровых и теплых зим и других экстремальных климатических явлений [9]. Отмечается увеличение повторяемости ряда экстремальных климатических явлений, например теплых зим и засух, тогда как повторяемость других (тропические ураганы), даже уменьшилась или осталась на прежнем уровне. Подробная информация об изменении повторяемости опасных метеорологических и климатических явлений на территории Беларуси приведена нами в работе [62].

Рассмотрим повторяемость суровых зим, поскольку изменение их повторяемости в последние десятилетия трудно интерпретировать, исходя из парниковой природы текущего и предыдущего потепления климата, известного как потепление Арктики.

1.2.1. Повторяемость и возможные причины формирования холодных и теплых зим в Северном полушарии и Беларуси за период инструментальных наблюдений

Наиболее обстоятельное исследование суровых зим и засух на территории Северного полушария, а особенно бывшего Советского Союза, выполнил Б. И. Сазонов [104]. Он рассмотрел не только повторяемость суровых зим, но и причины формирования и возможности сверхдолгосрочного их прогнозирования. В его работе показано, что для суровых зим характерны региональные циркуляционные условия формирования.

Рассмотрим повторяемость и причины формирования суровых зим на территории Беларуси за период инструментальных наблюдений (1881–2010 гг.).

Принимая во внимание небольшую площадь Республики Беларусь и тесную (коэффициент пространственной корреляции $r > 0,9$) корреляцию среднемесячных и среднегодовых температур, рассмотрим осредненную по метеостанциям температуру в Беларуси за каждый из зимних месяцев за период инструментальных наблюдений (1881–2010 гг.). Анализ показал, что за период инструментальных наблюдений на территории Беларуси наблюдалось 18 суровых зим (в среднем одна суровая зима в 7 лет). Значения температур для каждого из месяцев 18 суровых зим приведены в табл. 1.1.

Т а б л и ц а 1.1. Температура зимних месяцев и зимы в целом (в случае холодных зим) за период инструментальных наблюдений

Годы	Ранг зимы по степени суровости	Температура зимних месяцев			Средняя температура зимы, °С
		декабрь	январь	февраль	
1939–1940	1	–5,3	–15,0	–12,5	–10,8
1928–1929	2	–4,7	–10,5	–17,1	–10,7
1941–1942	3	–5,1	–15,9	–10,5	–10,5
1984–1985	4	–4,7	–12,0	–14,5	–10,4
1892–1893	5	–6,8	–16,5	–7,5	–9,9
1953–1954	6	–4,3	–12,0	–13,2	–9,8
1962–1963	7	–6,0	–14,1	–9,1	–9,7
1923–1924	8	–4,8	–12,7	–8,4	–8,6
1995–1996	9	–7,8	–9,5	–8,5	–8,6
1968–1969	10	–4,2	–12,7	–8,4	–8,4
1940–1941	11	–6,4	–13,1	–5,6	–8,3
1986–1987	12	–4,2	–16,3	–4,3	–8,3
1890–1891	13	–11,2	–8,7	–4,8	–8,2
1963–1964	14	–7,8	–6,2	–9,2	–7,7
1906–1907	15	–6,0	–9,3	–7,6	–7,6
1967–1968	16	–6,0	–11,8	–6,0	–7,6
1911–1912	17	–3,4	–11,7	–7,6	–7,6
1966–1967	18	–5,2	–11,4	–6,0	–7,5
Средняя температура зимних месяцев и зимы в целом		–5,8	–11,7	–8,9	–8,8

В расчет принимались зимы, которые, как минимум, на два градуса были холоднее нормальной зимы, а средняя температура которой за период инструментальных наблюдений составила минус 5,5 °С. Превышение температуры холодной зимы на 2 °С соответствует величине одного среднеквадратического отклонения температуры зимы. Анализ показывает, что число холодных зим распределено неравномерно: выделяется период времени с 1923 по 1968 г., на который приходится 11 из 18 холодных зим.

Анализ внутрирядных связей температуры зимних месяцев показывает, что в большинстве случаев, когда наблюдались холодные зимы, за холодным январем следовал холодный февраль (в 16 из 18 случаев). Это позволило прогнозировать февраль 2010 г. холодным. Таких тесных внутрирядных связей для температуры декабря и января нет. Только приблизительно в половине случаев после холодного декабря следовал аномально холодный январь.

