

УДК 551.524.7:551.509.314

МОНИТОРИНГ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЕТРА В СВОБОДНОЙ АТМОСФЕРЕ: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

А.С. Лавров, А.В. Хохлова, А.М. Стерин

*Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации – Мировой центр данных, г. Обнинск
sterin@meteo.ru, annax77@yandex.ru*

Приведено описание методики и технологии мониторинга климатических параметров температуры и ветра в свободной атмосфере. Технология представляет собой комплекс, состоящий из массивов радиозондовых данных, собираемых, архивируемых и обрабатываемых в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», и пакета разработанных программных средств для обработки и представления результатов. Мониторинг режима температуры свободной атмосферы осуществляется в Северном полушарии по данным около 700 станций. Мониторинг ветра в свободной атмосфере осуществляется над территорией Российской Федерации по данным около 100 станций. Приведены результаты анализа особенностей климатических параметров температуры и ветра в свободной атмосфере за первую половину 2017 года.

Ключевые слова: климат, мониторинг климата, радиозондовые данные, программные средства, анализ данных, температура свободной атмосферы, ветер, тропосфера, нижняя стратосфера, аномалии, климатические тренды.

Введение

Задачами климатического мониторинга является оценка состояния и изменений компонент климатической системы. Основные понятия, касающиеся климатического мониторинга, введены и уточнены в ряде работ, в том числе в [4, 5, 6] и других. Системы мониторинга различных параметров климатической системы существуют в различных международных организациях, агентствах и крупных центрах, причем мониторинг осуществляется как в глобальном, так и в региональном масштабе. Основное внимание при этом уделяется мониторингу характеристик приземного климата, прежде всего температуре воздуха, облачности, осадкам, засухам [3, 12, 13].

Вместе с тем, свободная атмосфера является не менее важной частью климатической системы, и мониторинг ее параметров также представляет собой актуальную задачу. Результаты оценки состояния и изменений существенных параметров климата атмосферы отражаются в Оценочных докладах МГЭИК [11]. В выпускаемых Росгидрометом ежегодных Докладах об особенностях климата предусмотрены разделы, касающиеся оценок для температуры и ветра в свободной атмосфере. Подготовка материалов

и написание этих разделов осуществляется в ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», где на протяжении многих лет ведутся исследования температурного и ветрового режима тропосферы и нижней стратосферы [2, 8, 10].

К настоящему времени в результате этих исследований и накопленного опыта обработки и анализа больших массивов данных разработана методика мониторинга температуры свободной атмосферы над Северным полушарием, а также пробная версия методики мониторинга режима ветра в свободной атмосфере над территорией Российской Федерации. Методики основаны на многолетних аэрологических наблюдениях, собираемых и архивируемых во ВНИИГМИ-МЦД, и реализованы в виде программного комплекса, выполняющего обработку, всевозможные преобразования, анализ данных и представление результатов. Результаты мониторинга климатических параметров свободной атмосферы, помимо публикаций в ежегодном докладе Росгидромета об особенностях климата на территории Российской Федерации, предоставляются пользователям и используются в научных статьях и обзорах.

В статье приведено краткое описание разработанных методик и технологий мониторинга температуры и ветра в свободной атмосфере, а также некоторые результаты, полученные при анализе температурного и ветрового режима в свободной атмосфере за первую половину 2017 года.

1. Информационная база

Исходные данные для мониторинга режима температуры представляют собой срочные данные радиозондирования, ранее собиравшиеся с каналов связи в Среднеазиатском региональном вычислительном центре (г. Ташкент), а ныне собираемые с каналов связи ВНИИГМИ-МЦД с глобальной сети аэрологических станций в архив АЭРОСТАС [7, 9]. В массивах накопленных исторических содержатся данные аэрологического зондирования с 1978 г. по текущее время по российским станциям и с 1984 г. по текущее время – по зарубежным станциям. Общее число станций, по которым ведется сбор аэрологических данных, превышает 900 и варьирует от месяца к месяцу (рис. 1).

В процессе формирования архивных файлов данные проходят процедуру комплексного контроля качества [1], после которого каждое значение метеопараметров сопровождается соответствующим флагом качества.

Мониторинг режима температуры свободной атмосферы осуществляется в Северном полушарии по данным около 700 станций. Мониторинг ветра в свободной атмосфере осуществляется над территорией Российской Федерации по данным около 100 станций (рис. 2).

2. Технология мониторинга

Общая схема технологии мониторинга состоит из нескольких этапов:
– обработка месячной порции поступивших данных радиозондирования по всей глобальной сети;

– получение статистических характеристик для каждой станции на стандартных изобарических поверхностях за многолетний месяц, сезон или год (эти данные используются в качестве норм при последующей оценке аномалий для конкретного года);

