
ПРИРОДНЫЕ ПРОЦЕССЫ И ДИНАМИКА ГЕОСИСТЕМ

УДК

**СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ОТОПИТЕЛЬНОГО ПЕРИОДА В РОССИИ
И ИХ СВЯЗЬ С АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИЕЙ**

© 2013 г. А.В. Борзенкова, А.Б. Шмакин

Институт географии РАН

Поступила в редакцию

Проведено исследование изменений климатических характеристик холодного сезона за 1950–2006 гг. на территории России. Рассматриваются продолжительность отопительного периода и его интенсивность, выражаемая индексом потребления топлива. Наблюдается значительное сокращение продолжительности отопительного периода, примерно на половине территории России эти изменения статистически значимы. Уменьшение индекса потребления топлива существенно и статистически значимо практически на всей территории страны. Выделены субъекты Российской Федерации, перешедшие в соседнюю градацию параметра в период “современного потепления” (1989–2006 гг.) по сравнению с “базовым” периодом (1950–1980). Рассчитана корреляция между индексом потребления топлива и индексами атмосферной циркуляции NAO', PNA и SCAND для январей. Можно считать, что непосредственной причиной изменений прикладных климатических параметров января в период 1950–2006 гг. является смена режима атмосферной циркуляции, прошедшая в середине 1970-х годов.

Введение. Современные изменения климата сопровождаются различными последствиями для человека, как негативными, так и позитивными. Прогноз и своевременная адаптация к этим изменениям приведет как к улучшению экологической обстановки, так и к снижению расходов за счет более рационального использования средств. По многим исследованиям, климатические изменения на территории России в основном характерны для холодного периода года [4].

Одним из позитивных последствий потепления климата обычно называют сокращение отопительного периода (ОП) и повышение средней температуры за этот период (или уменьшение его интенсивности, что является более точной характеристикой ОП). Изменения этих характеристик особенно актуальны для России в связи с большой площадью страны и ее преимущественно холодным климатом. В данной работе было проведено исследование изменений параметров отопительного периода за 1950–2006 гг.

Исследование температурных характеристик отопительного периода было проведено в нескольких работах. В Справочнике эколого-климатических характеристик Москве [8] был проведен расчет характеристик ОП (даты начала и конца, продолжительности общей и различных

частей, средней температуры) в г. Москва с 1901 по 2001 г. По оценке А.А. Исаева [8], вследствие потепления (в основном весенних месяцев) продолжительность ОП от начала к концу XX в. уменьшилась примерно на 17 дней. Б.Г. Шерстюковым [10] выполнены расчеты изменений продолжительности ОП и индекса потребления топлива на территории России за период 1971–2004 гг. и их прогноз на XXI век. Аналогичные расчеты выполнены Г.В. Сурковой [2] для территории Восточно-Европейской равнины. Характеристики ОП, рассчитанные для каждого субъекта РФ, приводятся в “Энциклопедии климатических ресурсов Российской Федерации” [3]. Там они используются для оценки тепловых климатических ресурсов зданий. Различия приведенных выше работ состоят в специфике используемых параметров и их расчетов, а также в различных исследуемых временных периодах и территориях. Однако главный вывод всех этих исследований – наличие тенденции к сокращению продолжительности ОП и уменьшение его интенсивности.

В [6] проведен анализ распределения крупномасштабных аномалий приземной температуры и связи циркуляционных индексов со средней приземной температурой воздуха в зимние месяцы на территории России за 1951–2004 гг. По-

казано, что экстремумы температуры, как правило, связаны с одновременными аномалиями нескольких индексов циркуляции, прежде всего I_{SCAND} и I'_{NAO} (полученного путем разложения по естественным ортогональным функциям (е.о.ф.) колебаний поля геопотенциала внетропической зоны Северного полушария на уровне AT_{700} , в отличие от обычного индекса NAO, рассчитанного как разность нормированных аномалий приземного давления между Исландией и Азорскими островами). Это относится, например, к самой холодной (1969 г.) и самой теплой (1995 г.) зимам за период наблюдений. При этом вклад этих индексов в колебания температуры меняется во времени. Для исследуемого периода в целом I_{SCAND} значительно превышает по вкладу остальные циркуляционные индексы, включая I'_{NAO} , занимающий второе место. В 1975–2000 гг., в период резкого потепления на всем Северном полушарии, I_{SCAND} уступает I'_{NAO} , колебаниями которого более чем наполовину объясняются изменения температуры на севере Евразии в эти годы. Таким образом, до середины 1970-х гг. колебания зимней температуры в наибольшей степени связаны с механизмом блокировки зонального переноса в высоких широтах Северной Евразии, описываемым I_{SCAND} . Современному потеплению соответствует усиление зонального переноса (описываемое положительной фазой I'_{NAO}), который в этот период играет основную роль в колебаниях температуры, хотя и блокировка (индекс I_{SCAND}) продолжает вносить существенный вклад в тренд температуры с середины 1970-х гг. Так, с точки зрения макромасштабной циркуляции, объясняются колебания приземной температуры воздуха в Северной Евразии во второй половине XX столетия и экстремально теплые зимы конца 1980-х и 90-х гг.

Данные и методы. В качестве параметров, характеризующих отопительный период, были выбраны его продолжительность и интенсивность, или индекс потребления (ИП) топлива, который одновременно является информативной характеристикой затрат энергии на обогрев помещений зимой; затраты на кондиционирование воздуха в теплый период года не исследовались. ИП топлива вычисляется для заданного периода календарного года (в данном случае им является рассчитанный для каждого года на каждой станции отопительный период). Для обогрева зданий ИП топлива для заданного периода – это сумма абсолютных величин отклонений среднесуточных значений температуры от порога комфортности (по различным оценкам, порог комфортности принимают равным в диапазоне от 18° до 20 °С; в данной ра-

боте для расчетов ИП порог комфортности считается равным 20 °С) за те сутки рассматриваемого периода времени, когда температура воздуха вне зданий была ниже 8 °С. Таким образом, ИП топлива рассчитывается при выполнении указанного условия по формуле [7]:

$$\text{ИП} = \sum |T - 20|,$$

где T – среднесуточная температура воздуха, °С.

