

12. *Переведенцев Ю.П., Мохов И.И., Елисеев А.В. и др.* Теория общей циркуляции атмосферы. Казань: Казан. ун-т. 2013. 224 с.
13. *Хргиан А.Х.* Физика атмосферы. М.: Изд-во МГУ, 1986. 328с.
14. *Хромов С.П., Мамонтова Л.И.* Метеорологический словарь. Л.: Гидрометеиздат, 1963. 620с.
15. *Хромов С.П., Петросянц М.А.* Метеорология и климатология. Изд-во Моск. ун-та, 2004. 582с.
16. *Fahrutdinova A.N., Perevedencev Yu.P., Guryanov V.V., Kulikov V.V.* Dynamical processes and correlations at midlatitudes in the lower and middle atmosphere advances in Space research (includes Cospar Information Bulletin). 2001. 276. №10. P.1667–1672.

**T.R. Aukhadeev**

#### **PRESSURE AND CIRCULATION REGIME OF THE VOLGA FEDERAL DISTRICT**

In this study the existential changes of the average monthly atmospheric pressure and wind fields and their interrelations in the territory of the Volga federal district, are considered. Calculations were carried out according to the measurements of 183 meteorological stations in the period of 1966-2009. The periodic (daily and annual) and non-periodic changes of pressure and wind is assessed. It is revealed that the average monthly atmospheric pressure and wind have non-uniform distribution on the territory and the general tendency of falling atmospheric pressure and weakening of wind streams. In this study the average sizes, characteristics of variability, anomaly of wind speed, linear trends, correlation communications and etc. are analyzed.

Key words: atmospheric pressure, wind speed, correlations, trends.

**Aukhadeev R. Timur**, graduate student of Kazan Federal University; Russia, 420008, Kazan, tauhadeev@yandex.ru

УДК 551.501.8.:551.509.322

**Н.И. Толмачева**

#### **ИССЛЕДОВАНИЕ КВАЗИСТАЦИОНАРНЫХ ОБЛАЧНЫХ ПОЛЕЙ СЕВЕРНОЙ АТЛАНТИКИ ПО КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Проведены исследования пространственно-временного распределения облачных структур с использованием информации метеорологических спутников Земли (МСЗ). Рассмотрены динамика квазистационарных полей Атлантики и их влияние на структуру аномалий поля облачности над Европой по данным МСЗ; изучено перемещение циклонических образований по космическим снимкам.

Ключевые слова: метеорологический спутник; космический снимок, облачная система, динамика облачных образований; конвекция; облачные ячейки.

Полосы облачности имеют тенденцию локализоваться в определенных районах земного шара. Над Северной Атлантикой они простираются от Центральноамериканских морей на северо-восток до средней части океана. Обычно полосы сохраняются 3–5 сут., их локализация связана с местоположением длинных волн. Облачные полосы совпадают с потоками переноса тепла от континентальной тропической области развитой конвекции к области зонального переноса умеренных широт [1].

Высокую интенсивность зональной циркуляции в Атлантическом регионе в последнее десятилетие связывают с различными процессами [2–3]. Основным источником межгодовой изменчивости атмосферной циркуляции является североатлантическое колебание (САК). Его интенсификацией объясняется аномальное понижение температуры над Гренландией и

---

©Толмачева Н.И., 2014

**Толмачева Наталья Игоревна**, кандидат географических наук, доцент кафедры метеорологии и охраны атмосферы Пермского государственного национального исследовательского университета, Россия. 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15, nitolmacheva@yandex.ru

Средиземным морем зимой и повышение температуры над Европой. Значительное изменение температуры и осадков в одном и том же регионе при близких значениях САК побуждает искать причины механизма формирования аномалий метеорологических полей. Интересны ситуации, когда траектории циклонов над Атлантикой имеют аномальное северо-восточное смещение (зональная составляющая – когда циклоны идут через Южную Европу и Средиземное море). Одним из механизмов, формирующих циркуляцию атмосферы в Европейско-Атлантическом регионе, является процесс меридионального обмена теплом, а индикатором его служат квазистационарные облачные полосы. С использованием спутниковых данных возможно изучение этого процесса над океанами. Облачные полосы чаще обнаруживаются в холодную половину года.