В половине случаев за декабрем, температура которого была выше или около нормы, следовал холодный январь (1912, 1929, 1942, 1954, 1985, 1924, 1969, 1987, 1967 гг.).

В целом суровость зимы определяется в большей мере температурой центрального месяца зимы – январем. В среднем январь во время холодных зим более чем на 5 °С ниже своего среднемесячного значения, тогда как температура декабря ниже всего на 1,7 °С, а февраля – на 3,2 °С по сравнению со средним значением температуры в указанные месяцы за период инструментальных наблюдений. Ранжирование зим, основываясь только на средней температуре зимы, не является исчерпывающим показателем суровой зимы. Определенный интерес представляет собой анализ устойчивости среднемесячных отрицательных зимних аномалий и их величины. Наиболее суровой может считаться зима, когда температура всех трех месяцев была ниже нормы и хотя бы в двух зимних месяцах отрицательные отклонения температуры от нормы превышали 1,5 среднеквадратических стандартных отклонения (σ). Среднеквадратиче-

ские отклонения температуры декабря, января и февраля равны соответственно 2,6; 3,7 и 3,5. Принимая во внимание эти обстоятельства, к суровым зимам можно отнести только три зимы: 1939–1940, 1941–1942, 1984–1985 гг. К суровым зимам можно с достаточным основанием относить и зимы, когда хотя бы один из месяцев был экстремально холодным (аномалия температуры больше 2σ). Таких случаев было всего четыре: февраль 1929 г., январь 1893 г., январь 1963 г., январь 1987 г. Январь 2010 г. будет существенно теплее названных выше январей и зима 2009–2010 г. не вошла в «двадцатку» самых холодных зим за период инструментальных наблюдений, поскольку температура декабря 2009 г. была близка к норме, а вероятность, что температура февраля будет ниже минус $12,0\text{ }^{\circ}\text{C}$ – около 15 %.

Рассмотрим распределение холодных зим по фазам глобального потепления климата. Как известно, изменения глобальной температуры, кроме ее положительного тренда, составляющего около $0,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ за период инструментальных наблюдений, имеют места три 60–70-летних колебания. Максимум первого 60–70-летнего колебания приходится на 70-е, а второго – на начало 40-х годов прошлого столетия [Логинов, 2008]. Последний максимум, как уже отмечалось выше, наблюдается в конце 90-х годов прошлого столетия – начале текущего столетия. Анализ холодных зим в Беларуси показал, что две холодные зимы пришлись на нисходящую ветвь первого 60–70-летнего цикла, семь – на восходящую ветвь второго цикла (1910–1945 гг.), шесть – на нисходящую ветвь второго цикла (1946–1975 гг.) и три – на восходящую ветвь последнего 60–70-летнего цикла, т. е. на годы, когда шло самое интенсивное повышение температуры Северного полушария (1976–2007 гг.). Эти результаты показывают, что большое число холодных зим пришлось на период потепления Арктики (1910–1945 гг.). Особенно холодные зимы отмечались в годы, когда оно достигло своего максимума.

Такое распределение холодных зим за период инструментальных наблюдений можно считать парадоксальным.

Холодные зимы в 1984–1985, 1995–1996 и 2009–2010 гг. также пришлось на период современного интенсивного глобального потепления и потепления в высоких широтах. Предыдущее потепление климата, известное как потепление Арктики, также сопровождалось увеличением числа самых холодных зим в Беларуси (1928–1929, 1939–1940, 1940–1941, 1941–1942 гг.).

Рассмотрим возможные причины формирования холодных зим в Беларуси. Исследование показало, что подавляющее число холодных зим совпало с низкими значениями индекса Северо-Атлантического колебания (САК) в декабре–марте [60]. Эти результаты вполне объяснимы: низкие значения индекса САК отвечают слабому переносу теплого и влажного воздуха с Северной Атлантики на территорию Беларуси зимой, а следовательно способствуют формированию холодных зим. Исключение составляли зимы 1906–1907 и 1911–1912 гг, когда значение индекса САК было существенно выше нормы. Однако не всегда минимальные значения индекса САК обеспечивают соответствующие условия для формирования холодных зим в Беларуси. Так, в 1936 и 1948 гг. наблюдались низкие значения индекса САК, но холодных зим на нашей территории не отмечалось.