Размерность индекса называют градусо-сутки. Величина отклонения реальной температуры воздуха в сторону уменьшения от 20 °С пропорциональна затратам энергии на отопление. В связи с этим ИП топлива служит для относительной оценки количества необходимого топлива и затрат на него. Индекс широко используется в России и других странах, например, в США при выполнении оценок потребности в энергии на регулирование климата помещений, входит в справочные пособия [10].

Началом отопительного периода считается дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через значение 8 °С осенью, а окончанием периода – дата устойчивого перехода средней суточной температуры воздуха через значение 8 °С весной [10]. Переход считается устойчивым, если соответствующее явление наблюдается не только в те сутки, когда переход произошел, но и в течение пяти и более последующих суток.

Для анализа изменений исследуемых характеристик по территории России использовались данные около 175 метеорологических станций, входящих в систему международного обмена синоптической информацией. Для данной работы использовались данные метеостанций, находящихся на территории России, а также некоторых станций Казахстана и Украины, территориально близких к границе России. В случае отсутствия данных по среднесуточной температуре воздуха в течение более чем 20 дней за год (для января 5 дней за месяц), значения рассчитанных параметров отопительного периода за этот год отбрасывались. В целом территория России покрыта сетью станций, достаточной для исследования основных региональных различий. Исключение составляет лишь северная часть Сибири. Следует иметь в виду, что поля изолиний вне территории, освещенной данными станций (а также на слабо освещенных данными участках), представляют собой результат экстраполяции, и к ним нужно относиться с осторожностью. Ежедневные данные по этим станциям за период с начала наблюдений на каждой станции по 2006 г. были скопированы

из архива ВНИИГМИ-МЦД в Обнинске (<http://www.meteo.ru>).

Таким образом, для каждого года исследуемого периода по данным 175 станций были рассчитаны ИП топлива и продолжительность отопительного периода по указанной выше методике. При этом учитывались случаи “прерывания” отопительного периода вследствие потеплений во вторую половину года (осенью) и новых похолоданий, и обратных процессов в первую половину года (весной). Так, если осенью после устойчивого перехода температуры воздуха через 8°C в сторону уменьшения, происходило потепление и новое накопление 5 дней с температурой воздуха выше 8°C , счет дней отопительного периода и количества градусо-суток прерывался и продолжался при новом устойчивом установлении температуры воздуха ниже 8°C . Такой метод особенно актуален для станций, находящихся на Черноморском побережье Кавказа, где среднесуточная температура зимних месяцев близка к 8°C , и такие переходы происходят достаточно часто; а также для других относительно теплых районов (Калининградская область и др.).

Необходимо сказать, что рассчитанный параметр за, например, 2005 г. означает эту характеристику, подсчитанную для холодного периода второго полугодия прошлого года (2004) и первого полугодия данного года (2005). Поэтому в дальнейшем под периодом времени 1950–2006 гг. будет подразумеваться период осень 1949–весна 2006 гг. Кроме того, исследуемые характеристики были рассчитаны для январей каждого года.

На основе многолетнего хода средней годовой температуры воздуха по России [9] были выявлены два отрезка времени – “базовый” период 1951–1980 гг., средняя температура в который по России была близка к средней за XX в. и период “современного потепления” (1989–2001), когда средняя температура по России значимо превышает среднюю за базовый период на 1°C . В каждом из указанных периодов отсутствовал тренд среднегодовой температуры воздуха. Эти же периоды были использованы и для данной работы; “базовый” период был взят с 1950 по 1980 гг., а период “современного потепления” был продлен до 2006 г., поскольку отрезок 2001–2006 гг. соответствует характеристикам этого периода. Для всех этих периодов (1950–1980, 1989–2006 и 1950–2006) были рассчитаны средние значения каждого из показателей, а также отклонения исследуемых характеристик периода “современного потепления” от “базового” периода. При этом в случае большого количества годов с отсутствием

данных станция отбраковывалась. В итоге для исследований использовались данные примерно со 150 станций на территории России и приграничных областей Украины и Казахстана.

Многие исследователи непосредственной причиной аномалий температуры воздуха и осадков во второй половине XX в. считают усиление циклонической активности в высоких широтах Евразии, связанное с изменением крупномасштабной атмосферной циркуляции [5, 11–13], которые отражаются в ряде показателей. Такими показателями являются индексы атмосферной циркуляции. В данной работе для анализа связей исследуемых характеристик с атмосферной циркуляцией были использованы следующие индексы, полученные центром прогнозов климата NOAA (<http://www.cpc.ncep.noaa.gov/data/teledoc>) путем разложения по естественным ортогональным функциям (е.о.ф.) колебаний поля геопотенциала внетропической зоны Северного Полушария на уровне AT_{700} : Северо-Атлантического колебания (NAO'), Тихоокеанско-Североамериканский (Pacific-North American – PNA), Скандинавский (Scandinavian – SCAND). Для каждой станции за периоды 1950–1980, 1989–2006, 1950–2006, а также 1950–1974, 1975–2006 годы были рассчитаны коэффициенты корреляции исследуемых параметров со значениями индексов атмосферной циркуляции NAO', PNA и SCAND. Выбор последних двух периодов был основан на [6], в которой показано, что в указанные временные отрезки колебания зимней температуры воздуха были связаны с доминированием разных циркуляционных механизмов. До середины 1970-х гг. колебания зимней температуры в наибольшей степени связаны с механизмом блокировки зонального переноса в высоких широтах Северной Евразии, описываемым I_{SCAND} . Современному потеплению соответствует усиление зонального переноса (описываемое положительной фазой I'_{NAO}), который в этот период играет основную роль в колебаниях температуры, хотя и блокировка (индекс I_{SCAND}) продолжает вносить существенный вклад в тренд температуры с середины 1970-х годов. Так, с точки зрения макромасштабной циркуляции, в указанной работе объясняются колебания приземной температуры воздуха зимнего сезона в Северной Евразии во второй половине XX столетия и экстремально теплые зимы конца 1980-х и 1990-х гг.

Статистическая обработка полученных рядов заключалась в вычислении средних значений продолжительности и ИП отопительного периода, их дисперсий и среднеквадратических отклонений. Затем была проведена оценка значимости отличий рядов (по функции Лапласа). Кроме того,



Рис. 1. Средняя продолжительность ОП за 1950–2006 гг. на территории России.



