

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКОГО ФРОНТАЛЬНОГО ПАРАМЕТРА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ БАРОКЛИННЫХ ЗОН В ТЕКУЩИХ И КЛИМАТИЧЕСКИХ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ

Ивус Г.П., Семёнова И.Г.

Одесский государственный экологический университет

Термический фронтальный параметр (ТФП) является одним из численных параметров, которые используются для объективной оценки положения фронтальных зон в атмосфере на основе распределения градиентов температуры:

$$TFP = -\nabla|\nabla T| \frac{\nabla T}{|\nabla T|},$$

$$\text{где } \nabla = \vec{i} \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial}{\partial y};$$

$$|\nabla T| = \sqrt{\left(\frac{\partial T}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial T}{\partial y}\right)^2}.$$

Расчет ТФП может быть проведен на любом уровне атмосферы с использованием поля температуры, а также для некоторых слоёв, что позволяет учесть трехмерность фронтальных зон. Для учета влагосодержания может быть использована эквивалентная температура  $T_e$ :

$$T_e \cong T + 2,5q,$$

где  $q$  – удельная влажность, ( $\text{г}\cdot\text{кг}^{-1}$ ).

Анализ ТФП в Атлантико-Европейском секторе по среднемесячным полям температуры на уровне 925 гПа в зимние месяцы 1990-2005 гг. позволил представить картину распределения бароклинных зон, отвечающих климатологическим атмосферным фронтам. Расчет проводился по четырехлетним периодам, в результате было выявлено, что основными очагами активного фронтогенеза, которые сохраняются на протяжении всего зимнего сезона, являются Исландская зона, Североморская зона, Прибалтийская зона, Крымская зона. По географическому расположению, первая зона соответствует климатологическому арктическому фронту, остальные характеризуют положение ветвей полярного фронта. Неустойчивыми в течение зимнего сезона оказались фронтогенетические зоны над Бискайским заливом и Центральной Атлантикой, последняя зона иногда сливается со средиземноморским участком полярного фронта. Сравнение полученных климатологических фронтальных зон со структурой осредненного барического поля в течение периодов показало, что преобладание антициклонического характера циркуляции над югом Европы привело к ослаблению средиземноморского участка полярного фронта. Одновременно, процессы фронтогенеза над большей частью Европы приобрели большую зональность к началу XXI века по сравнению с 1990-1993 гг.

В реальных синоптических процессах представляет интерес объективное выявление зон атмосферных фронтов в процессах циклогенеза различной интенсивности, при этом важно определить положение приземной линии фронта. Поскольку приземное поле температуры является очень сложным и зоны повышенных градиентов температуры не всегда соответствуют фронтальным процессам, для улучшения информативности ТФП необходимо привлекать другие метеорологические параметры, которые в меньшей степени зависят от свойств подстилающей поверхности. Для моделирования полей приземного ТФП были использованы данные модели WRF, реализуемой в УкрНИГМИ,

при этом был введен комплексный термический фронтальный параметр с использованием данных об облачности:

$$\text{ТФП} = \text{ТФП} + (N_n + N_c + N_v),$$

где  $N_n$ ,  $N_c$ ,  $N_v$  – количество облачности соответственно нижнего, среднего и верхнего ярусов в десятых долях.

Численные эксперименты показали, что использование всех трех ярусов облачности оправдано в теплый период года, в холодные месяцы можно ограничиваться облачностью среднего и верхнего ярусов для получения четкой картины распределения ТФП. Сравнение расчетных полей со спутниковыми изображениями облачности показало, что комплексный ТФП, наряду с основными фронтальными системами, хорошо отражает районы с линейной мезомасштабной и субсиноптической облачностью, которые в синоптической практике обозначаются как зоны неустойчивости без определения типа фронта. В отличие от тропосферного ТФП, рассчитанный по приземной температуре комплексный параметр очерчивает узкие зоны больших градиентов температуры, которые могут быть приняты за положение приземной линии фронта, при этом существенными являются зоны со значениями ТФП от 2 и выше. Недостатком данного параметра является появление мнимых фронтов, которые особенно ярко выражены вдоль побережий морей в холодный период года. Однако, поскольку их положение и интенсивность квазистационарны, при объективном анализе их можно игнорировать.

Исследование свойств тропосферного термического фронтального параметра с учетом влажности и без него в циклонах различных типов позволило выявить слои тропосферы, в которых расчет ТФП наиболее эффективен.

Для интенсивных южных циклонов и стационарных зональных фронтов в теплый период года учет влажности приводит к увеличению градиентов ТФП и их максимальных значений в 2-3 раза, что свидетельствует о важности конденсационных процессов на фронтальных разделах. Получено, что наилучшим образом положение линий атмосферных фронтов соответствует рассчитанным зонам ТФП с учетом влажности со значениями от 4 и выше в слоях 850-700 или 850-500 гПа. Использование температуры на уровне 925 гПа существенно усложняет определение положения основного фронта, однако ТФП в слое 925-850 гПа хорошо отражает положение вторичных атмосферных фронтов, мезомасштабных конвергентных линий неустойчивости, также его можно использовать для уточнения двойной структуры фронта. Все перечисленные процессы хорошо идентифицируются по спутниковым снимкам облачности.

Анализ поля ТФП в северо-западном циклоне показал, что положению приземного фронта наилучшим образом соответствуют поля ТФП с учетом влажности в слоях 850-700 и 925-700 гПа. Нижний слой 925-850 гПа очень чувствителен к особенностям подстилающей поверхности на границе суша-море в северных районах, что, как и предыдущих случаях, усложняет фронтологический анализ.