

ИЗМЕНЕНИЕ ГЛОБАЛЬНОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО КЛИМАТА

Л. Е. Назарова

Институт водных проблем Севера КарНЦ РАН

В настоящее время актуальной является проблема изменения и изменчивости климата в свете наблюдающегося глобального потепления, особый интерес вызывают тенденции изменения климатических условий на региональном уровне.

Изменения и изменчивость климата целесообразно разделять по длительности действия тех или иных возмущений и обратимости процесса. За изменчивость климата принимают относительно кратковременное обратимое изменение периодов, меньших, чем используются для определения климата (несколько десятилетий). Колебания с интервалами меньше 30 лет целесообразно отнести к изменчивости климата, более длительные – к колебаниям климата, если они обратимы, или к изменениям климата, если они носят необратимый характер. Понятие *изменчивость климата* (climate variability) характеризует вариации среднего состояния и других статистических характеристик (дисперсия, повторяемость экстремальных событий и др.) климата при всех временных и пространственных масштабах, выходящие за пределы отдельных событий погоды (Кондратьев, 2004). Изменчивость включает различные цикличности, шумовые компоненты и другие составляющие. Она может быть как природно обусловленной (в результате внутренних процессов и внешних воздействий), так и антропогенной. По определению Всемирной метеорологической организации, изменения климата (climate change) представляют собой разность его характеристик, полученную при осреднении за достаточно длительный промежуток времени – за так называемый интервал квазистационарности. Обычно для такого осреднения выбирается временной промежуток порядка 30 лет. Это изменение может считаться реальным, если оно превосходит вероятную ошибку вычисления соответствующих климатических переменных, или статистически значимым в рамках принятой стохастической модели климата, если изменение превосходит заданный уровень значимости (Груза, Ранькова, 2004). Изменения климата могут иметь природное происхождение (связанное как с внутренними процессами, так и с внешними воздействиями) и (или) быть обусловленными антропогенными факторами (изменение состава атмосферы или землепользование) (Кондратьев, 2004). Это опреде-

ление отличается от предложенного в рамочной конвенции по проблеме изменений климата (РКИК), где под изменениями климата понимаются только антропогенно обусловленные изменения, в отличие от изменчивости климата за счет природных факторов. При этом климат понимается как статистический ансамбль состояний, который проходит система океан – суша – атмосфера – криосфера – биосфера за период времени в несколько десятилетий (Монин, 1972).

Для решения вопроса о климатических условиях будущего большое значение имеет выяснение причин изменения климата. Уже свыше 100 лет ученые упорно ищут причины, которые в какой-либо мере могли влиять на формирование и трансформацию климата Земли. Диапазон догадок, версий, гипотез огромен. Согласно этим теориям климат может изменяться под влиянием космических, астрономических и геологических факторов.

Гипотезы, основанные на действии космических факторов, говорят о том, что изменения климата имеют многофакторную природу с доминирующим влиянием процессов, происходящих на самом Солнце. Прежде всего старались установить связь между комбинированным индексом солнечных пятен, известным как числа Вольфа, и изменением температуры воздуха на Земле. Известный климатолог Кеппен указывал на наличие обратной связи между этими параметрами. У Кеппена было много последователей, но, по мнению его оппонентов, например Федорова, можно говорить о более или менее согласованном ходе солнечной активности и температуры воздуха. В наше время считают, что связь между 11- (22-) летними циклами солнечной активности и температурой воздуха существует, но влияние этих связей на климат очень сложно и неоднозначно.

Согласно гипотезам, имеющим в основе астрономические факторы, колебания климата могут совершаться под влиянием изменения некоторых параметров земной орбиты, а именно: периодических изменений эксцентриситета земной орбиты, угла наклона плоскости земного экватора к плоскости орбиты или угла наклона земной оси и прецессии орбиты. Этот вопрос изучается уже более полутора веков, идея влияния параметров земной орбиты и наклона оси на приходящую солнечную радиацию была

высказана еще в 1842 г. французским математиком Адамаром, но систематические исследования проводились лишь с начала XX столетия югославским геофизиком М. Миланковичем. Миланкович заложил основы теории астрономического климата, т. е. климата, формирующегося на планете под влиянием внешних факторов.