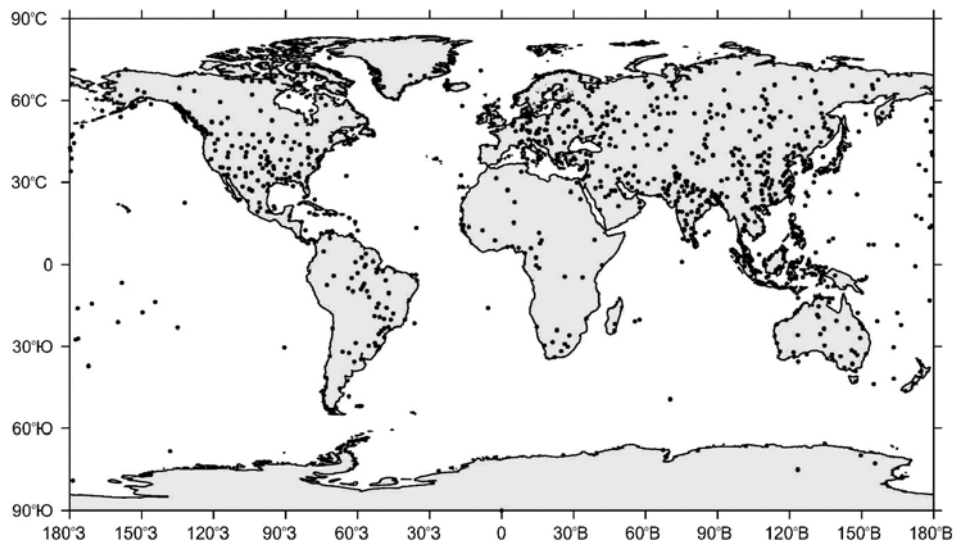


Рис. 1. Географическое распределение станций радиозондирования, данные которых собираются во ВНИИГМИ-МЦД.

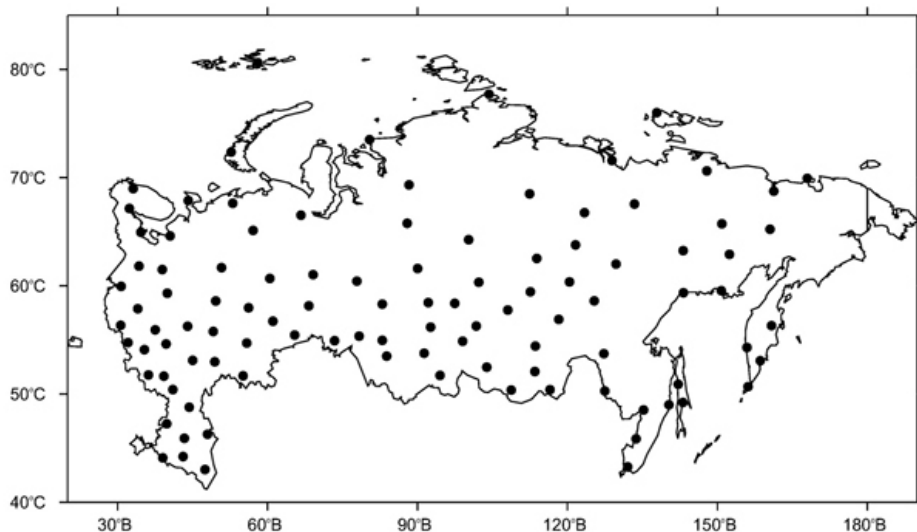


Рис. 2. Географическое распределение станций радиозондирования, данные которых используются для мониторинга ветра в свободной атмосфере.

- получение тех же характеристик за соответствующий месяц или сезон конкретного анализируемого года;
- расчет аномалий по отдельным станциям;
- пространственное обобщение результатов расчета аномалий для отдельных станций;
- расчет трендов и других характеристик;
- анализ особенностей анализируемого года;
- представление результатов.

Все расчеты и анализ ведутся с использованием программного обеспечения SAS (см., например, https://www.sas.com/ru_ru/software/analytic), а для картографического представления результатов используется пакет IDL (https://www.harrisgeospatial.com/docs/idl_programming.html).

Ниже приведено более детальное описание особенностей схем для мониторинга температурного и ветрового режима.

2.1. Обработка и обобщение данных

Срочные данные радиозондирования в архиве АЭРОСТАС после прохождения процедуры контроля качества сопровождаются флагами качества. При обработке и обобщении данных для мониторинга температуры и ветра свободной атмосферы используются только данные, имеющие флаги качества: «правильное значение», «исправленное значение», «восстановленное значение».

На основе собранных месячных порций данных срочных наблюдений рассчитывается массив постанционных статистических характеристик различных метеовеличин в свободной атмосфере, в который входят температура, скорость и направление ветра, величины зонального и меридионального ветра. Значения характеристик выбираются на 15 изобарических поверхностях (1000, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100, 70, 50, 30, 20, 10 гПа). В дополнение к значениям характеристик на изобарических поверхностях на основе взвешенного вертикального обобщения рассчитываются значения характеристик в основных слоях атмосферы: 850–300 гПа (тропосфера), 100–50 гПа (нижняя стратосфера), 300–100 гПа (переходный слой, характеризующийся значительной нестабильностью). Обобщение выполняется по формуле:

$$x = \frac{1}{z} \sum_{i=1}^n \frac{x_i - x_{i-1}}{2} (z_i - z_{i-1}),$$

где z – высота слоя; n – количество обобщаемых изобарических уровней; x_i – значение характеристики на i -м изобарическом уровне; z_i – i -й изобарический уровень.

На основных изобарических поверхностях и в слоях для каждой станции вычисляются аномалии температуры и скорости ветра, а также аномалии зональной и меридиональной составляющих скорости ветра. В качестве норм, относительно которых считаются аномалии, используются

соответствующие характеристики температуры и скорости ветра для этой станции, осредненные за период 1981–2010 гг. для температуры и 1985–2014 гг. для ветра. Нормы и аномалии вычисляются для каждого месяца для каждой станции отдельно для сроков 00 и 12 ч ВСВ. После этого, в пределах месяца, вычисленные нормы и аномалии усредняются по срокам. При усреднениях используются веса, равные числу признанных при контроле качества корректными соответствующих срочных значений температуры и скорости ветра.

Поля температуры в свободной атмосфере имеют зональный характер, т. е. гладкость полей в значительной мере выражена в направлениях вдоль кругов широты. В связи с этим аномалии температуры в свободной атмосфере подвергаются взвешенному пространственному усреднению по пятиградусным и тридцатиградусным широтным поясам 0–30° с. ш., 30–60° с. ш., 60–90° с. ш., а также по всему Северному полушарию. В качестве весов используется косинус географической широты станции. Оценки скорости и аномалии скорости ветра пространственному усреднению не подвергаются.