Рис. 2. Средний ИП топлива за 1950–2006 гг. на территории России.

была проведена оценка значимости полученных коэффициентов корреляции между рядами исследуемых величин, рассчитанных для января, и индексов атмосферной циркуляции NAO', PNA и SCAND по критерию Стьюдента [1].

Результаты. Рассмотрим карты средних значений продолжительности и интенсивности отопительного периода за период 1950–2006 гг. (рис. 1, 2).

Продолжительность ОП меняется от 140 дней на российской части Кавказа до практически

круглогодичной на севере Сибири, имея фактически широтное распределение. Минимальная продолжительность ОП наблюдается на юге Краснодарского края и Дагестана; максимальная – в Долгано-Ненецком округе, на севере Чукотки и на арктических островах.

ИП топлива (рис. 2) имеет более меридиональное распределение и возрастает с увеличением континентальности климата. Минимальные значения наблюдаются также на юге Краснодарского края и Дагестана, максимальные – на северо-

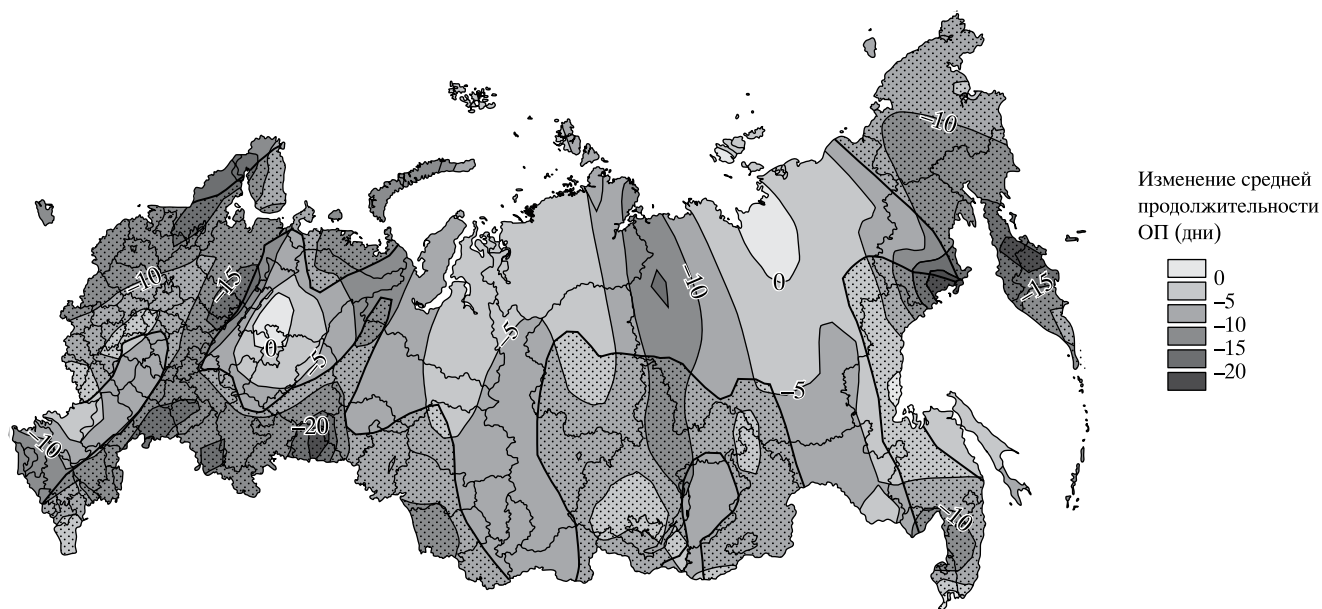


Рис. 3. Изменение продолжительности ОП за 1989–2006 гг. по сравнению с 1950–1980 гг. Здесь и далее жирными линиями со штриховкой выделены статистически значимые изменения.

востоке Якутии и на части архипелага Северная Земля.

В связи с изменением климатических условий в исследуемый период в распределении характеристик ОП также произошли изменения. Распределение продолжительности ОП за период “современного потепления” по сравнению с “базовым периодом” указано на рис. 3.

Уменьшение продолжительности ОП произошло практически на всей территории России и составило от 5–10 дней (на основной части ЕТС, Предуралья и практически всей Сибири за исключением некоторых частей) до 20–25 дней (на северо-западе ЕТР, в юго-западной части страны от Прикаспийской низменности до Южного Урала, в восточной части Якутии, на востоке Магаданской области и в Камчатском крае). Практически не изменилась продолжительность ОП только на юге республики Коми и в центральной части северной Якутии. Примерно на половине территории России изменения продолжительности ОП статистически значимы.

На рис. 4 приведена карта средней продолжительности ОП за период 1989–2006 (изолиниями без заливки показана продолжительность ОП за период 1950–1980). Видно, что в период “современного потепления” по сравнению с “базовым” периодом, изолинии продолжительности ОП сместились к северу на величины порядка нескольких сотен километров. В частности, в лесостепной зоне ЕТР это смещение составило около 200 км, что в данном случае сравнимо с размерами субъ-

ектов РФ. Так, Брянская, Орловская, Самарская и Оренбургская области (на рис. 4 выделены штриховкой) полностью или почти полностью оказались в соседней градации. Практически не изменилась продолжительность ОП в субъектах Южного Федерального округа, а также в Ямало-Ненецком и Таймырском округах.

Произошло уменьшение и ИП топлива, причем достаточно существенное (от 200 до 900 градусо-суток) (рис. 5). При этом эти изменения статистически значимы на всей территории страны, за исключением нескольких небольших по размерам районов.

Интенсивность отопительного периода наиболее сильно уменьшилась на востоке и юге Якутии, в южной части Западной Сибири, на востоке Камчатки, а также на северо-востоке ЕТР. Минимальное уменьшение ИП топлива произошло на юге ЕТР, на востоке Западно-Сибирской равнины, на северо-западе Якутии, на Дальнем Востоке, в южной и средней частях Чукотского а.о.

Ряд субъектов Российской Федерации полностью или практически полностью переместились в соседнюю градацию ИП топлива в период “современного потепления” по сравнению с “базовым” (табл. рис. 6).