Не отрицая влияния астрономических причин, основоположник отечественной климатологии А. И. Воейков считал, что основными факторами, вызывающими изменения климата в отдельные геологические эпохи и периоды, были изменения в характере подстилающей поверхности – изменения в распределении суши и моря, высоты суши над уровнем моря, изменения в очертании береговой линии, рельефа, растительного покрова. Все перечисленное относится к следующей группе климатообразующих факторов – геофизических, связанных со свойствами Земли как планеты. Кроме уже названных сюда же относят такие факторы, как размеры и масса планеты, ее строение, процессы, происходящие в недрах Земли, скорость вращения вокруг оси, гравитационное и магнитное поле, состав атмосферы (концентрация аэрозолей и газовых составляющих естественного и антропогенного происхождения).

В работах, посвященных выяснению причин изменения климата, большое внимание уделяется изучению влияния на климат концентрации углекислого газа в атмосфере Земли.

Атмосфера является центральным звеном глобальной климатической системы. Это всепроникающая и самая мощная оболочка Земли. Атмосфера присутствует в любой точке поверхности нашей планеты, в то время как все остальные элементы проявляются лишь на части этой поверхности. Так, океан занимает 70,8% поверхности Земли; суша – 29,2%; ледники находятся на немногим более 3% поверхности, а вместе с морскими льдами и снежным покровом – примерно на 11% поверхности; площадь, занятая биосферой, велика, но она разорвана на ареалы и точных данных о ней нет (Мякишева, 2001). Масса и состав атмосферы Земли относятся к внутренним по отношению к климатической системе климатообразующим факторам.

Важнейшую роль в формировании климата играют изменчивые составные части атмосферы – водяной пар, углекислый газ и другие малые газовые составляющие, твердые и жидкие примеси (аэрозоль), поскольку они оказывают сильное влияние на потоки солнечной и особенно земной радиации. Атмосферный воздух более или менее прозрачен для коротковолновой радиации, в связи с чем большая часть приходя-

щего к Земле излучения Солнца поглощается земной поверхностью, которая является основным источником тепла для атмосферы. От земной поверхности тепловая энергия передается в атмосферу путем длинноволнового излучения, посредством турбулентного теплообмена и в результате затраты тепла на испарение с поверхности суши и водоемов (это тепло затем поступает в атмосферу при конденсации водяного пара, образованного в ходе испарения).

В истории Земли были периоды, когда содержание CO_2 в атмосфере было существенно больше, чем в настоящее время. Так, по некоторым данным, около 250 млн лет назад концентрация углекислого газа составляла 7,5%, в фанерозое (570 млн лет назад) – не более 0,3%. Предполагают, что около 1 млн лет назад в отдельный период концентрация CO_2 была почти в 2 раза выше современной (Борисенков, 1982). По данным, собранным на станциях Мауна-Лоа (Гавайские острова) и Изана (Испания), подтверждается возрастание концентрации углекислого газа в атмосфере с 343 в 1984 г. до 358 ед. в 1995 г. (Филатов, 1997). Выбросы CO_2 в настоящее время превосходят 5 млрд т в год в пересчете на углерод и свыше 18 млрд т в пересчете на CO_2 (Кондратьев, 1992).