Теплые зимы самого конца 80-х – 90-е годы прошлого столетия и начала XXI столетия приходились на высокие значения индекса САК, особенно высокие значения которого отмечались в 1989–2000 гг.

При ослаблении САК в высоких широтах Северного полушария отмечается повышенное давление. Холодные сухие массы воздуха из Арктики проникают на континенты и вызывают суровые зимы.

Таким образом, самые холодные зимы 1928–1929, 1939–1940, 1940–1941 и 1941–1942 гг. отмечались в годы, когда потепление в высоких широтах Северного полушария, известное как потепление Арктики, достигло максимальных значений. Холодная зима 2009–2010 гг. также наблюдается в период более мощного современного потепления по срав-

нению с эпохой предыдущего потепления Арктики в 20–40-е годы прошлого столетия. Указанные зимы можно в полной мере отнести к суровым. Сигналом ослабления современного потепления может явиться 2008 г., когда температура Земного шара была самой низкой за период с 2001 по 2008 г. Эти факты не противоречат гипотезе о снижении интенсивности течений системы Гольфстрим во время продолжительных эпох потепления климата и, как следствие, наступление фазы похолодания климата в Европе. Временной масштаб событий, связанных с ослаблением Гольфстрима и последующим похолоданием Европы, должен быть, вероятно, более продолжительным, чем это было в 60-е годы прошлого столетия. Часто холодные зимы связаны с распространением отрога Сибирского центра действия атмосферы на территорию Восточной Европы и развитием восточной формы циркуляции по Г. Я. Вангенгейму [60].

Одним из дискуссионных вопросов является вопрос влияния солнечной активности на формирование аномальных климатических явлений, к которым относятся и холодные зимы. Исследования показали, что большая часть холодных зим отмечалась при низкой солнечной активности: холодные зимы стремятся «избегать» максимальных значений солнечной активности в 11-летних солнечных циклах, хотя зимы 1906–1907 и 1966–1967 гг. наблюдались вблизи максимумов 11-летних солнечных циклов. Это свидетельствует о том, что для прогнозирования холодных зим, опираясь на 11-летнюю солнечную цикличность, оснований недостаточно.

Большая часть холодных зим отмечалась на нисходящих ветвях 11-летних солнечных циклов (1911–1912, 1923–1924, 1928–1929, 1939–1940, 1940–1941, 1941–1942, 1953–1954, 1962–1963, 1963–1964, 1984–1985, 1986–1987, 1995–1996 гг.). Особенно непропорционально много самых холодных зим отмечалось в следующих 11-летних солнечных циклах: 16, 17, 18, 19 и 21-м циклах по цюрихской нумерации (1928–1929, 1939–1940, 1941–1942, 1953–1954, 1984–1985 гг.) [60]. Послед-

ние три солнечных цикла входят в четверку самых мощных 11-летних солнечных циклов за период наблюдений солнечной активности (1749–2010 гг.). Близким по мощности был только 3-й цикл по цюрихской нумерации. Максимум этого цикла пришелся на 1778 г. и составил 154,4 единицы относительных чисел Вольфа.

В то же самое время холодные зимы в Канаде, на Аляске и Сибири чаще наблюдаются вблизи максимума солнечной активности [104]. В цитируемой работе отмечается, что европейская часть бывшего Советского Союза находится под воздействием иных циркуляционных процессов, чем другие континентальные районы Северного полушария. В случае холодных зим в Северном полушарии на эту территорию проникают воздушные массы с юга Европы, что приводит к формированию теплых зим. В случае теплых зим в Северном полушарии над Центральной Европой располагается гребень высокого давления. По его восточной периферии на ЕЧС могут вторгаться холодные массы воздуха из Арктики – формируются холодные зимы.

Основываясь на подходах, использованных при анализе холодных зим, проведем отбор самых теплых зим за период инструментальных наблюдений. Если, как и в случае анализа холодных зим, к теплым относить зимы, температура которых на 2 °C выше температуры нормальной зимы (зима со средней температурой минус 5,5 °C), то число теплых зим составило 25 в силу положительной асимметрии в распределении аномалий температуры. В связи с этим, чтобы иметь одинаковые выборки холодных и теплых зим, к теплым зимам были отнесены только зимы, температура которых была на 3 и более градусов выше, чем температура нормальной зимы. Каталог таких зим приведен в табл. 1.2.