Мониторинг облачности проводился по инфракрасным и водяного пара изображениям со спутников Meteosat, NOAA с 2001 по 2010 г. Методика обработки данных изложена в исследовании облачных полей Арктического региона [4; 8]. Получены статистические оценки географического положения квазистационарных облачных полос в тропических и средних широтах Атлантического и Европейского региона. Область от 0 до 60° с.ш. и от 70° з.д. до 70° в.д. включает квазистационарные облачные полосы как над Атлантикой, так и над Европой. Для оценки положения (координат) долготный интервал исследуемой области разбивался на сектора по 20° долготы, 7 секторов: 50–70°, 30–50°, 10–30° з.д., 10 з.д.–10° в.д., 10–30° в.д., 30–50° в.д., 50–70° в.д. Каждый долготный сектор включал в себя десятиградусные широтные зоны: 20–30°, 30–40°, 40–50°, 50–60° с.ш.

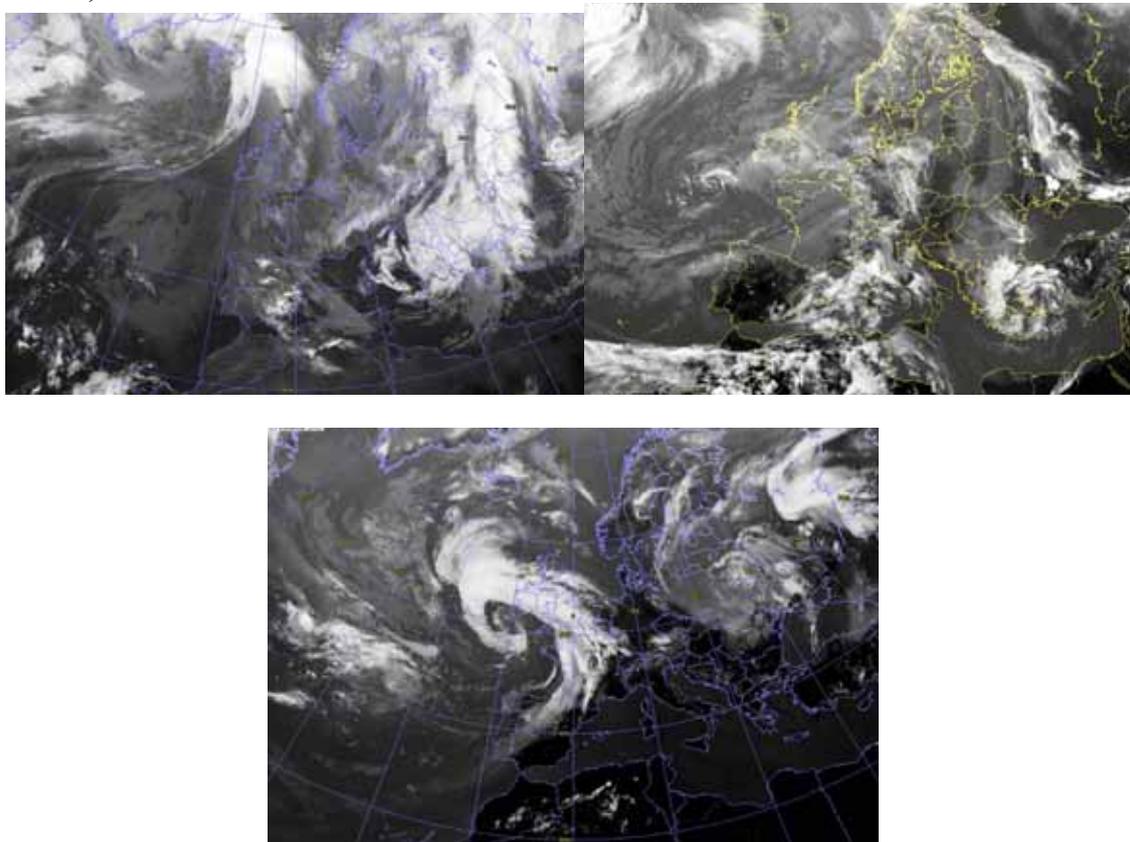


Рис. 1-3. Структуры облачных полос в данном регионе

Во всех широтных и долготных зонах определялись координаты центра (центральной линии) квазистационарной облачной полосы, при этом, если она имела ориентацию не меридиональную, определялись отклонения облачной полосы в каждой широтной зоне. Пример разной структуры облачных полос в данном регионе показан на рис. 1–3. Представлены типовые положения для зимнего сезона с высокой активностью САК, отдельно рассмотрим аномалии САК относительно его среднего значения, равного 15,6 гПа. На представленных снимках преобладают квазимеридиональные облачные полосы с локализацией над центральной частью Северной Атлантики, но наблюдаются и полосы, вытянутые с юго-запада на северо-восток (наклонные).