Помимо пространственного усреднения постанционных месячных аномалий температуры, проводится усреднение аномалий температуры и характеристик ветра по сезонам и по году в целом. При этом зимний сезон начинается с декабря года, предшествующего исследуемому, а оценки года в целом охватывают период январь – декабрь.

2.2. Температурный режим в свободной атмосфере

Для тридцатиградусных широтных зон и Северного полушария в целом проводится анализ оценок аномалий температуры на основных изобарических поверхностях для каждого из 12 месяцев исследуемого года, анализ оценок аномалий температуры в слое тропосферы (850–300 гПа) и нижней стратосферы (100–50 гПа) для каждого из четырех сезонов исследуемого года и года в целом, а также анализ рангов, которые имеют аномалии температуры исследуемого года в рядах соответствующих аномалий начиная с 1958 года.

В дополнение к этому осуществляется расчет оценок линейных трендов сезонных и годовых аномалий температуры тропосферы и нижней стратосферы за период начиная с 1958 года с последующим анализом полученных оценок, включающим в себя анализ коэффициентов линейных трендов, оценку статистической значимости линейных трендов и оценку объясненной линейной моделью дисперсии.

По усредненным данным на пятиградусных широтных зонах проводится анализ вертикально-широтной структуры годовых и сезонных аномалий температуры свободной атмосферы в исследуемом году.

Соответствующие результаты представляются графически: строятся графики аномалий с наложенными графиками трендов, диаграммы для сопоставления наиболее значительных положительных аномалий для

температуры тропосферы и отрицательных аномалий для температуры нижней стратосферы. Также строятся вертикально-широтные сечения значений аномалий для анализируемого года (по Северному полушарию).

2.3. Ветровой режим в свободной атмосфере

Анализ оценок ветрового режима осуществляется путем построения изолиний на карте Российской Федерации. В него входит построение изолиний средней скорости ветра с указанием среднего направления ветра на отдельных станциях для каждого из 12 месяцев и каждого из четырех сезонов. Направление ветра определяется по оценкам средней зональной и меридиональной составляющих скорости ветра и представляет собой направление результирующего вектора.

Помимо построения изолиний средней скорости ветра, для всех 12 месяцев и четырех сезонов строятся изолинии аномалий скорости ветра с указанием аномалий направления ветра на отдельных станциях путем построения результирующего вектора за исследуемый период и результирующего вектора за период 1985–2014 гг.

В последующем разделе приведены образцы табличного и графического материала, который подготавливается в процессе мониторинга параметров свободной атмосферы. Для этого проведен анализ соответствующих данных для зимнего сезона 2016–2017 гг. и весеннего сезона 2017 г. и описаны особенности режима для этих двух сезонов.

3. Особенности температурного и ветрового режима в свободной атмосфере в первой половине 2017 года

3.1. Особенности температурного режима

Первая половина 2017 года характеризуется существенными различиями значений и даже знаков аномалий температуры свободной атмосферы как от месяца к месяцу, так и по вертикали. В табл. 1 приведены значения аномалий температуры за первые шесть месяцев 2017 года для двух широтных зон Северного полушария (30–60° с. ш. и 60–90° с. ш.) для отдельных изобарических поверхностей: 850, 500, 300 и 100 гПа. В умеренных широтах в тропосфере наблюдались исключительно положительные аномалии. Максимальные аномалии наблюдались в феврале и марте в нижней тропосфере (до 1,57 °С). В марте и апреле в верхней тропосфере значения аномалий были близки к нулю. При этом в нижней стратосфере наблюдались большие отрицательные аномалии, достигающие -1,65 °С в апреле. В высоких широтах в тропосфере преобладали положительные аномалии. Максимальные аномалии наблюдались в феврале и марте, достигая 1,74 °С. В апреле и июне в верхней тропосфере наблюдались отрицательные аномалии, а май стал единственным месяцем, в котором отрицательные аномалии наблюдались на всех высотах. В нижней стратосфере все месяцы характеризовались отрицательными аномалиями температуры.

Таблица 1. Аномалии температуры за 2017 год для двух широтных зон Северного полушария на отдельных изобарических поверхностях

| Месяц | 30–60° с. ш. | | | | 60–90° с. ш. | | | |
|---------|--------------|---------|---------|---------|--------------|---------|---------|---------|
| | 850 гПа | 500 гПа | 300 гПа | 100 гПа | 850 гПа | 500 гПа | 300 гПа | 100 гПа |
| Январь | 0,46 | 0,18 | 0,44 | -0,90 | 0,68 | 0,40 | 0,48 | -0,33 |
| Февраль | 1,57 | 1,28 | 0,68 | -1,06 | 1,24 | 1,22 | 0,38 | -0,36 |
| Март | 1,26 | 0,63 | 0,06 | -1,51 | 1,74 | 0,74 | 0,48 | -0,65 |
| Апрель | 0,74 | 0,56 | 0,02 | -1,65 | 0,28 | -0,59 | -0,80 | -0,44 |
| Май | 0,67 | 0,51 | 0,27 | -0,83 | -0,50 | -0,80 | -0,73 | -0,38 |
| Июнь | 0,57 | 0,58 | 0,50 | -0,62 | 0,51 | 0,17 | -0,79 | -0,60 |

В табл. 2 представлены сезонные аномалии температуры в тропосфере и стратосфере для всех тридцатиградусных широтных зон и для Северного полушария в целом, а также ранги аномалий в рядах самых теплых и самых холодных лет соответственно. В тропосфере 2017 год стал вторым самым теплым годом зимой в нижних широтах и Северном полушарии с аномалиями 0,71 и 0,68 °С соответственно. В средних широтах он вошел в пятерку самых теплых лет и зимой и весной, а в высоких широтах не попал даже в десятку самых теплых лет. Весенняя аномалия температуры в высоких широтах вообще близка к нулю с отрицательным знаком (-0,03 °С).