С концентрацией CO_2 в атмосфере связано развитие так называемого «парникового эффекта». Парниковый эффект не был сотворен человеком. Он существует на Земле много миллионов лет с момента появления атмосферы. Если бы естественный парниковый эффект не задерживал солнечное тепло, то средняя температура нижних слоев атмосферы составляла бы -18°C , значит, огромные пространства земной поверхности были бы покрыты ледниками. Именно парниковый эффект создал условия для появления жизни на Земле. В наиболее упрощенной интерпретации «парниковый эффект» можно представить следующим образом. Углекислый газ и другие «парниковые» газы пропускают коротковолновую солнечную радиацию к поверхности Земли, но «задерживают» уходящую длинноволновую радиацию, что ведет к повышению температуры приземных слоев воздуха. Одновременно из-за возрастания испарения в атмосфере увеличивается содержание водяных паров, которые также способствуют развитию «парникового эффекта». Наиболее полно, с учетом многофакторной, многокомпонентной природы этого явления, парниковый эффект рассмотрен в работах К. Я. Кондратьева, Е. П. Борисенкова, Н. И. Москаленко (Кондратьев, Москаленко, 1987; Борисенков, Кондратьев, 1988). Именно с многокомпонентной природой парникового эффекта

связано проявление механизмов как прямой связи, усиливающих эффект, так и обратной связи, маскирующих или ослабляющих парниковый эффект. Положительный тренд температуры воздуха, который наблюдался в конце XIX и в начале XX в., был прерван коротким промежутком похолодания в период 50–70-х гг. XX столетия, именно тогда, когда резко возрос выброс в атмосферу парниковых газов (Борисенков, 2000). Потепление же последних лет в основном осуществлялось за счет холодной, а не теплой половины года и сопровождалось усилением зональных форм циркуляции атмосферы.

Несомненно, что климат менялся и меняется и без воздействия человека. Если обратиться к далекому прошлому нашей планеты, то можно увидеть, что были в истории времена, когда Земля то превращалась в снежный ком, то нагревалась, как печь. Но в последние 250 лет содержание парниковых газов в атмосфере резко возрастает из-за сжигания ископаемого топлива (угля, нефти, природного газа), обширных вырубок леса и роста сельскохозяйственных угодий.

По мнению Р. Вильфанда, директора Гидрометцентра России, «лишь на 20–25 процентов изменения климата можно „списать“ за счет антропогенного воздействия. На сегодняшний день метеорология не в состоянии объяснить все причины изменения климата – у нас пока нет для этого данных» (Поиск № 32–33, 2001). В работах К. Я. Кондратьева (1992), Е. П. Борисенкова (1982) показано, что глобальное потепление может быть обусловлено в большей степени естественными, а не антропогенными флуктуациями климата.

Бесспорно то, что само явление парникового эффекта – задержка тепла газами в атмосфере – реальность. Рост содержания CO_2 и других парниковых газов в атмосфере налицо, и он продолжается. Безусловно, за последние 100 лет произошло потепление климата, которое не противоречит возможному потеплению за счет CO_2 . Колебательный характер практически всех природных процессов и явлений также вряд ли у кого вызывает сомнение в настоящее время.

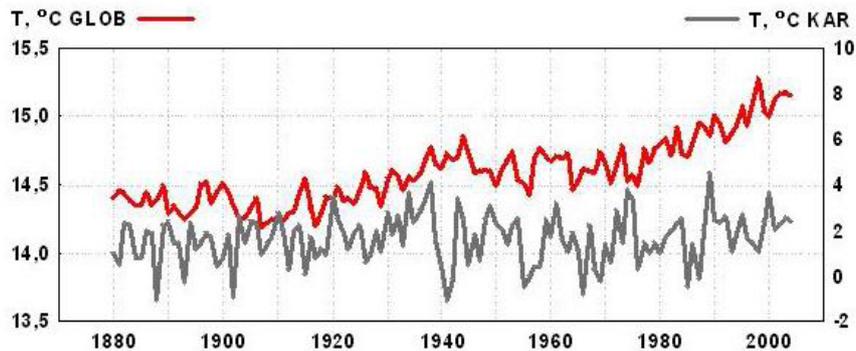
П. Блумфильд (Bloomfield, 1992), проанализировав данные о вековом тренде среднеглобальной температуры воздуха, пришел к выводу, что диапазон вероятностного роста приземной температуры воздуха составляет 0,2–0,8 °C за 100 лет, и отметил, что сделанные расчеты свидетельствуют о возможности практически полной компенсации «парникового» потепления «аэрозольным» выхолаживанием, обусловленным увеличением содержания в атмосфере сульфатного аэрозоля.