Облачные полосы берут начало из районов максимальной конвекции, где на синоптических картах постоянно присутствует облачность. В зимний сезон это районы Юго-Восточной Азии, экваториальной Африки и бассейна Амазонки, восходящие ветви тропической циркуляции ячейки Хедли [5]. Они отвечают за перенос тепла и углового момента количества движения в средние широты, верхнетропосферные ветви ячейки Хедли географически совпадают с высотными барическими ложбинами средних широт и образуют потоки межширотного обмена теплом. Квазистационарные облачные полосы, наблюдаемые со спутников, визуализируют этот механизм обмена. По плотной верхнетропосферной облачности, образующей полосы, можно обнаружить теплый воздух, движущийся на север и занимающий слой от нижней тропосферы до поверхности 300 гПа.

Для Европейского региона и юга России значение имеет северо-восточная направленность облачной полосы над Атлантикой. При аномалии САК (превышающее климатическое значение) это означает, что центр азорского максимума может быть сдвинут далеко на северо-восток и его влияние распространяется на западную часть Европы. Рассмотрим некоторые метеорологические поля над Европой, европейской частью и югом России. На рис. 4 изображена динамика некоторых характеристик атмосферы над европейской частью исследуемой территории при эволюции облачной полосы над Северной Атлантикой (12–18 декабря 2011 г.). Рост аномалии индекса САК выразился в интенсификации наклонной полосы, которая была максимально развита 14 декабря. Этому соответствовало максимальное северное смещение планетарной высотной фронтальной зоны (ПВФЗ) на нулевом меридиане вблизи центра азорского максимума и максимальное южное смещение ПВФЗ на меридиане 30° в.д., проходящем вдоль Черного моря.

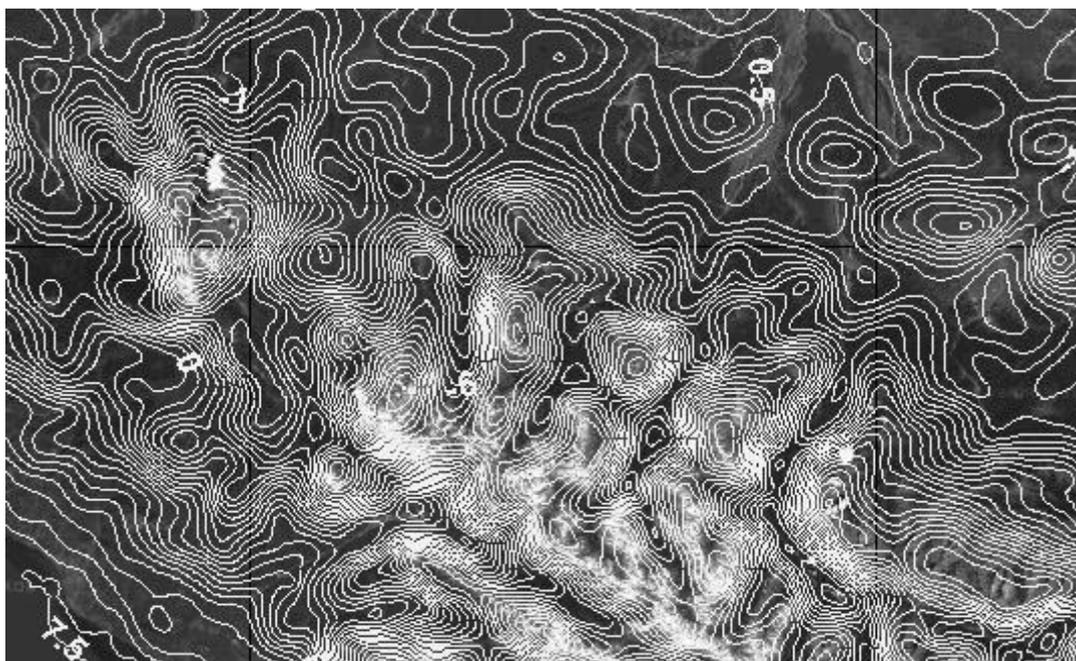


Рис. 4. Временная динамика характеристик метеорологических полей при эволюции облачной полосы над Северной Атлантикой (12-18 декабря 2011 г.)