Из табл. 1.2 следует, что в среднем вклад каждого зимнего месяца в формирование восемнадцати самых теплых зим приблизительно одинаковый, тогда как основной вклад в формирование холодных зим вносит январь и несколько меньший – февраль.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
Глава 1. Доказательная база и проблемные вопросы интерпретации результатов экспериментальных и модельных исследований изменений климата	7
1.1. Аргументы и факты в пользу современного антропогенного изменения климата.	8
1.2. Особенности изменений климата, которые трудно объяснить влиянием парниковых газов.....	11
1.2.1. Повторяемость и возможные причины формирования холодных и теплых зим в Северном полушарии и в Беларуси за период инструментальных наблюдений.....	13
1.2.2. О возможной причине жаркого лета 2010 г.	23
1.2.3. Глобальные и региональные особенности изменения температуры.....	28
1.2.4. Роль океана в формировании климата.	35
1.2.5. Общая циркуляция атмосферы и изменения климата.....	40
1.2.6. Оценка влияния урбанизации на климат и повторяемость опасных метеорологических явлений. .	45
1.2.6.1. Оценка влияния урбанизации на климат России и Украины.....	45
1.2.6.2. Влияние города на метеорологические характеристики и опасные метеорологические явления	48
1.2.6.3. Влияние урбанизации на климат Беларуси....	52
1.2.6.4. Антропогенные потоки тепла в климатической системе	61

1.2.6.5. Роль урбанизации в увеличении термических ресурсов юга Беларуси.....	70
1.2.6.6. Оценка вклада урбанизации в изменение регионального климата.....	81
Глава 2. Новые индексы радиационного воздействия на климат	91
2.1. Индексы солнечной и геомагнитной активности, используемые при исследованиях солнечно-земных связей....	91
2.2. Оценка радиационного воздействия на климат солнечной активности.....	97
2.3. Расчет изменений яркости солнечного диска на основе оценок изменений яркости и площади активных образований на Солнце.	104
2.4. Изменение содержания естественного (вулканического) и антропогенного аэрозоля в атмосфере.	115
2.5. Изменение концентрации углекислого газа и оценка его радиационного воздействия на климат.	132
2.6. Расчет суммарных индексов радиационного воздействия на климат.	134
2.7. Спектральная структура индексов радиационного воздействия.....	137
2.8. Космогеофизические факторы и их связь с изменениями погоды и климата.....	141
Глава 3. Оценка тесноты связей индексов радиационного воздействия с температурой в разных пространственно-временных масштабах	152
3.1. Корреляционные связи в гелиогеофизике и климатологии.....	152
3.2. Выбор периода для вычисления среднесуточных значений (норм).	157
3.3. Оценка тесноты связей индексов радиационного воздействия с температурой в разных пространственно-временных масштабах.	160
Глава 4. Киотский протокол: сущность, проблемы, предварительные итоги его выполнения и перспективы борьбы с потеплением климата.	190
4.1. Сущность Киотского протокола и подготовка пост-киотских соглашений.....	190
	265

4.2. Экологические последствия использования местных энергетических ресурсов. Возобновляемые источники энергии.	194
4.3. Выбросы (эмиссии) и стоки парниковых газов в Республике Беларусь.	202
4.3.1. Землепользование, изменение землепользования и лесное хозяйство.	205
4.4. Прогноз выбросов парниковых газов.	210
4.5. Предварительные итоги выполнения условий Киотского протокола и подготовка нового международного соглашения по защите климата.	217
Заключение	230
Литература	245
Приложение	256

Научное издание

Логинов Владимир Федорович

**РАДИАЦИОННЫЕ ФАКТОРЫ
И ДОКАЗАТЕЛЬНАЯ БАЗА
СОВРЕМЕННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА**

Редактор *Я. В. Рощина*

Художественный редактор *И. Т. Мохнач*

Компьютерная верстка *О. А. Толстая*

Подписано в печать 21.02.2012. Формат 84×108^{1/32}. Бумага офсетная. Печать цифровая. Усл. печ. л. 13,97+0,21 вкл. Уч.-изд. л. 13,0. Тираж 300 экз. Заказ 25.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Республиканское унитарное предприятие

«Издательский дом «Беларуская навука». ЛИ № 02330/0494405 от 27.03.2009.

Ул. Ф. Скорины, 40, 220141, г. Минск.