Таблица 2. Сезонные аномалии температуры от норм 1981–2010 гг.

| Сезон | 0–30° с. ш. | | 30–60° с. ш. | | 60–90° с. ш. | | Северное полушарие | |
|---------------------------------------|-------------|----|--------------|---|--------------|----|--------------------|---|
| | ΔТ | R | ΔТ | R | ΔТ | R | ΔТ | R |
| Тропосфера, 850–300 гПа | | | | | | | | |
| Зима | 0,71 | 2 | 0,70 | 4 | 0,32 | 14 | 0,68 | 2 |
| Весна | 0,27 | 11 | 0,59 | 5 | -0,03 | 28 | 0,44 | 5 |
| Нижняя стратосфера, 100–50 гПа | | | | | | | | |
| Зима | -2,29 | 1 | -1,37 | 3 | -0,42 | 24 | -1,61 | 1 |
| Весна | -1,33 | 3 | -1,19 | 4 | -0,73 | 11 | -1,20 | 2 |

Примечание: ΔТ – величина аномалии в градусах Цельсия; R – ранг в рядах упорядоченных по возрастанию (для тропосферы) и убыванию (для стратосферы) значений соответствующих аномалий за период 1958–2017 гг.

В нижней стратосфере 2017 г. стал самым холодным годом в нижних широтах и Северном полушарии зимой (-2,29 и -1,61 °С соответственно), а весной – вторым самым холодным годом в Северном полушарии (-1,20 °С). Кроме того, весна в нижних широтах и зима в средних широтах заняли третье место в ряду самых холодных лет в нижней стратосфере.

В высоких широтах ни зима, ни весна не попали даже в десятку самых холодных лет. Подробная вертикально-широтная структура представлена на рис. 3.

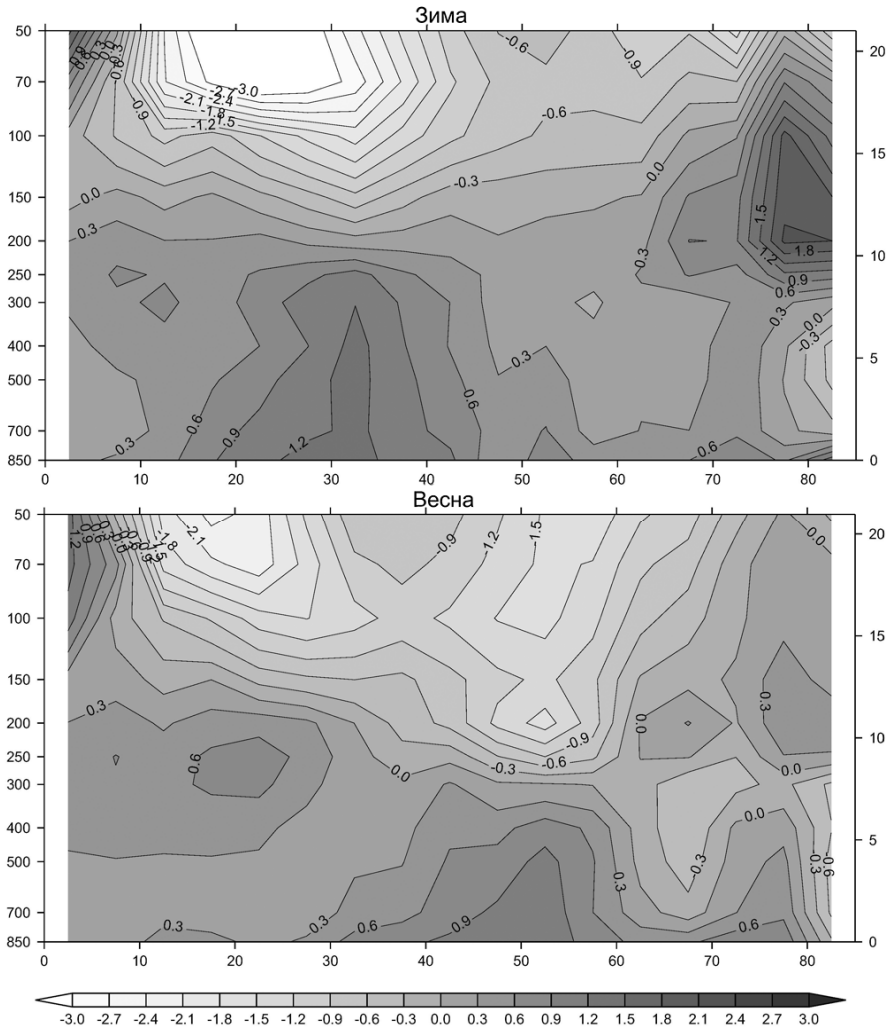


Рис. 3. Вертикально-широтная структура сезонных аномалий температуры свободной атмосферы в 2017 г. Горизонтальная ось – широты, левая вертикальная ось – давление на стандартных изобарических поверхностях, правая вертикальная ось – высоты над уровнем моря в км.

Ни рис. 4 продемонстрированы ряды сезонных аномалий температуры в свободной атмосфере Северного полушария за период 1981–2017 гг., а на рис. 5 – ряды самых теплых лет в тропосфере и самых холодных лет в нижней стратосфере. По ним видно, что зима 2017 г. в тропосфере уступает только зиме 2016 г. Зимняя аномалия 2017 г. в нижней стратосфере

более чем на $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ превосходит предыдущий рекорд 2013 г., а весна незначительно уступает 1999 году.