В исследовании выделены полосы в различном их сочетании, использовано для анализа 2379 изображений. Отдельно исследовались случаи появления квазимеридиональных полос в зонах 50–70° з.д. и 30–50° з.д. долготных секторов. Облачные полосы по секторам и зонам классифицировались в зависимости от частоты наблюдения. Выделено 5 классов: 1-й и 2-й классы – это перечисленные зоны, 3-й класс – наклонные полосы, 4-й и 5-й – облачные полосы над Балканами и югом Европы и России. В других долготных секторах за рассматриваемый период при значениях САК, превышающих климатическую норму, квазистационарные облачные полосы не наблюдались.

Чаще всего появлялись полосы 1-го класса, минимально – 3-го класса, в этом случае азорский максимум оказывается максимально сдвинут на восток Атлантики при максимально развитом

*Экология и природопользование*

САК. Следовательно, в случае наклонных полос (3-й класс) над Северной Атлантикой максимально развит зональный перенос в атмосфере. Облачные полосы класса 4 и 5 отмечаются реже, а вместе существовали только в 591 случае (24,7 % от общего числа выявленных облачных полос над Атлантикой). Чаще всего полосы 4-го и 5-го классов наблюдаются при облачности 1-го и 3-го классов, существующих одновременно или отдельно наблюдающихся полосах 2-го и 3-го классов. На рис. 5 приведены осредненные координаты положения центральной линии облачных полос, данная схема дает представление о локализации квазистационарных облачных полос над рассматриваемой территорией при хорошо развитом североатлантическом колебании.

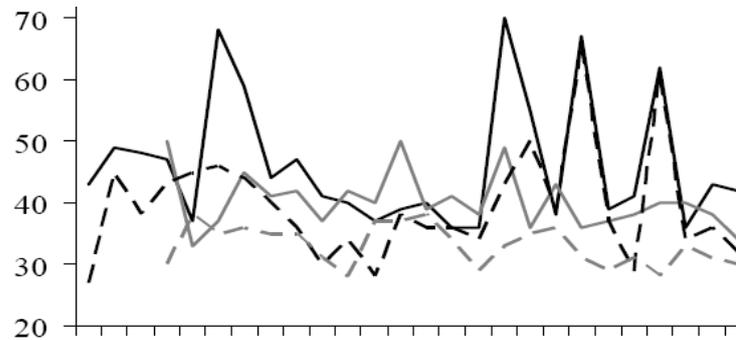


Рис. 5. Осредненные координаты положения центральной линии облачных полос

В исследуемом регионе одновременно наблюдаются полосы 1-го и 2-го классов, реже – 1, 2, 3-го. Структуры 4-го и 5-го классов наблюдаются при различных комбинациях полос 1, 2 и 3-го классов. Облачные полосы 5-го класса наблюдаются чаще, чем 4-го. Высотное барическое поле этого класса облачности определяет условия погоды на Черноморском побережье и востоке Средиземного моря. Но для региона Черного моря важны облачные полосы 4-го класса, их смещение на восток от центральной линии приводит к усилению циклонической циркуляции в данном районе.

Облачные полосы над Атлантикой характеризуют тип и интенсивность атмосферной циркуляции в Атлантико-Европейской части региона, проявление особенностей циркуляции ярко выражено в поле облачности. Исходные данные для построения карт облачности и ее аномалий рассчитывались по методике, представленной в предыдущих работах [6–7; 9]. Оценивалось количество общей облачности, включая облака проникающей конвекции, так же относительно средних значений рассчитывались аномалии облачности. Средние значения и аномалии (в баллах) представлены на рис. 6.

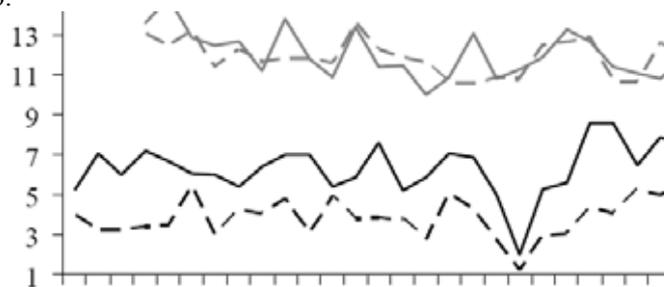


Рис. 6. Облачность над Европой в зависимости от типов структур облачных полос: аномалии облачности, 1-й и 2-й классы, 3-й класс