Внимание к естественным причинам изменений климата и природной среды Земли в целом и их регионального отражения усиливается. Не отрицая существенного и часто негативного влияния многих результатов человеческой деятельности, можно констатировать, что она не носит в большинстве случаев глобального характера, а имеет локальное или локально-региональное значение.

Как показано в работе К. Я. Кондратьева (2004), глобальный тренд температуры воздуха может быть интерпретирован как эквивалентно линейное потепление за 140 лет, составляющее 0,61 °C на 95%-м доверительном уровне. Позднее 1901 г. произошло потепление, равное 0,57 °C. Эти оценки позволили заключить, что с конца XIX в. произошло потепление, составившее 0,6 °C. При этом северное полушарие прогрелось на 0,3 °C больше, чем южное, более океаническое и с большей массой льда. Потепление на территории континентов составило 1,6 °C, а в районе морской поверхности – около 0,8 °C. Таким образом, разница потепления на суше по сравнению с акваторией океана составляет около 0,8 °C (Клиге, 2000).

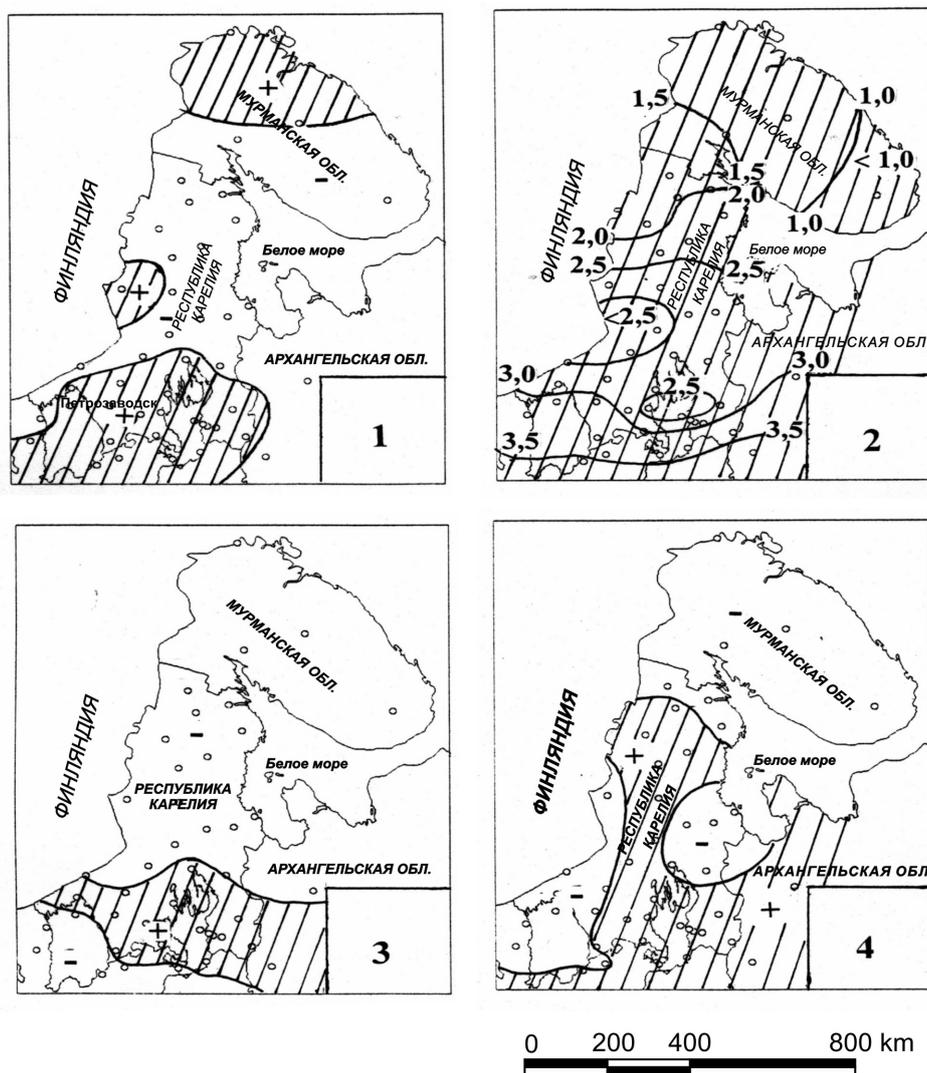
Региональные изменения приземной температуры воздуха в Карелии в целом отражают положительные тенденции изменения глобальной температуры в течение XX в. (рис. 1). Однако следует отметить существенно более серьезную пространственную и временную неоднородность в тенденциях изменений климата Карелии по сравнению с изменениями на пространственных масштабах полушарий и Земного шара. В Карелии повышение средней годовой температуры воздуха за сто лет составило 0,2 °C, за последние 50 лет – 0,6 °C. В районе Карельского побережья Белого моря тенденции изменения среднегодовой температуры воздуха отрицательны, на остальной территории республики температурные тренды за последние 50 лет прошлого века положительны – от 0,1 °C/50 лет в северных районах до 1,0 °C/50 лет по югу республики.