В то же время, слабо изменилась интенсивность ОП в субъектах Южного Федерального округа, а также в Сахалинской области.

Для индекса потребления топлива отопительного периода, как для характеристики, больше

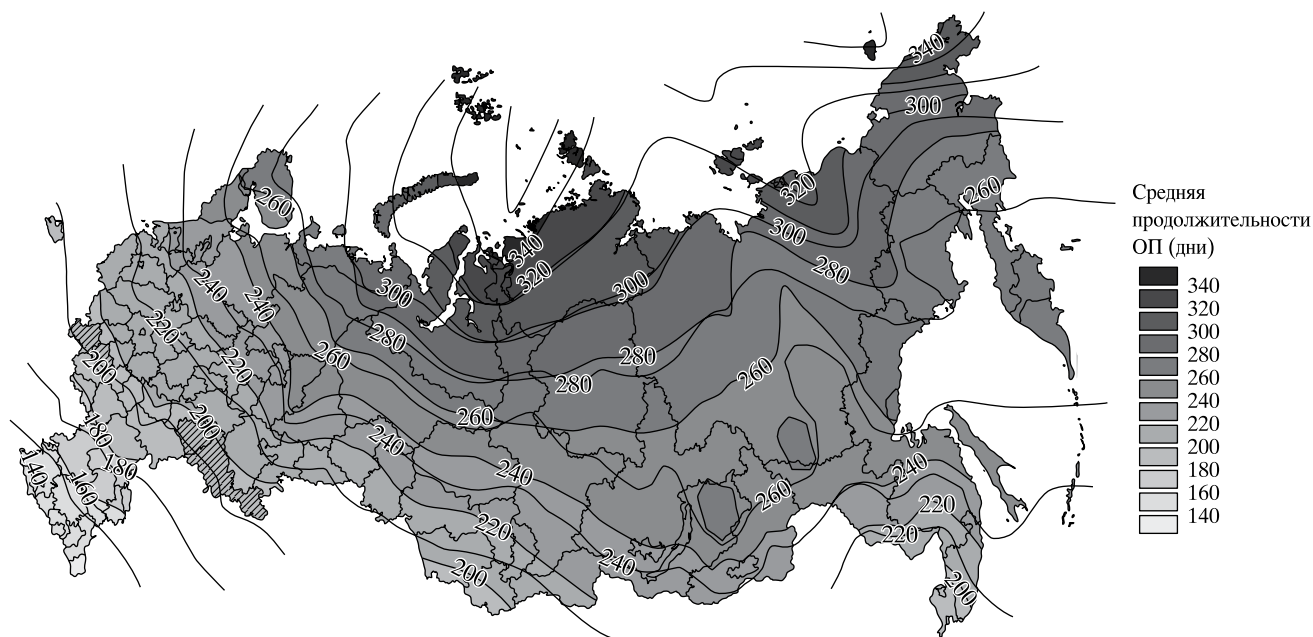


Рис. 4. Средняя продолжительность отопительного периода за 1989–2006 гг. на территории России; изолинии без заливки – аналогичная характеристика за 1950–1980 гг.

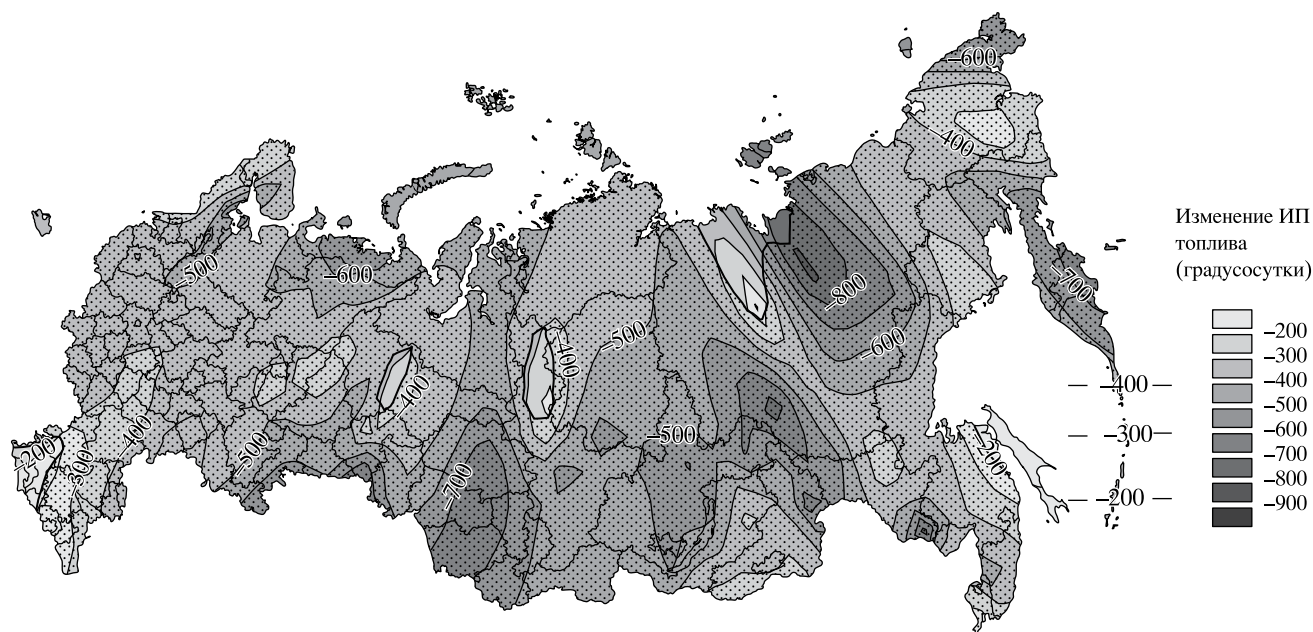


Рис. 5. Изменение ИП топлива за 1989–2006 гг. по сравнению с 1950–1980 гг.