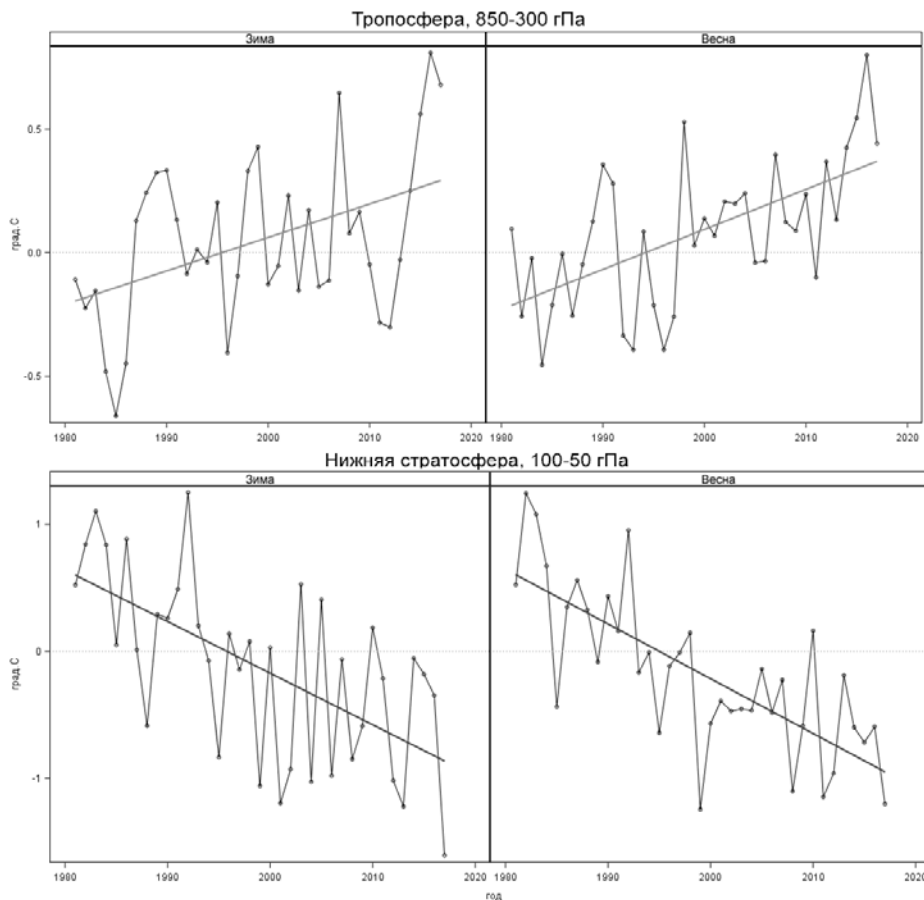


Рис. 4. Ряды сезонных аномалий температуры в свободной атмосфере Северного полушария за период 1981–2017 г. Линии трендов построены методом наименьших квадратов.

В табл. 3 содержатся значения линейных трендов сезонных аномалий отдельных широтных зон и Северного полушария в целом для тропосферы и нижней стратосферы за период 1981–2017 г. Добавление 2017 г. в исследуемый период привело к увеличению абсолютных значений трендов по сравнению с 2016 г. во всех сезонах на всех широтных зонах, за исключением обоих сезонов в высоких широтах тропосферы, весны в нижних широтах и Северном полушарии тропосферы, а также весны в высоких широтах нижней стратосферы. Значение весеннего тренда в высоких широтах тропосферы даже уменьшилось на $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ по сравнению с 2016 годом.

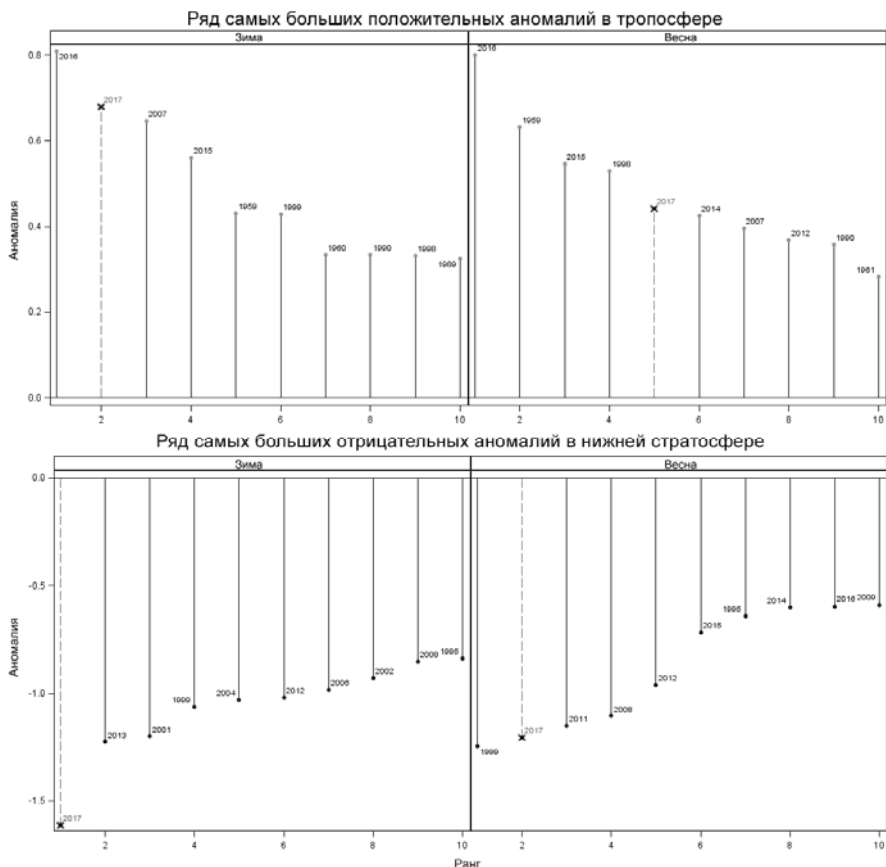


Рис. 5. Ряды самых значительных сезонных аномалий температуры в свободной атмосфере Северного полушария за период 1958–2017 гг.