Анализ сезонных температур воздуха, выполненный по данным наблюдений метеорологических станций, расположенных на севере европейской территории России, позволил выявить пространственно-временную дифференциацию тенденций изменения температуры по сезонам. Только весенняя температура воздуха имеет положительные тренды (до +3,5 °C/50 лет) по всей изучаемой территории (рис. 2). Для остальных сезонов районы с положительными значениями трендов расположены, в основном, в южной части региона вблизи крупнейших озер Европы – Ладожского и Онежского.



Р и с . 1. Изменение глобальной и региональной (Карелия) температуры воздуха за период 1880–2005 гг.

Fig. 1. Changes in global and regional (Karelia) air temperature over the 1880–2005 period

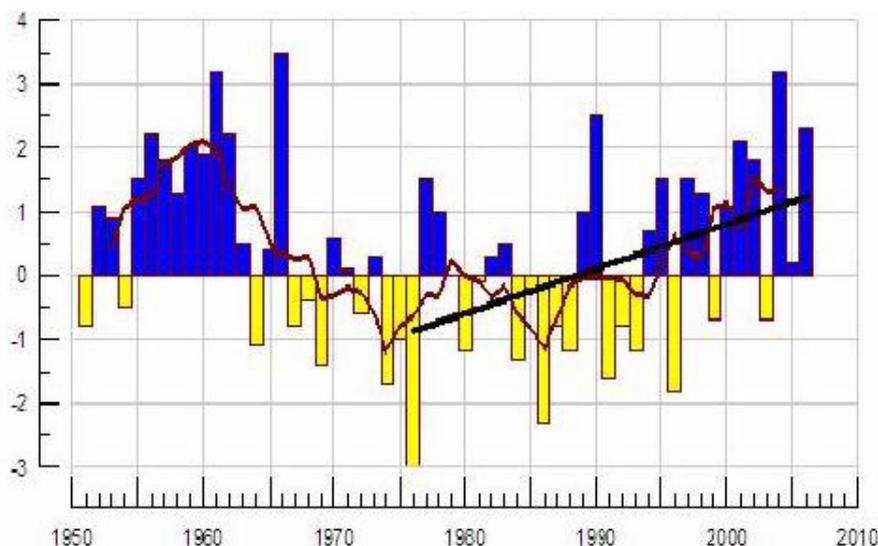


Р и с . 2. Пространственное распределение зон положительного (+) и отрицательного (-) трендов сезонных температур воздуха на территории северо-запада России за период 1951–1999 гг.:

1 – декабрь – февраль, 2 – март – май, 3 – июнь – август, 4 – сентябрь – ноябрь

Fig. 2. Spatial distribution of zones with positive (+) and negative (-) trends of seasonal air temperatures in Northwest Russia in 1951–1999:

1 – December – February, 2 – March – May, 3 – June – August, 4 – September – November



Р и с . 3 . Аномалии годовых сумм осадков, средних по территории России (мм/месяц) (рисунок к докладу Г. В. Груза, Э. Я. Раньковой на конференции в Новосибирске, июнь 2007 г.):

аномалии рассчитаны как отклонения от среднего за 1961–1990 гг. Кривая линия – 5-летняя скользящая средняя. Линейный тренд (за 1976–2006 гг.) показан прямой линией

Fig. 3. Abnormalities of total annual precipitation averaged for entire Russia (mm/month) (Figure from a presentation made by Gruza & Ran'kova at a conference in Novosibirsk in June 2007):

abnormalities were computed as deviations from the mean in the period 1961–1990. The curve is the 5-year moving average. The straight line shows the linear trend (over 1976–2006)

Если говорить о средней месячной температуре воздуха, то необходимо отметить, что наиболее четко положительный линейный тренд выражен в марте и составляет на разных станциях от 3,0 до 5,0 °C за 50 лет. Апрель теплеет существенно медленнее, чем март (от 0,5 до 2,1 °C/50 лет). Тенденции к потеплению по данным наблюдений за период с 1951 по 2000 г. прослеживаются с января по май. В летний период и значительную часть осеннего сезона изменения температуры разнонаправленны и малы по абсолютной величине (меньше 1,7 °C/50 лет). К ноябрю они сменяются тенденцией к похолоданию на 0,4–1,1 °C/50 лет практически на всей территории региона.

Важным метеорологическим элементом являются атмосферные осадки. Однако оценки, касающиеся изменений количества осадков, существенно менее надежны, чем аналогичные оценки для температуры воздуха. Это вызвано как трудностями непосредственно инструментальных измерений (в особенности твердых осадков в зимний период), так и неоднородностью рядов наблюдений на метеорологических станциях, связанной с изменениями наблюдательной практики. Кроме того, существенно меньшая, по сравнению с полями температуры, пространственная связанность

полей осадков делает менее надежными оценки регионально-осредненных величин. Для регионов России, как и для суши Земного шара в целом, в основном характерен максимум на рубеже 1950–1960-х гг., который означает убывание осадков после начала 1960-х гг. (на европейской территории и в Карелии, в частности, сменившееся ростом с середины 1970-х) (рис. 3).

Анализ изменений количества осадков в Карелии за 1951–2000 гг. позволяет сделать вывод о том, что в целом наблюдается рост годовых сумм для всех районов республики. Тенденция к увеличению отмечается в период с октября по апрель. С мая по сентябрь в различных районах Карелии отмечается как увеличение, так и уменьшение сумм осадков.

К каким последствиям может привести глобальное потепление климата? Поднимется уровень мирового океана из-за таяния ледников и полярных льдов, возникнет угроза затопления прибрежных и островных территорий, леса умеренного пояса начнут перемещаться на север, арктическая тундра может исчезнуть, многие тропические болезни, такие как малярия, распространятся на большие территории, увеличатся площади пустынь, снизится урожайность сельхозпродукции, начнется миграция

населения в более благоприятные для проживания районы и т. д.

Для того чтобы это не произошло, необходимо принимать срочные меры. Необходимо сокращать выбросы CO₂, для чего внедрять современные технологии, заменять устаревшее оборудование, использовать нетрадиционные возобновляемые источники электроэнергии (ветер, солнце, океанические волны, биомасса и т. д.), регулировать теплотребление и т. д. В 1988 г. была создана Межправительственная

группа экспертов по вопросам изменения климата, которая регулярно готовит отчеты о состоянии климата планеты. В 1992 г. в Рио-де-Жанейро была подписана Рамочная конвенция по изменению климата, а в 1997 г. в Киото был подписан Киотский протокол, согласно которому страны-участницы должны обеспечить условия, при которых их суммарные антропогенные выбросы парниковых газов не превысят установленных для них норм, что приведет к сокращению общих выбросов.