отражающей изменчивость температуры воздуха, чем его продолжительность, приведены результаты исследования его связей с индексами атмосферной циркуляции. Сравнение карт коэффициентов корреляции за периоды 1950–1980 гг. и 1989–2006 гг. с картами за 1950–1974 и 1975–2006 гг. соответственно показало, что вторая группа временных периодов значительно боль-

ше подходит для задач данной статьи, поскольку исследования [9] показывают, что именно в середине 1970-х гг. произошла смена характера атмосферной циркуляции в высоких широтах Евразии. При этом разница в изменениях исследуемых прикладных климатических параметров в этих двух группах периодов не столь значительна.

Рассмотрим карты распределения средних коэффициентов корреляции между ИП топлива и вариациями индексов NAO', PNA, SCAND в январе за весь исследуемый период (рис. 7).

Напомним, что ИП топлива практически характеризует накопленную сумму абсолютных значений температур воздуха ниже 8 °С, то есть его уменьшение означает потепление, а увеличение – похолодание.

Зона непосредственного влияния циркуляционного механизма NAO' (рис. 7а) простирается от северо-западных районов страны, полностью захватывает ЕТР и заканчивается за полярным Уралом. Встречаются также небольшие очаги на остальной территории страны, которые, вероятней всего, случайны. При этом наблюдается обратная связь с ИП топлива, то есть при усилении положительной фазы NAO' и активизации деятельности атлантических циклонов происходит уменьшение ИП топлива, и соответственно потепление, что вполне логично для холодного периода года.

Влияние PNA (рис. 7б) проявляется на обширной территории от юга ЕТР до севера Западной Сибири в виде активизации выноса воздушных масс с юга в районе Урала (вдоль северо-западной периферии Азиатского антициклона). Корреляционная связь отрицательная, то есть при этом процессе происходит потепление. На Чукотке происходит увеличение ИП топлива и соответственно похолодание за счет активизации холодных тихоокеанских циклонов.

Таблица. Субъекты РФ, полностью или практически полностью переместившиеся в соседнюю градацию ИП топлива

Субъект РФ	Средний ИП топлива за период, градусо-сутки	
	1950–1980	1989–2006
Брянская обл.	4000–5000	3000–4000
Воронежская обл.	4000–5000	3000–4000
Курская обл.	4000–5000	3000–4000
Орловская обл.	4000–5000	3000–4000
Псковская обл.	4000–5000	3000–4000
Республика Марий Эл	5000–6000	4000–5000
Республика Татарстан	5000–6000	4000–5000
Костромская обл.	5000–6000	4000–5000
Омская обл.	7000–8000	5000–6000
Новосибирская обл.	7000–8000	5000–6000
Мурманская обл.	7000–8000	5000–6000

Циркуляционный механизм SCAND отражает колебания блокировки зонального переноса над Северной Евразией. При его положительной фазе создаются условия для мощного выноса арктического воздуха на территорию Северной Евразии, что хорошо отражено на рис. 7в. Здесь на большей части территории страны, за исключением северо-запада ЕТР и Восточной Сибири, наблюдается статистически значимая положительная связь между ИП топлива и I_{SCAND} .

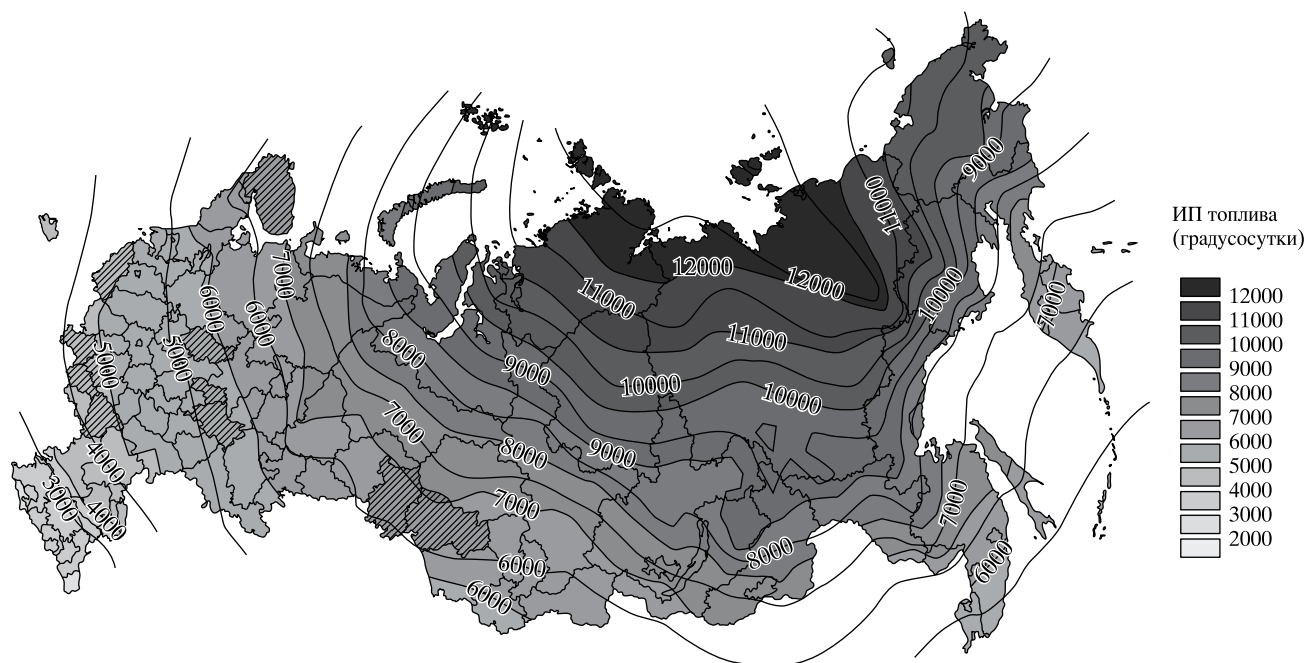


Рис. 6. Средний ИП топлива отопительного периода за 1989–2006 гг. на территории России; изолинии без заливки – аналогичная характеристика за 1950–1980 гг.