Таблица 3. Сезонные оценки линейного тренда температуры

| Сезон | 0–30° с. ш. | | 30–60° с. ш. | | 60–90° с. ш. | | Северное полушарие | |
|---------------------------------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------------|-----------|
| | b | D | b | D | b | D | b | D |
| Тропосфера, 850–300 гПа | | | | | | | | |
| Зима | 0,18 | 28 | 0,11 | 7 | 0,16 | 22 | 0,14 | 19 |
| Весна | 0,09 | 10 | 0,20 | 35 | 0,17 | 16 | 0,16 | 36 |
| Нижняя стратосфера, 100–50 гПа | | | | | | | | |
| Зима | -0,66 | 45 | -0,33 | 19 | -0,08 | 0 | -0,41 | 38 |
| Весна | -0,55 | 53 | -0,38 | 38 | -0,35 | 11 | -0,43 | 55 |

Примечание: b – значения тренда, °C/10 лет; D – объясненная линейным трендом доля общей дисперсии ряда, %. Жирным шрифтом выделены значения трендов, статистически значимо отличные от нуля с вероятностью не менее 0,95.

3.2. Особенности ветрового режима

Среднесезонные скорости ветра над территорией Российской Федерации в 2017 г. в нижней стратосфере и тропосфере изображены на рис. 6 и 7 соответственно. В нижней стратосфере и зимой, и весной области максимальной средней скорости наблюдались на юге Сибири, где они достигали 27,3 и 19 м/с соответственно. Зимой минимальная средняя скорость наблюдалась на севере Сибири, а весной область минимального среднего ветра проходила через всю Восточную Сибирь. В обоих сезонах минимальная скорость не превышала 10,8 м/с. Направление ветра над большей частью Российской Федерации преобладало западное, только на северо-востоке Дальнего Востока зимой наблюдалось юго-западное направление, а весной – почти повсеместно – южное.

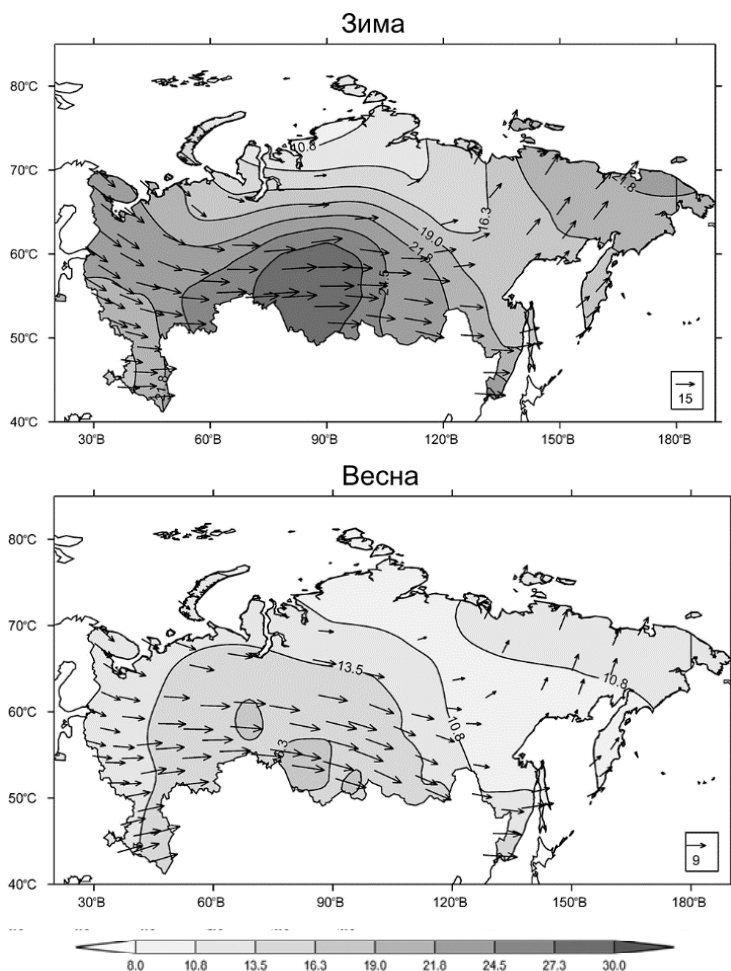


Рис. 6. Средняя скорость и направление ветра зимой и весной в нижней стратосфере в 2017 г.