По спутниковым измерениям количество облачности (общей) на 1 балл ниже, чем по наземным данным, но исследуется не абсолютная величина количества облачности, а особенности ее пространственной структуры (облачные полосы). Зимой при значениях САК, превышающих климатическое, над Центральной и Северной Европой, Черным морем наблюдалась облачность более 5 баллов, а над Средиземным морем – ниже 5. При квазимеридиональной структуре облачных полос 1-го и 2-го классов аномалии облачности над Европой вытянуты в меридиональном направлении. Положительная аномалия расположена в зоне гринвичского меридиана и в средней части Черного моря. Центральные и восточные районы Средиземного моря

находятся в области отрицательной аномалии облачности. При диагональной структуре облачной полосы над Атлантикой аномалии облачности над Европой также стремятся выстроиться в северо-восточном направлении. Положительная аномалия облачности распространяется от центральной и восточной частей Средиземного моря на северо-восток через район Черного моря. Отрицательная аномалия ориентирована над Западной Европой также в северо-восточном направлении.

Изложим основные выводы работы. Наблюдаемые над Северной Атлантикой в зимний сезон облачные полосы квазимеридиональной и диагональной направленности представляют собой визуализированную картину теплообмена в верхнетропосферной ветви ячейки Хедли и барических ложбинах высоких широт. Существует тенденция локализации облачных полос в определенных долготных интервалах над Северной Атлантикой. В зависимости от комбинации облачных полос над Северной Атлантикой, что связано с особенностью циркуляции атмосферы, в регионе Черного моря появляются квазимеридиональные облачные полосы с локализацией центральных линий над Балканами и Кавказом. Первая облачная полоса при ее отклонении от центра (центральной линии) на восток сопровождается повышением циклонической активности над западной половиной Черного моря. Отметим соответствие пространственной структуры аномалий поля облачности над Европой квазимеридиональным или диагональным структурам облачных полос над Северной Атлантикой. Наблюдавшиеся зимой 2001–2010 гг. высокие значения индекса североатлантического колебания, характеризующие интенсификацию зонального переноса в Атлантико-Европейском секторе, являются следствием повышенной интенсивности теплообмена в верхнетропосферной ветви ячейки Хедли и барических ложбинах высоких широт. Подтверждением этого процесса является частое появление квазимеридиональных и диагональных облачных полос над Северной Атлантикой.

#### Библиографический список

1. Мазин И.П., Шметер С.М. Облака: строение и физика образования. Л.: Гидрометеиздат, 1983. 280 с.
2. Матвеев Л.Т. Физика атмосферы. СПб.: Гидрометеиздат, 2000. 779 с.
3. Толмачева Н.И., Ермакова Л.Н. Восстановление метеорологических полей по спутниковым и радиолокационным изображениям облачности // Географический вестник. Пермь, 2010 №1 (12). С. 62–69.
4. Толмачева Н.И. Космические методы исследований в метеорологии. Интерпретация спутниковых изображений: учеб. пособие / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2012. 208 с.
5. Толмачева Н.И., Ермакова Л.Н. Мезоструктурные особенности атмосферных фронтов по радиолокационной и спутниковой информации // Географический вестник. Пермь, 2009. №3 (11). С. 7–14.
6. Толмачева Н.И. Исследование динамики конвективной облачности по радиолокационной информации // Географический вестник. Пермь, 2010. №4 (15). С. 63–68.
7. Толмачева Н.И. Исследование турбулентности в облачной среде // Вопросы прогноза погоды, климата, циркуляции и охраны атмосферы. Пермь, 2000. С. 26–28.
8. Толмачева Н.И. Дистанционные методы исследования мезометеорологических процессов. Пермь, 2010. 200 с.
9. Волкова Е.В., Успенский А.Б. Определение количества облачности по изображениям облачного покрова в видимом и инфракрасном диапазонах спектра с полярно-орбитальных ИСЗ // Метеорология и гидрология. 1998. № 9. С. 15–21.

N.I.Tolmacheva

#### RESEARCH OF DYNAMICS OF CLOUD FORMATIONS BY SPACE INFORMATION

Investigations of the spatial and temporal distribution of cloud structures using the information of Earth's meteorological satellites (EMS) for several years, the analysis of speed, curvature, and the trajectories of cyclonic systems, the dynamics of cloud formations according to the EMS, studied the movement of cyclonic by satellite images, set the correction factors angles of rotation, the curvature of the cloud spiral and extrapolation schemes are designed for different stages.

Key words: weather satellite; satellite image; cloud system; the dynamics of cloud formations.

**Natalia I. Tolmachev**, Candidate of Geographical Sciences, docent of Meteorology and Atmosphere Protection, Perm State National Research University; 15 Bukireva, Perm, 614990, Russia; nitolmacheva@yandex.ru