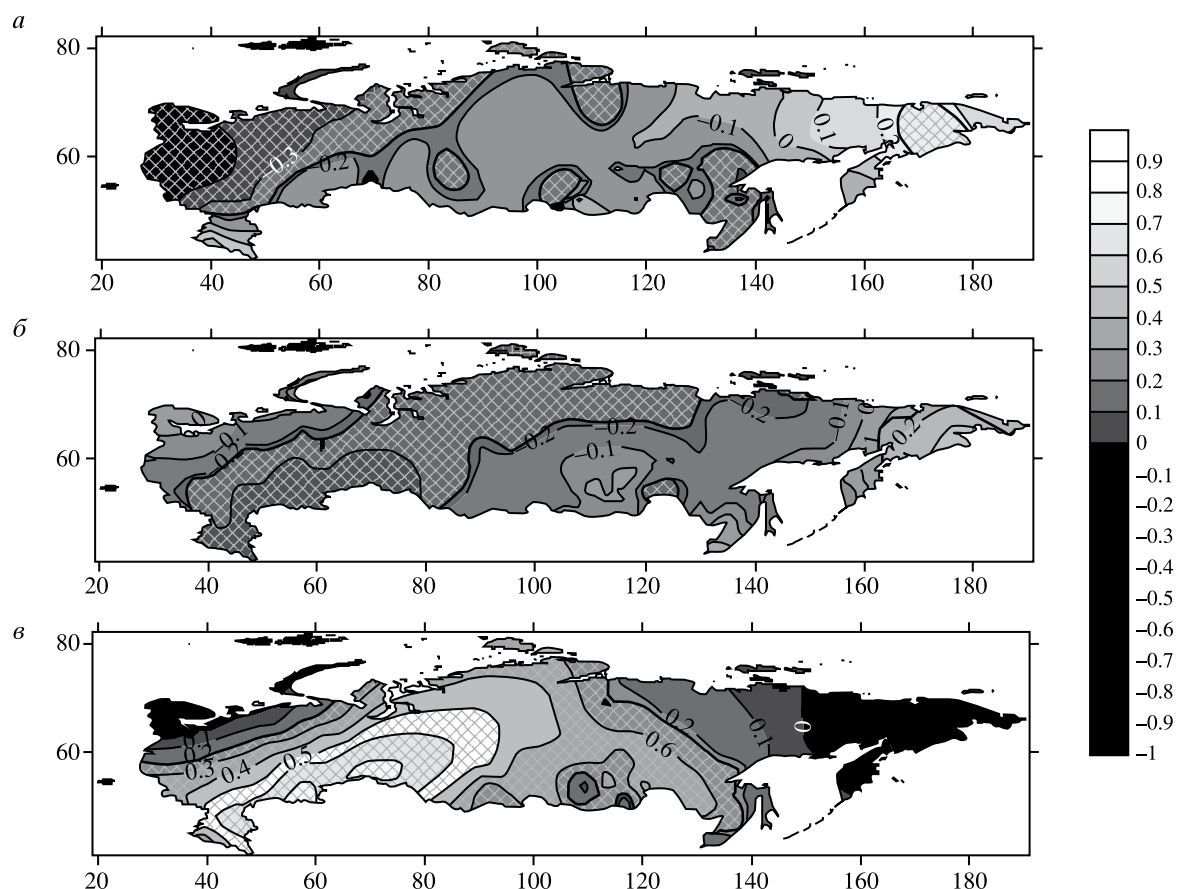


Рис. 7. Коэффициенты корреляции между ИП топлива и индексами NAO' (а), PNA (б), SCAND (в) за период 1950–2006 гг. Здесь и далее штриховкой выделены области статистически значимых значений.

Рассмотрим распределения коэффициентов корреляции между ИП топлива и вариациями исследуемых индексов за период 1950–1974 гг. (рис. 8).

Необходимо отметить, что граница статистически значимой связи за период 1950–1974 гг. проходит примерно по границе изолинии, по модулю равной 0.3, тогда как для полного периода эта характеристика примерно соответствует 0.2. Это связано с тем, что во втором случае она рассчитывается для более длительного отрезка времени и соответственно при равных коэффициентах корреляции в данном случае связь считается более тесной, чем за период с меньшей выборкой.

Значимой связи ИП топлива и I'_{NAO} в этот период практически не наблюдается (рис. 8а). Статистически значимые коэффициенты корреляции наблюдаются только на территории Карелии, где эта связь отрицательная, и при возрастании индекса NAO' происходит активизация атлантических циклонов, приносящих теплый воздух, а также юга ЕТР, где при положительной фазе NAO' происходит вторжение средиземноморских

циклонов, приносящих в данный регион в зимний период похолодание.

Статистически значимая область влияния PNA в этот период также меньше, чем за 1950–2006 гг. (рис. 8б). Она охватывает территорию от юга ЕТР до Западного Алтая, где эта связь отрицательная, а также Чукотский а.о. и север Камчатского края, где коэффициенты корреляции положительные.

Регион, находящийся под влиянием процесса SCAND (рис. 8в), в данном случае несколько меньше, чем за весь период 1950–2006 гг., однако коэффициенты корреляции выше (до 0.7 в районе Урала).

Если сравнить описанные выше карты с аналогичными за период 1975–2006 гг. (рис. 9), то можно выделить некоторые изменения в схеме атмосферной циркуляции северной Евразии.

Основную роль в атмосферной циркуляции в этот период играют вариации индексов NAO' и SCAND.

Область статистически значимых значений коэффициентов корреляции между ИП топлива и