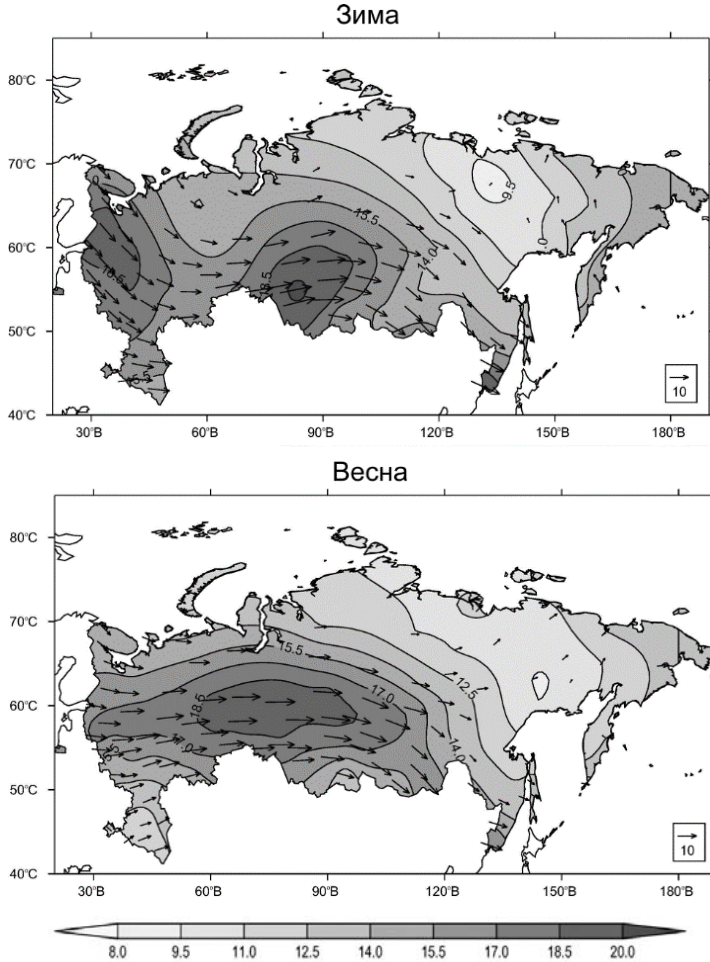


Рис. 7. Средняя скорость и направление ветра зимой и весной в тропосфере в 2017 г.

В тропосфере зимой наблюдалось две области максимального среднего ветра: на северо-западе европейской части России и на юге Сибири. Весной область максимального среднего ветра протянулась с запада европейской части России на Западную Сибирь. В обоих сезонах скорость ветра достигала 20 м/с. Наименьшая скорость ветра и зимой, и весной наблюдалась на востоке Восточной Сибири и не превышала 9,5 м/с. Направление ветра зимой преобладало северо-западное на северо-западе европейской части России и западное на остальной части европейской России и в Западной Сибири. Весной на европейской части России и в Западной Сибири преобладал западный ветер, а на Дальнем Востоке зимой и летом сильно выраженного направления ветра не наблюдалось.

На рис. 8 изображены сезонные аномалии скорости и направления ветра в нижней стратосфере и тропосфере.

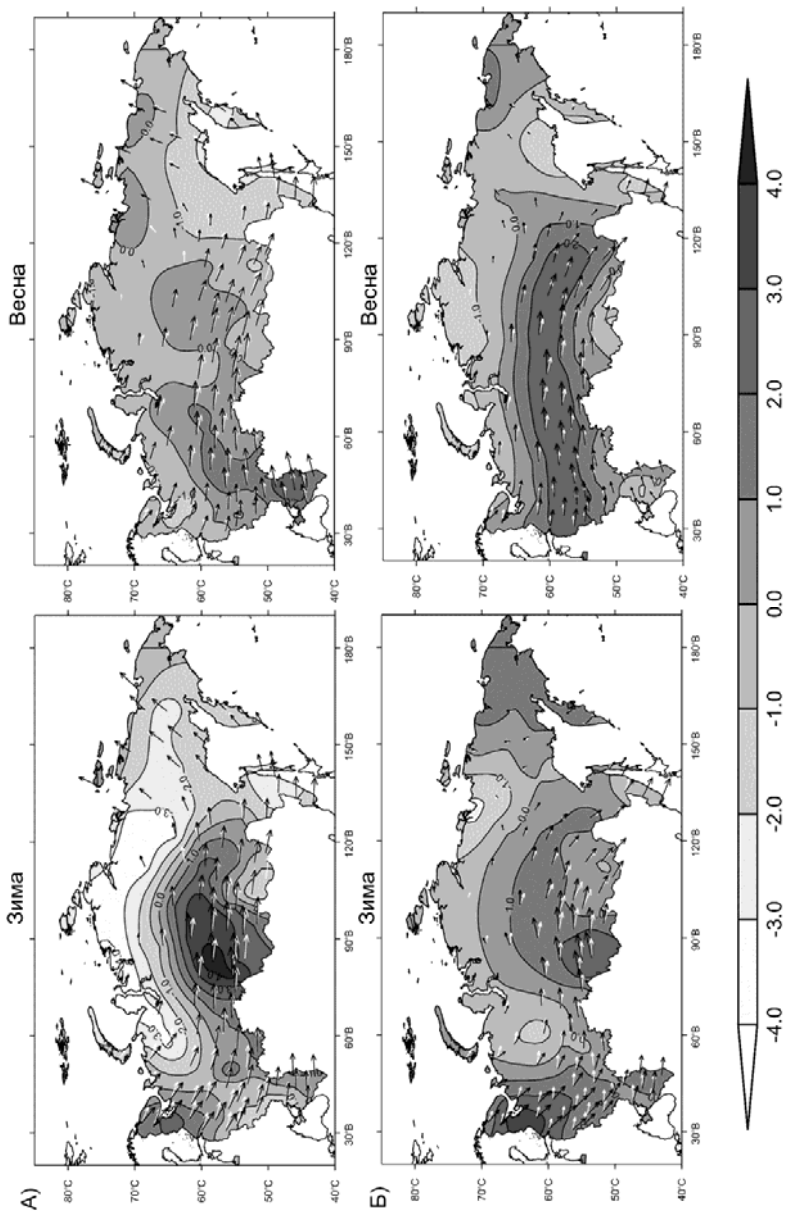


Рис. 8. Аномалии средней скорости и направления ветра зимой и весной в нижней стратосфере (а) и тропосфере (б) в 2017 г. Черные стрелки указывают среднее направление ветра в 2017 г., белые – за период 1985–2014 г.