ЛИТЕРАТУРА

Борисенков Е. П. Климат и деятельность человека. М., 1982. 133 с.

Борисенков Е. П. Многокомпонентная природа парникового эффекта и некоторые сопутствующие явления // Глобальные и региональные изменения климата и их природные и социально-экономические последствия. М., 2000. С. 24–40.

Борисенков Е. П., Кондратьев К. Я. Круговорот углерода и климат. Л., 1988. 319 с.

Будыко М. И. Климат в прошлом и будущем. Л., 1980. 350 с.

Груза Г. В., Ранькова Э. Я. Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата // Метеорология и гидрология. 2004. № 4. С. 50–67.

Дроздов О. А., Васильев В. А., Кобышева Н. В. и др. Климатология. Л.: Гидрометеиздат, 1989. 568 с.

Клиге Р. К. Глобальные гидроклиматические изменения // Глобальные и региональные изменения климата и их природные и социально-экономические последствия. М., 2000. С. 6–24.

Климат Карелии. Изменчивость и влияние на водные объекты и водосборы / Под ред. Н. Н. Филатова. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2004. 223 с.

Кобак К. И., Кондратьева Н. Ю., Лугина К. М. и др. Анализ многолетних метеорологических наблю-

дений в Северо-Западном регионе России // Метеорология и гидрология. 1999. № 1. С. 30–38.

Кондратьев К. Я. Глобальный климат. СПб., 1992. 357 с.

Кондратьев К. Я. Неопределенности данных наблюдений и численного моделирования климата // Метеорология и гидрология. 2004. № 4. С. 93–119.

Кондратьев К. Я., Москаленко Н. И. Парниковый эффект атмосферы и климат. Метеорология и климатология. М.: ВИНТИ, 1987. 205 с.

Мирвис В. М. Закономерности изменения режима температуры воздуха на территории России в последнее столетие // Изменения климата и их последствия. СПб.: Наука, 2002. С. 105–117.

Монин А. С. Вращение Земли и климат. Л., 1972. 115 с.

Мякишева Н. В. Закономерности формирования внешнего водообмена и уровня режима озер зоны избыточного и достаточного увлажнения: Дис. ... докт. геогр. наук. СПб., 2001.

Сепп М., Джоугус Д. Причины увеличения температуры воздуха в Тарту в марте // Всемирная конференция по изменению климата: Тез. докл. М., 2003. С. 480.

Филатов Н. Н. Изменения климата Восточной Финноскандии. Петрозаводск: КарНЦ РАН, 1997. 147 с.

Bloomfield P. Trends in global temperature // Climatic Change. 1992. Vol. 21, N 1. P. 1–16.

GLOBAL AND REGIONAL CLIMATE CHANGE

L. E. Nazarova

Northern Water Problems Institute, Karelian Research Centre

A topical problem of today is climate variability and change in the context of global warming. Tendencies of climate change at the regional level are of particular interest.

It would be expedient to distinguish between climate change and variability depending on the duration of certain perturbations and reversibility of the process. Climate variability is a relatively short-term reversible change of periods shorter than those used in the definition of the climate (several decades). Fluctuations with a less than 30-year

interval should rather be classified as climate variability, longer ones – as climate fluctuations if reversible, and as climate change if irreversible. The notion of climate variability describes variations in the climate average state and other statistical parameters (variance, recurrence of extreme events, etc.) of any temporal and spatial scope that go beyond specific weather events (Kondratiev, 2004). Variability includes various cycles, noise and other components. World Meteorological Organization defines climate change as the