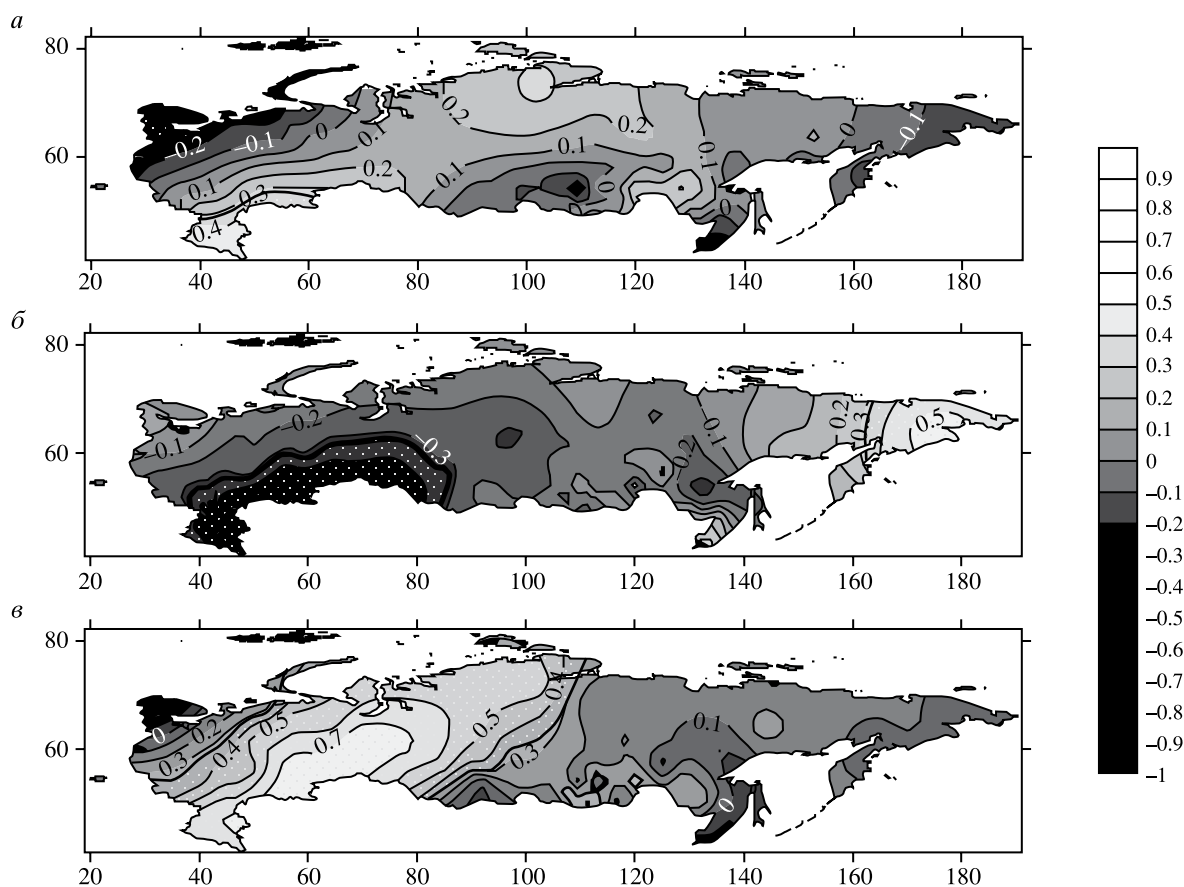


Рис. 8. Коэффициенты корреляции между ИП топлива и индексами NAO' (а), PNA (б), SCAND (в) за период 1950–1974 гг.

I'_{NAO} распространяется практически на всю территорию страны (рис. 9а), за исключением районов Алтая и Предбайкалья, а также Камчатки и Восточной Якутии, где происходит смена знака корреляции с отрицательной на положительную. Таким образом, в этот период происходит существенное усиление циклонической деятельности и влияние атлантических циклонов, проявляющееся в увеличении ИП топлива, распространяется до Восточной Сибири.

Влияние циркуляционного процесса, описываемого индексом SCAND, также усиливается по сравнению с первым периодом, хотя не столь значительно, как NAO' (рис. 9в). На большей части территории страны, за исключением севера ЕТР и Полярного Урала, Забайкалья, а также северо-востока страны, наблюдается статистически значимая положительная связь между ИП топлива и I_{SCAND} .

Что касается процесса PNA, то он в этот период проявляется слабо, в основном на севере Восточной Якутии, а также в районе Таймыра и Западно-Сибирской низменности (рис. 9б). Связь здесь отрицательная.

Таким образом, можно считать, что непосредственной причиной изменений прикладных климатических параметров января в период 1950–2006 гг. является смена режима атмосферной циркуляции, произошедшая в середине 1970-х годов, что подтверждают результаты работ [6, 9].

Выводы. Продолжительность ОП меняется от 140 дней на российской части Кавказа до практически круглогодичной на севере Сибири и имеет фактически широтное распределение. ИП топлива имеет более меридиональное распределение и возрастает с увеличением континентальности климата.

Уменьшение продолжительности ОП при современном потеплении произошло практически на всей территории России и составило в отдельных регионах до 20–25 дней. Примерно на половине территории России изменение продолжительности ОП статистически значимо. Уменьшение ИП топлива произошло во всей стране и составило от 200 до 900 градусо-суток. Эти изменения статистически значимы почти на всей территории, за исключением нескольких небольших областей.