В нижней стратосфере зимой на юге Сибири наблюдались высокие положительные аномалии скорости ветра, превышающие 4 м/с. Также положительные аномалии наблюдались на северо-западе европейской части России. Над остальной территорией Российской Федерации наблюдались высокие отрицательные аномалии с максимумом, превышающим -4 м/с, находящимся в Заполярье. Весной преобладали аномалии, близкие к нулю. Максимум положительных аномалий наблюдался на юге России, а отрицательных – на Дальнем Востоке. Ни зимой, ни весной не наблюдалось сильных аномалий направления ветра, только на северо-западе европейской части России зимой были небольшие отрицательные аномалии меридионального ветра.

В тропосфере зимой небольшие отрицательные аномалии наблюдались только на западе европейской части России и на севере Сибири. Максимумы положительных аномалий (до 4 м/с) наблюдались на северо-западе европейской части России и на юге Сибири. В европейской части России наблюдались сильные отрицательные аномалии меридионального ветра, а на юге Сибири – небольшие положительные аномалии. Весной положительные аномалии, достигающие 3 м/с, наблюдались вдоль всей территории Российской Федерации в широтах 50–65° с. ш. вплоть до Дальнего Востока. В этих же широтах наблюдались сильные положительные аномалии зонального ветра.

Заключение

Разработанная и реализованная технология позволяет осуществлять мониторинг климатических параметров температуры и ветра в свободной атмосфере, проводить оценку особенностей текущего года и отдельных его сезонов и оценивать общие тенденции изменения этих характеристик. В дальнейшем предполагается расширение перечня климатических характеристик свободной атмосферы для мониторинга и анализа, а также развитие технологии мониторинга ветра, а именно мониторинг ветра для всего Северного полушария.

Поступила в редакцию 15.09.2017 г.

Список использованных источников

1. Алдухов О.А., Черных И.В. Методы анализа и интерпретации данных радиозондирования атмосферы. Т. 1. Контроль качества и обработка данных. Обнинск: ВНИИ-ГМИ-МЦД, 2013. 306 с.
2. Алдухов О.А., Черных И.В. Методы анализа и интерпретации данных радиозондирования атмосферы. Т. 3. Влажность и температура в атмосфере: статистические характеристики. Обнинск: ВНИИГМИ-МЦД, 2015. 494 с.
3. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. С. 18-235.
4. Груза Г.В., Ранькова Э.Я. Обнаружение изменений климата: состояние, изменчивость и экстремальность климата. Метеорология и гидрология. 2004. № 4. С. 50-66.
5. Груза Г.В., Ранькова Э.Я., Рочева Э.В., Самохина О.Ф. Особенности темпера-

турного режима у поверхности Земли в январе – июне 2016 года // *Фундаментальная и прикладная климатология*. 2016. Т. 2. С. 119-142.

6. Израэль Ю.А., Анохин Ю.А., Груза Г.В., Иванов В.Н., Егоров В.И., Крученицкий Г. М., Савченко А.В., Петров Н.Н. Разработка и некоторые результаты функционирования системы мониторинга основных климатообразующих факторов в средней атмосфере // *Метеорология и гидрология*. 2013. № 7. С. 5-14.

7. Казначеева В.Д., Руденкова Т.В. Организация текущих аэрологических данных на магнитных лентах ЕС // *Труды ВНИИ-ГМИ-МЦД*. 1985. Вып. 115. С. 91-108.

8. Лавров А.С., Стерин А.М. Результаты сопоставления рядов температуры свободной атмосферы по данным радиозондовых и спутниковых наблюдений // *Метеорология и гидрология*. 2017: № 2. С. 30-44.

9. Руденкова Т.В. Формат архивации текущих аэрологических данных, поступающих по каналам связи для ПЭВМ // *Труды ВНИИГМИ-МЦД*. 2010. Вып. 174. С. 41-63.

10. Хохлова А.В., Тимофеев А.А. Многолетние изменения ветрового режима в свободной атмосфере над европейской территорией России // *Метеорология и гидрология*. 2011. № 4. С. 21-33.

11. *IPCC 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* / T.F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P.M. Midgley (eds.) Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2013.

12. Trenberth K.E. et al. Challenges of a sustained climate observing system. *Climate Science for Deriving Society: Research, Modeling and Prediction Priorities* / G.R. Arsar, J.W. Hurrell (eds) Springer, 2013. P. 13-50.

13. Zuev S.V., Tikhomirov A.A. Cloudiness monitoring for database of local weather // *Proc. SPIE 6160, Twelfth Joint International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics/Atmospheric Physics, 61600U (21 April 2006)*; doi: 10.1117/12.675238; <http://dx.doi.org/10.1117/12.675238>

SUMMARIES

Monitoring of climate parameters of temperature and wind in the free atmosphere: technological aspects / Lavrov A.S., Khokhlova A.V., Sterin A.M. // *Proceedings of Hydrometcentre of Russia*. 2017. Vol. 366. P. 97-111.

Procedure and technology of the monitoring of climate parameters of temperature and wind in the free atmosphere are described. The technology represents a complex that consists of (1) radiosonde data sets that are collected, archived and processed in the RIHMI-WDC and (2) software packages for processing and presentation of results. Temperature regime monitoring in the free atmosphere is implemented in the northern hemisphere based on the data from about 700 stations. Wind monitoring in the free atmosphere is implemented over the Russian Federation area by using data from about 100 stations. The results of the analysis of specific features of temperature and wind climate parameters in the free atmosphere are presented for the first half of 2017.

Keywords: climate, climate monitoring, radiosonde data, software, data analysis, free atmosphere temperature, wind, troposphere, lower stratosphere, anomalies, climate trends.