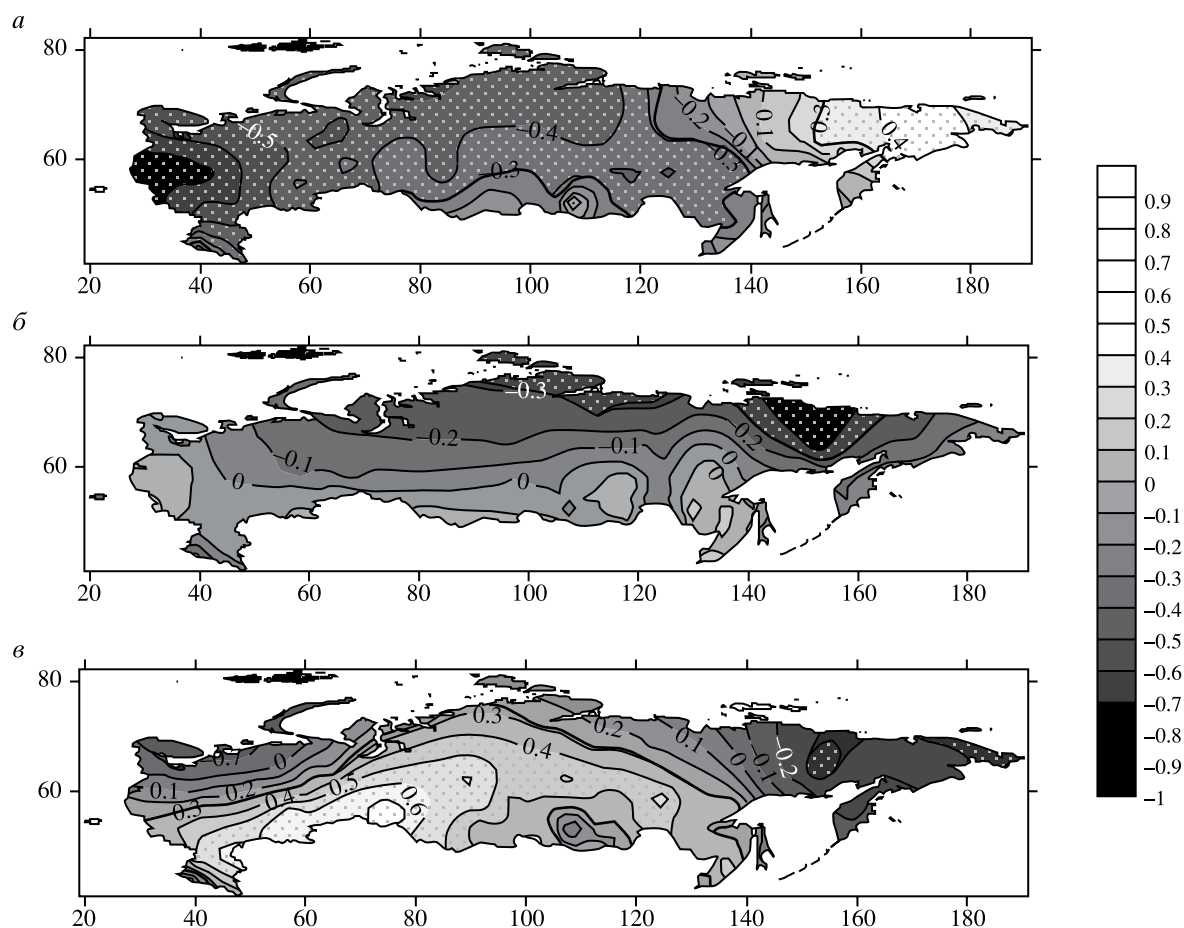


Рис. 9. Коэффициенты корреляции между ИП топлива и индексами NAO' (а), PNA (б), SCAND (в) за период 1975–2006 гг.

В период “современного потепления” изолинии ИП топлива существенно сместились к северу, в некоторых регионах на расстояния, сопоставимые с размерами субъектов РФ. Выделены 11 субъектов Российской Федерации, полностью или практически полностью перешедшие в области соседней градации ИП топлива.

Проведенное исследование подтверждает, что непосредственной причиной изменения исследуемых параметров является смена механизмов атмосферной циркуляции. До 1975 г. механизм NAO' не играл существенной роли в формировании поля ИП топлива, и явно доминировал циркуляционный механизм SCAND. Период после 1975 г. характеризуется значительным усилением положительной фазы NAO' при сохранении влияния SCAND. PNA на территории России проявляет себя не столь значительно, в основном лишь на востоке страны, на Урале и в прилегающих регионах.

Благодарности. Работа выполнена при поддержке проекта РФФИ (гранты 11-05-00573 и 11-05-00676) и программы Отделения наук о Земле РАН № 12

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика М.: Высш. шк., 1977.
2. Кислов А.В., Евстигнеев В.М., Малхазова С.М. и др. Прогноз климатической ресурсообеспеченности Восточно-Европейской равнины в условиях потепления XXI века, М., МАКС Пресс, 2008.
3. Кобышева Н.В., Акенътева Е.М., Ильина О.Б. и др. Энциклопедия климатических ресурсов Российской Федерации, СПб.: Гидрометеиздат, 2005.
4. Оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2008.
5. Попова В.В. Структура многолетних изменений снегонакопления, их связь с макромасштабной атмосферной циркуляцией и проявление в речном стоке // Оледенение Северной и Центральной Евразии в современную эпоху. М.: Наука, 2006.
6. Попова В.В., Шмакин А.Б. Циркуляционные механизмы крупномасштабных аномалий зимней температуры воздуха в Северной Евразии в конце XX столетия // Метеорология и гидрология. 2006. № 12. С.

7. Руководство по специализированному обслуживанию экономики климатической информацией, продукцией и услугами / Под ред. Кобышевой Н.В. СПб.: Астерион, 2008.
8. Справочник эколого-климатических характеристик г. Москвы. Т. 1, 2 / Под общей ред. Исаева А.А. М.: Изд-во Москов. уни-та, 2003. 2005
9. Шмакин А.Б., Попова В.В. Динамика климатических экстремумов в Северной Евразии в конце XX века // Изв. РАН. Физика атмосферы и океана. 2006. Т. 42. № 2. С.
10. Шерстюков Б.Г. Климатические условия отопительного периода России в XX и XXI веках // Тр. ГУ "ВНИИГМИ-МЦД". Вып. 173. Обнинск, 2007
11. Marshall J., Kushnir Y., Battisti D., Chang P. et al. North Atlantic climate variability: phenomena, impacts and mechanisms // Int. J. Climatology. 2001. V. 21. P.
12. Wallace J.M. Observed climatic variability: spatial structure. – In: Decadal Climatic Variability / Eds. Anderson D.L.T., Willebrand J. Springer. Berlin, 1996.
13. Watanabe M., Nitta T.S. Decadal Changes in the Atmospheric Circulation and Associated Surface Climate Variations in the North Hemisphere Winter // J. Climate. 1999. V. 12. № 2. P.

Modern climate change of heating period in russia and its relation to atmospheric circulation

A. V. Borzenkova, A. B. Shmakin

Institute of Geography, Russian Academy of Sciences

The paper focuses on the application of certain changes in climatic characteristics of cold season for 1950–2006 on the territory of Russia. We consider the duration of the heating period and its intensity, expressed by an index of fuel consumption. There is a significant reduction in the duration of the heating period, these changes are statistically significant on the half of the territory of Russia. Reduction of fuel consumption index is quite large and statistically significant at the whole territory of the country, except for few small-sized areas. To study the characteristics of the heating season, we mark the subjects of the Russian Federation, virtually or completely moving to the next grade of heating season parameters in the modern warming (1989–2006) compared to the reference period (1950–1980). The correlation between the index of fuel consumption and atmospheric circulation indices NAO, PNA and SCAND for January is calculated. We may assume that the immediate cause of the changes in climatic parameters of January during the period of 1950–2006 is change of atmospheric circulation regime in the mid-1970s.